Thesen zur Digitalisierung der Energiewende in Deutschland

Status Quo und Ausblick - eine Expert*innenbefragung der deutschen Forschungslandschaft

Autor*innen:

Felix Rehmann[1,3], Falk Cudok[1,3], Valentin Rupp[2,3], Max von Grafenstein[2,3], Jan Kegel[4], Astrid Aretz[4], Rita Streblow [1,3]

[1]Technische Universität Berlin, [2] Universität der Künste Berlin, [3] Einstein Center Digital Future, [4] Institut für ökologische Wirtschaftsforschung

Berlin, Juli 2023

Please cite this article as:

F. Rehmann, F. Cudok, V. Rupp, M. von Grafenstein, J. Kegel, A. Aretz, R. Streblow, *Thesen zur Digitalisierung der Energiewende in Deutschland: Status Quo und Ausblick - eine Expert*innenbefragung der deutschen Forschungslandschaft*, Whitepaper, Berlin, 2022, DOI: 10.14279/depositonce-18454

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht des Moduls Digitalisierung der Begleitforschung Energiewendebauen bestehend aus Forschenden von der Technischen Universität Berlin, der Universität der Künste, dem Einstein Center Digital Future und dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung quantifiziert Forschungsthesen zur Digitalisierung der Wärmewende in Deutschland. Hierfür wurden 270 Expert*Innen befragt.

Der Bericht beinhaltet die Bewertung von Thesen zu Modellierung, Datensuffizienz, digitalen Geschäftsmodellen, Datenschutz und Regulatorik, Umweltwirkungen digitaler Anwendungen, sowie allgemeine Einschätzungen und zukünftigen Forschungsthemen. Die Thesen fokussieren dabei die Digitalisierung im Kontext des klimagerechten Planen, Bauens und Betreiben von Gebäuden, Quartieren und Wärmenetzen. Diese Thesen sind aus Interviews und Workshops erarbeitet und dienen der Quantifizierung einzelner Aussagen.

Die Antworten zeigen, dass den Experten zufolge die passenden Technologien für die Energiewende bereits vorhanden sind, aber es an Regulierung, Zugänglichkeit von Lösungen, Automatisierung und Integration mangelt. Als mögliche Lösungen dienen Standards, Methoden zur Wiederverwendung von Daten und Software, gemeinsame Methoden zum Umgang mit Daten, insbesondere deren Aggregation, sowie Leitfäden und Richtlinien zur Schaffung von Transparenz und Benennung von Mehrwerten.

Die Experten gehen davon aus, dass vielen Menschen die Vorteile der Digitalisierung in der Energietechnik nicht klar sind. Die Befragten betonten die Bedeutung der Einbindung der Nutzenden in die Entwicklung und fordern transparente Leitlinien über die Notwendigkeiten, sowie Vor- und Nachteile der Digitalisierung. So wird beispielsweise die ökologische Bewertung digitaler Anwendungen als wichtig erachtet, jedoch fehlt es an Wissen und Informationen für eine umfassende Bewertung. Die Befragten wünschen sich Mechanismen zur Bewertung von Vor- und Nachteilen sowie die Entwicklung von geeigneten Benchmarks und Vergleichen.

Die (fehlende) Regulierung wird als hinderlich für die Umsetzung neuer Geschäftsmodelle und der Wärmewende betrachtet. Es wurde betont, dass eine bessere Erklärung von Regulierung und Datenschutz erforderlich ist, zum Beispiel durch Zertifizierungsprogramme.

Im Bereich Methoden und Modelle wird die Verfügbarkeit von Daten als entscheidend angesehen. Einfache Modelle und unterstützte Prozesse werden als Möglichkeiten zur Bewältigung des Fachkräftemangels genannt. Die effiziente Nutzung von Datensätzen, die Verfügbarkeit von unkritischen Daten von öffentlichem Interesse sowie offene Standardwerkzeuge werden ebenfalls als wichtige Aspekte betrachtet.

Die Integration verschiedener Bausteine, wie technische Gebäudeausrüstung, Informations- und Kommunikationstechnologie und Gebäude, wird als Herausforderung angesehen. Lösungsansätze sehen die Befragten in Form von digitalen Schatten und modularer Aufteilung von Modellen und Datensätzen.

Abstract

The present report by the Digitalization Module of the accompanying research Energiewendebauen consists of researchers from the Technische Universität Berlin, the Berlin University of the Arts, the Einstein Center Digital Future, and the Institute for Ecological Economic Research. It quantifies research theses on the digitalization of the energy transition in Germany. For this purpose, 270 experts were surveyed.

The report includes the rating of theses on modeling, data sufficiency, digital business models, data protection and regulations, environmental impacts of digital applications, as well as general assessments and future research themes. The questions focus on the digitalization in the context of climate-friendly planning, construction, and operation of buildings, neighborhoods, and heat networks. The theses are developed from interviews and workshops and serve to quantify individual statements.

The responses indicate that, according to the experts, the proper technologies already exist, but there is a lack of regulation, accessibility of solutions, automation, and integration. Possible solutions mentioned include standards, methods for data reuse and aggregation, as well as guidelines and directives to create transparency and identify added value.

The experts assume that many people are not aware of the benefits of digitalization in energy technology. The respondents emphasize the importance of involving users in the development and call for transparent guidelines on the necessities, advantages, and disadvantages of digitalization. For example, the ecological assessment of digital applications is considered important, but there is a lack of knowledge and information for a comprehensive evaluation. The respondents wish for mechanisms to assess advantages and disadvantages, as well as the development of fair benchmarks and comparisons.

Regulation is considered hindering the implementation of new business models and the energy transition. The experts emphasize that better explanation of regulation and data protection is necessary, for example, through certification programs.

In the field of methods and models, data availability is considered as crucial. Simple models and supported processes are mentioned as ways to address the shortage of skilled workers. Efficient use of datasets, availability of non-sensitive data of public interest, as well as open standard tools are also considered important aspects.

The integration of various components, such as technical building equipment, information and communication technology, and buildings, is seen as a challenge. Respondents see solutions in the form of digital shadows and modular division of models and datasets.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **IX**

1 Einleitung **1**

2 Hintergrund der Befragten **3**

2.1 Hintergrund der Befragten 4

2.2 Berufserfahrung 4

2.3 Rolle 4

3 Ergebnisse der Befragung **7**

3.1 Allgemeine Fragen zur Digitalisierung 7

3.2 Umweltwirkungen digitaler Anwendungen 14

3.3 Datensuffizienz 15

3.4 Nutzende 18

3.5 Geschäftsmodelle 19

3.6 Methoden und Modelle 20

3.7 Datenschutz und Regulatorik 27

3.8 Zukünftige Themen 30

4 Analyse der Befragung **35**

Literaturverzeichnis **39**

A Danksagung **43**

B Daten **45**

Abbildungsverzeichnis

2.1 Fachlicher Hintergrund der Befragten. 4
2.2 Berufserfahrung der Befragten in Jahren. 5
2.3 Rollen im Projekt, denen sich die Befragten zuordnen. 5

3.1 Die Digitalisierung bietet die größten (Energie-)Einsparpotenziale im Bereich Gebäude/Quartiere. 8
3.2 Die Aufteilung von Projekten in Förderphasen (Forschungs-/Entwicklungs- und Monitoringprojekt) erschwert die Bewertung digitaler Anwendungen hinsichtlich der Umweltwirkungen, des Einflusses der Nutzenden und der Datensuffizienz. 9
3.3 Durch die Erprobung der technischen Lösung im Rahmen von Forschungsprojekten sollen soziale und ökologische Aspekte neben der ökonomischen und technischen Betrachtung mehr Berücksichtigung finden 10
3.4 Aspekte der Informationssicherheit werden in der Energietechnik ausreichend mitgedacht. 10
3.5 Die Geschäftsmodelle für die Digitalisierung der Energiewende existieren, es bestehen aber Hemmnisse in anderen Bereichen. 11
3.6 Die Regulatorik für die Digitalisierung der Energiewende existiert, es bestehen aber Hemmnisse in anderen Bereichen 11
3.7 Die Technologie für die Digitalisierung der Energiewende existiert, es bestehen aber Hemmnisse in anderen Bereichen. 12
3.8 Der Mehrwert von Digitalisierung für die Energiewende im Gebäude- und Quartiersbereich ist in der breiten Bevölkerung noch nicht nachvollziehbar. . 13
3.9 Für den Einsatz der Digitalisierung muss in den Unternehmen ein stärkeres Umdenken in den Planungsprozessen stattfinden 13
3.10 Eine umfassende ökologische Bewertung digitaler Anwendungen mit positiven und negativen Umweltwirkungen ist anzustreben, um den Einfluss auf übergeordnete Ziele (z.B. Klimaschutzziele) zu evaluieren. 14
3.11 Es gibt zu wenig Erfahrungen/Informationen darüber, welche Umweltlasten durch digitale Anwendungen entstehen 15
3.12 Die tatsächlich erzielten (Energie-)Einsparungen, die mittels digitaler Anwendungen erreicht werden, sind oft geringer als vorhergesagt 16

3.13 Es ist hilfreich, Vorgaben zu Datenerhebung (z.B. Formate, Abfragefrequenzen, Speicherintervalle etc.) zu haben (wie z.B. im Monitoringleitfaden). 17
3.14 Forschungsprojekte sollten immer so viele Daten wie möglich erheben und speichern. 17
3.15 Die Einsparungen, die durch einen sparsamen Umgang mit Daten erreicht werden können, sind gering. 18
3.16 Die frühzeitige Einbindung von Nutzenden in die Entwicklung und/oder Implementierung digitaler Anwendungen bietet weitere Einsparpotenziale, die derzeit noch wenig ausgeschöpft werden. 19
3.17 Es gibt zu wenig Erkenntnisse darüber, was eine gute und gelungene Nutzendeneinbindung bei der Entwicklung/Nutzung einer digitalen Anwendung ausmacht und welche Vorteile sie mit sich bringen kann 20
3.18 In F&E-Projekten werden digitale Anwendungen vor allem für technische Innovationen genutzt. Neue Geschäftsmodelle stehen eher im Hintergrund. . . . 21
3.19 Hürden für die Umsetzung von neuen Geschäftsmodellen sind vor allem im regulatorischen Kontext zu finden, der digitale Modelle noch zu wenig berücksichtigt 21
3.20 Das Vorhandensein von digitalen Modellen bzw. Daten von Gebäuden wird die Sanierung beschleunigen. 22
3.21 Jedes Gebäude sollte über eine digitale Gebäudeakte, welche kontinuierlich erweitert wird, verfügen. 23
3.22 Ein geführter und unterstützter Planungsprozess kann dem Fachkräftemangel entgegenwirken. 23
3.23 Es fehlen Zeitreihendaten, um Gebäude effizienter zu betreiben. 24
3.24 Es fehlen allgemeine vorparmetrisierte Datensätze von Gebäuden, um diese effizienter zu planen und zu betreiben. 25
3.25 Standardisierte Zugriffe auf öffentliche Daten würden die Transferierbarkeit von Forschungsergebnissen erhöhen. 25
3.26 Für eine öffentliche Wärmeplanung werden offene Daten zu verbauter Anlagentechnik und Sanierungsständen benötigt. 26
3.27 Zur Auslegung von Energieversorgungskonzepten sind Simulationen unverzichtbar, da der dynamische Betrieb und der Ressourcenverbrauch berücksichtigt werden muss. 27
3.28 Sinn und Zweck datenschutzrechtlicher Vorgaben sind denjenigen, die sie beachten müssen, nicht in vollem Umfang erkennbar oder bewusst. 28
3.29 Der Nachweis über die Datenschutzkonformität eines Produktes stellt einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Marktteilnehmern dar. 29

3.30 Der Aufwand zur Einhaltung der DSGVO steht in einem gesunden Verhältnis zu ihrem Nutzen für die Betroffenen. 29
3.31 Im Betrieb werden auf Maschinellem Lernen basierende Methoden zukünftig das wichtigste Steuerungselement 30
3.32 Zukünftig wird es relevanter werden, umfängliche digitale Schatten von Gebäuden und Anlagen zu haben, welche miteinander gekoppelt sind 31
3.33 Unterschiedliche Lebenszyklen zwischen Gebäuden, TGA, IKT und Software stellen zukünftig eine Herausforderung dar 32
3.34 Der Aufbau zentraler Cloud Infrastrukturen für die Forschung sollte gefördert werden. 32
3.35 Es benötigt die Förderung von offenen Standardtools wie in den USA (bspw. EnergyPlus) und entsprechender Bibliotheken. 33
3.36 Um das Verständnis von Modellen, Methoden und Datensätzen zu erhöhen benötigt es modularer Aufteilungen. 33

1 Einleitung

Digitalisierung ist ein komplexes Themengebiet und umfasst in der Energietechnik eine Vielzahl an Prozessen, Technologien, Akteure und sonstige Themenfelder [1]. Der vorliegende Bericht fasst die Befragung von Fachkundigen zusammen, die in vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderten Forschungsprojekten arbeiten. In den geförderten Projekten werden eine Vielzahl von Schwerpunkten untersucht, angefangen von einzelnen Komponenten hin zu Quartieren oder Wärmenetzen [2]. Die Forschungslandschaft spiegelt damit die Vielfalt der Herausforderungen der Energiewende zumindest teilweise wider.

Aus Sicht der Autor*innen ist eine solche Befragung notwendig, um einzelne geäußerte Stimmen in einen Kontext stellen zu können. Einzelne Stimmen und Anwendungsfälle haben ihre Relevanz, da ein Begriff wie Digitalisierung in der Regel kontextabhängig verwendet wird und es somit Beispiele und Orientierungshilfen benötigt. Größere Umfragen wiederum dienen dazu, die in Einzelfällen gewonnen Hypothesen zu überprüfen.

Ziel des vorliegenden Berichtes ist es, das Stimmungsbild zum Thema Digitalisierung der Energiewende durch die befragten Expert*innen wiederzugeben. Hierfür wurde die Zustimmung zu ausgewählten Thesen abgefragt. Die Thesen sind in Workshops oder Interviews erarbeitet worden. Alle hier diskutierten Thesen beziehen sich auf Aspekte der Digitalisierung in Forschung zu klimaneutralen Gebäuden, Quartieren und Wärmenetzen.

Die Thesen sind entlang der Struktur Allgemeine Einschätzungen, Datenschutz, Datensuffizienz, Geschäftsmodelle, ökologische Auswirkungen, Nutzende, Methoden und Modelle sowie zukünftige Themen aufgebaut. Für jedes dieser Kapitel gibt es eine Einleitung, eine Übersicht über die Thesen und die Antworten, sowie deren Analyse. Abschließend werden die Analysen der einzelnen Themengebiete in einer gesamten Analyse zusammengeführt. Dem vorangestellt ist ein Kapitel zum Hintergrund, das in die Arbeit des zugrundeliegenden Projektes einführt, als auch eine Übersicht über die Befragten gibt.

Die Gliederung des Berichts ermöglicht auch den schnelleren Überblick über einzelne Teilbereiche:

- Die Kurzzusammenfassung befindet sich unter Zusammenfassung
- Eine Übersicht über alle Fragen befindet sich unter dem Punkt "Abbildungsverzeichnis"

- Die Übersicht über alle Fragen und die gegebenen Antworten, in Tabellenform, befindet sich unter Anhang B
- Die Analyse befindet sich unter dem Kapitel 4

2 Hintergrund der Befragten

Das vorliegende Dokument ist ein Teil der gemeinsamen Arbeit der Begleitforschung Energiewendebauen im Allgemeinen und dem Modul Digitalisierung im Speziellen. Dieses Papier beschreibt und analysiert die Ergebnisse eines Fragebogens aus dem Jahr 2022. Dieser wurde im November 2022 – Januar 2023 von der Begleitforschung und dem Projektträger Jülich an Personen versendet, welche ein durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen der Forschungsinitiative Energiewendebauen gefördertes Projekt leiten. Insgesamt haben 270 unterschiedliche Personen den Fragebogen beantwortet, wobei diese den Fragebogen stellvertretend für mehrere Projekte beantworten konnten. Dies war der Fall, falls eine Person mehrere Projekte leitet.

Die Projekte werden im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung gefördert. Der Fokus der untersuchten Projekte liegt auf Forschungsthemen im Gebäude- und Quartierssektor ab Technology Readiness Level (TRL) 3 [3]. Die Level 8 und 9 werden nicht gefördert. Ein TRL 3 bedeutet, ein experimenteller Nachweis des Konzeptes liegt vor. Bei der Entwicklung von Technologien und Konzepten liegt der Fokus auf einer gesamtheitlichen Betrachtung (technologische Aspekte, ökonomische Aspekte und ökologische Aspekte) von Gebäuden und Quartieren. Während der Fokus im Gebäudebereich auf Sanierung, Modernisierung und Weiterentwicklung von Baustoffen liegt, sind im Quartiersbereich das systematische Zusammenwirken und somit die Ermöglichung energieeffizienter dezentraler Bereitstellung von Wärme, Kälte und Strom im Fokus [2].

Grundsätzlich lassen sich zwei Kategorien an Fragen unterscheiden. Offene Fragen, um Hemmnisse und Lernerfahrungen zu erfragen und geschlossene Fragen, wie Thesen, um ein Stimmungsbild abzufragen. Die offenen Fragen wurden nicht durch das Modul Digitalisierung gestellt und werden somit an dieser Stelle nicht weiter behandelt. Die Teilnehmenden hatten bei der Beantwortung der Thesen die folgenden Antwortmöglichkeiten ”Stimme überhaupt nicht zu”, ”Stimme größtenteils nicht zu”, ”Stimme eher nicht zu”, ”Stimme eher zu”, ”Stimme größtenteils zu”, ”Stimme voll zu” und ”keine Angaben”. Zudem konnte die Frage übersprungen werden. Das ist verbunden mit der automatischen Auswahl der Option „Nicht beantwortet“. Je Frage war in der Regel nur eine Option auswählbar. Eine Ausnahme bildete die Frage zum Hintergrund der Befragten. Die Antworten und Fragen werden in den Grafiken dargestellt. Die Darstellung erfolgt in absoluten Zahlen auf einer normierten Skala.

2.1 Hintergrund der Befragten

Um eine bessere Einschätzung über den Hintergrund der Befragten zu erhalten, wurde nach deren als relevant erachteten Arbeitsgebieten gefragt. Hier waren mehrfache Antworten möglich. 265 Personen haben mindestens einen Themenbereich angegeben. Die Ergebnisse sind dargestellt in Abbildung 2.1. Dabei wird deutlich, dass sich die meisten befragten Personen denen für die Energietechnik relevanten Bereichen zuordnen. Vor diesem Hintergrund sollten die folgenden Einschätzungen gelesen werden.

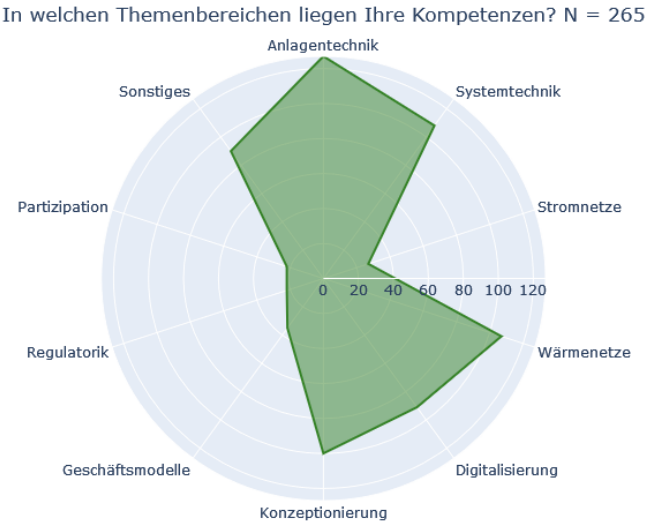

Abbildung 2.1: Fachlicher Hintergrund der Befragten.

2.2 Berufserfahrung

Um die Expertise weiter abschätzen zu können, wurde nach der Berufserfahrung gefragt. Die Antwort auf die Frage „Wie viele Jahre Berufserfahrung haben Sie?“, ist in Abbildung 2.2 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass mehr als 70 % der Teilnehmenden über eine Berufserfahrung von mehr als fünf Jahren verfügen.

2.3 Rolle

Um den Hintergrund der Befragten weiter einschätzen zu können, sind diese nach der Art der Institution befragt worden, welche Sie im Projekt vertreten. Die Antworten sind in Abbildung 2.3 dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass mehr als die Hälfte der Befragten einen Hintergrund in der Forschung haben.

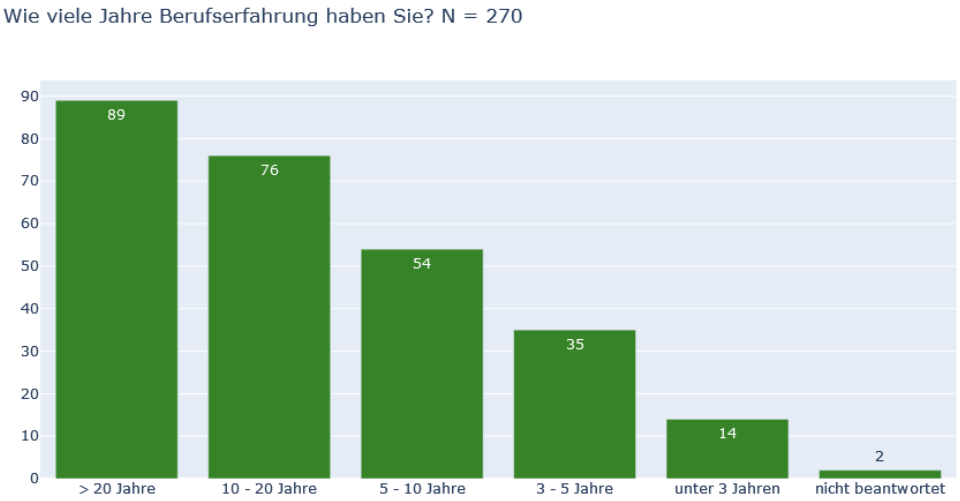

Abbildung 2.2: Berufserfahrung der Befragten in Jahren.

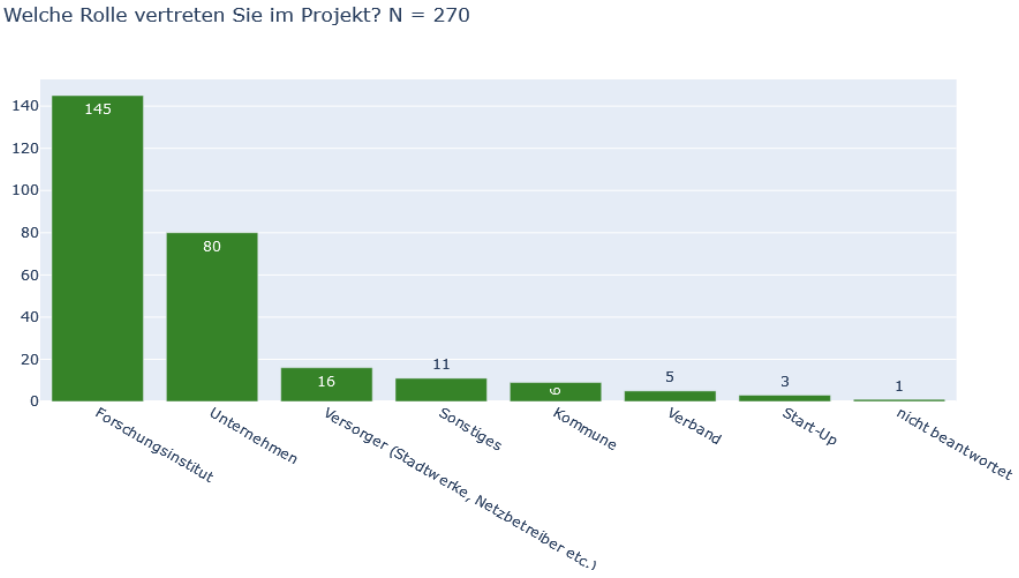

Abbildung 2.3: Rollen im Projekt, denen sich die Befragten zuordnen.

3 Ergebnisse der Befragung

In diesem Kapitel werden die themenspezifischen Fragen und die Antworten dargestellt. Die Befragten konnten zwischen sieben Antwortmöglichkeiten wählen (”Stimme voll zu”, ”Stimme größtenteils zu”, ”Stimme eher zu’, ”Stimme eher nicht zu”, ”Stimme größtenteils nicht zu”, ”Stimme überhaupt nicht zu” und ”keine Angaben”). Wurde eine Frage nicht beantwortet, so ist die Antwortoption ”nicht beantwortet” ausgewählt.

In den folgenden Abbildungen sind auf der x-Achse die Antwortmöglichkeiten in steigender Zustimmung als gestapeltes Balkendiagramm aufgetragen. Die x-Achse ist ist dabei ähnlich einer Likert-Skala zweigeteilt, auf der linken Seite sind in absteigender Reihenfolge die ablehnenden Antwortmöglichkeiten (”Stimme überhaupt nicht zu”, ”Stimme größtenteils nicht zu” und ”Stimme eher nicht zu”) aufgetragen. Auf der rechten Seite der sind in aufsteigender Reihenfolge die zustimmenden Kategorien (”Stimme voll zu”, ”Stimme größtenteils zu” und ”Stimme eher zu”) aufgetragen. Jede Seite geht dabei von 0 - 300. Dabei sind in absoluten Zahlen die Anzahl der Stimmen aufgetragen. In der Mitte sind die Antworten der Option ”keine Angabe” aufgetragen. Haben mehr als 14 Befragte die Option ausgewählt, so ist der Zahlenwert annotiert.

Auf der y-Achse sind die Antworten nach der Klassifizierung der Befragten unterteilt. Zunächst ist die Verteilung über ”Alle Befragten” aufgetragen, anschließend für ”Forschung”, ”Unternehmen” und ”Sonstige”. Die Kategorie ”Sonstige” enthält alle Antwortoptionen, die nicht den Kategorien ”Unternehmen” oder ”Forschung” zugeordnet sind. Also ”Versorger”, ”Sonstiges”, ”Kommune”, ”Verband”, ”Start-Up” und die Option ”nicht beantwortet”. Unterhalb der jeweiligen Kategorie sind als Beschriftung aufgetragen, wie viele Personen die Frage beantwortet haben (N) und wie viele die Option ”keine Angaben” ausgewählt haben.

Die Darstellung der Fragen erfolgt anhand der inhaltlichen Klassifizierung, die im Fragebogen verwendet wurden. Diese Kategorien entsprechen den betrachtenden Perspektiven des Forschungsprojektes. Eine vollständige Übersicht über alle Fragen ist im Anhang gegeben.

3.1 Allgemeine Fragen zur Digitalisierung

In der Kategorie allgemeine Fragen zur Digitalisierung werden diejenigen Fragen zusammengefasst, welche auf allgemeine Einschätzungen zur Digitalisierung abzielen. Ziel der Fragen

ist es die grundsätzliche Zustimmung der Befragen zu Aspekten der Digitalisierung der Wärmewende herauszufinden.

Die Antworten auf die These ”Die Digitalisierung bietet die größten (Energie-)Einsparpotenziale im Bereich Gebäude/Quartiere” sind dargestellt in Abbildung 3.1. Die Mehrheit der Befragten stimmen der These eher zu oder größtenteils zu, das gilt insbesondere für die Befragten aus Unternehmen. Es könnte sein, dass andere Optionen wie bspw. Senkung des Bedarfs durch Sanierungen oder effiziente Erzeugung von einigen Befragten als bessere Möglichkeit bewertet würden.

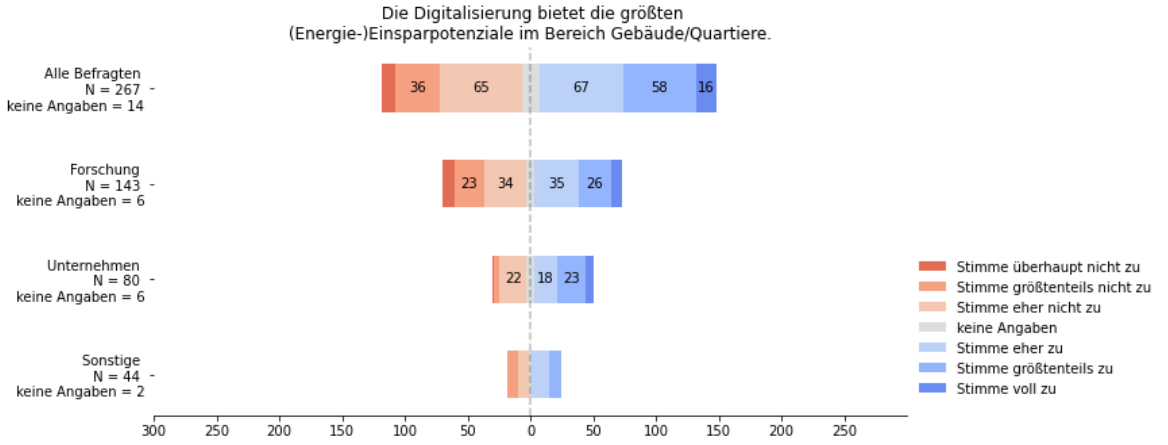

Abbildung 3.1: Zustimmung der Befragten zur These: Die Digitalisierung bietet die größten (Energie-)Einsparpotenziale im Bereich Gebäude/Quartiere

Die Ergebnisse für die These ”Die Aufteilung von Projekten in Förderphasen (Forschungs-/Entwicklungs- und Monitoringprojekt) erschwert die Bewertung digitaler Anwendungen hinsichtlich der Umweltwirkungen, des Einflusses der Nutzenden und der Datensuffizienz.”, sind in Abbildung 3.2 dargestellt. Es gibt ein differenziertes Meinungsbild, ob die Aufteilung von Projekten in Förderphasen die Bewertung digitaler Anwendungen erschwert. Eine Ursache hierfür kann der schwierige Vergleich digitaler Anwendungen über Forschungsprojekte hinweg sein, da Infrastruktur und beteiligte Akteure in Forschungsprojekten stark unterschiedlich sein können. Forschende stehen der These im Gegensatz zu sonstigen Akteuren eher ablehnend gegenüber.

Auffällig ist zudem die hohe Anzahl von ”keine Angaben”. Dies kann anzeigen, dass die Befragten sich nicht befähigt sahen, fundiert auf die Frage - und damit auf die Förderstruktur im speziellen - zu antworten. Auch ist die Verbreitung der Themen Umweltwirkungen, Nutzende und Datensuffizienz digitaler Anwendungen bisher wenig in den Forschungsprojekten verankert (siehe auch Abschnitt 3.3 oder Abschnitt 3.2), was ein weiterer Beweggrund für die Wahl der ”keine Angaben” Option sein kann.

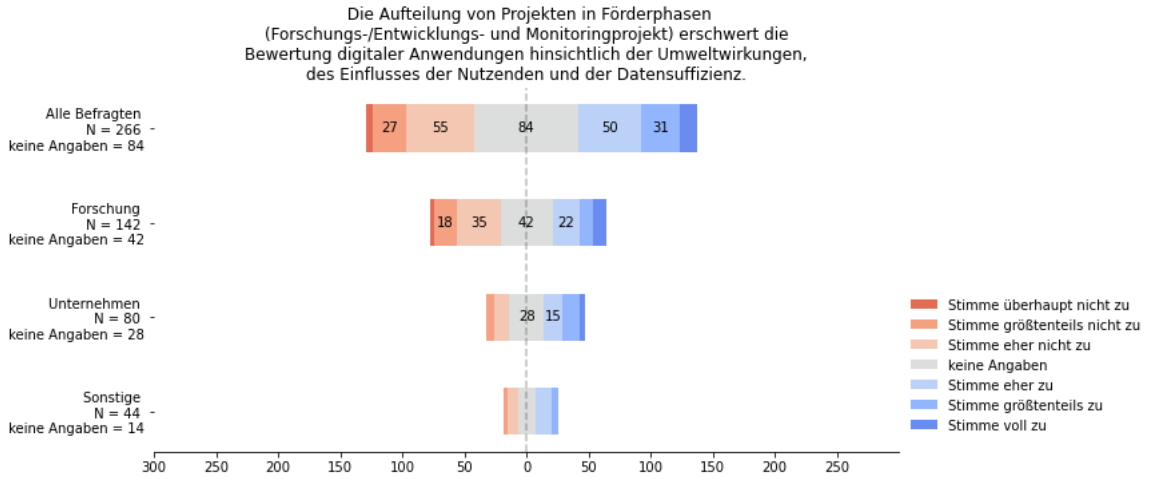

Abbildung 3.2: Zustimmung der Befragten zur These: Die Aufteilung von Projekten in Förderphasen (Forschungs-/Entwicklungs- und Monitoringprojekt) erschwert die Bewertung digitaler Anwendungen hinsichtlich der Umweltwirkungen, des Einflusses der Nutzenden und der Datensuffizienz.

Die Antworten auf die These 'Durch die Erprobung der technischen Lösung im Rahmen von Forschungsprojekten sollen soziale und ökologische Aspekte neben der ökonomischen und technischen Betrachtung mehr Berücksichtigung finden' sind in Abbildung 3.3 dargestellt. Die Mehrheit der Befragten stimmt der These zu. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass bei der Erforschung von Systemen nicht nur auf technologische oder ökonomische Kennziffern geachtet werden sollte, sondern diese in einen Zusammenhang mit sozialen und weiteren ökologischen Aspekten gesetzt werden sollen.

Die Ergebnisse zur These "Aspekte der Informationssicherheit werden in der Energietechnik ausreichend mitgedacht" sind in Abbildung 3.4 dargestellt. Die Mehrheit der Befragten ist nicht der Meinung, dass Aspekte der Informationssicherheit ausreichend mitgedacht werden. Viele der Befragten haben aber die Option "keine Angabe"gewählt, sodass keine eineindeutige Aussage getroffen werden kann.

Die Frage "Die Geschäftsmodelle für die Digitalisierung der Energiewende existieren, es bestehen aber Hemmnisse in anderen Bereichen" beantworteten insgesamt 265 Personen. Die Antworten sind in Abbildung 3.5 dargestellt. Die Mehrheit der Befragten stimmt der These zu, dass die Geschäftsmodelle für die Digitalisierung der Energiewende existieren. Die Hemmnisse scheinen aus Sicht der Befragten in anderen Bereichen zu liegen. Auffällig ist die Anzahl der Auswahl "keine Angaben".

Die Antworten auf die Zustimmung zur These "Die Regulierung für die Digitalisierung der Energiewende existiert, es bestehen aber Hemmnisse in andere Bereichen" zeigen, dass die

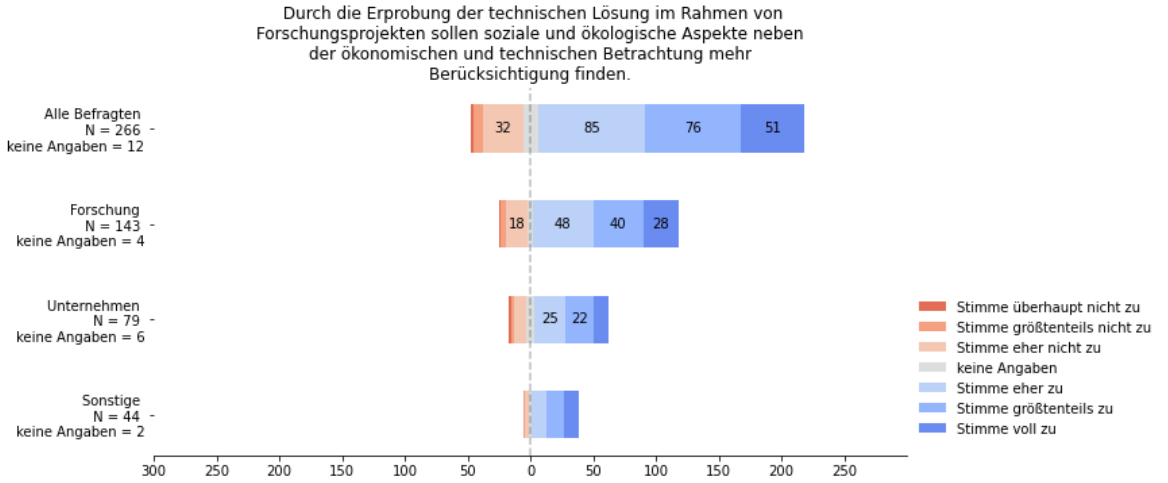

Abbildung 3.3: Zustimmung der Befragten zur These: Durch die Erprobung der technischen Lösung im Rahmen von Forschungsprojekten sollen soziale und ökologische Aspekte neben der ökonomischen und technischen Betrachtung mehr Berücksichtigung finden.

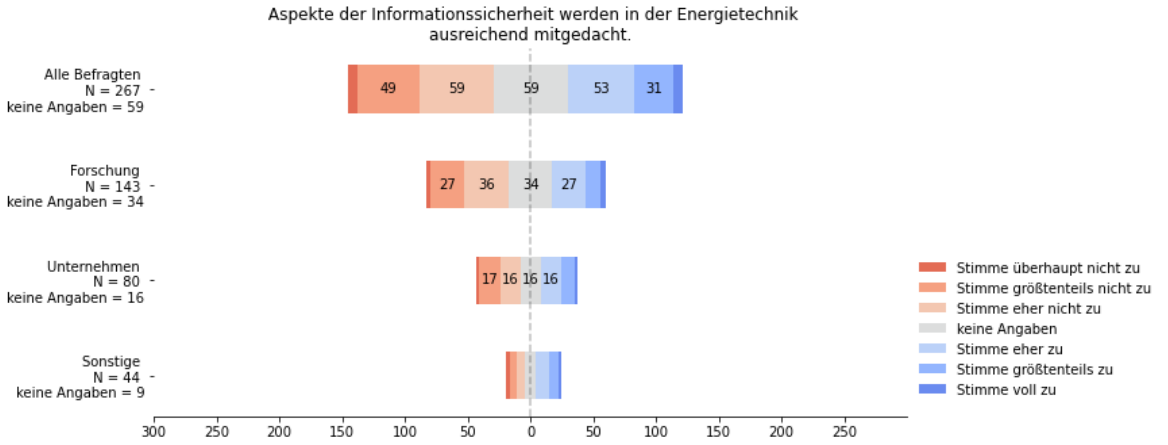

Abbildung 3.4: Zustimmung der Befragten zur These: Aspekte der Informationssicherheit werden in der Energietechnik ausreichend mitgedacht.

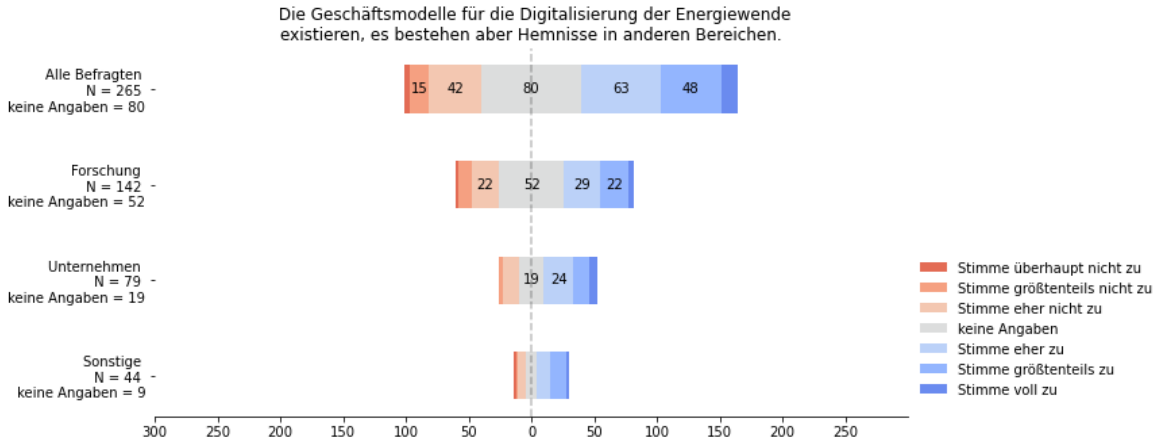

Abbildung 3.5: Zustimmung der Befragten zur These: Die Geschäftsmodelle für die Digitalisierung der Energiewende existieren, es bestehen aber Hemmnisse in anderen Bereichen.

meisten Befragten eher nicht, größtenteils sogar überhaupt nicht zustimmen, dass die entsprechende Regulierung existiert. Die Antworten sind dargestellt in Abbildung 3.6.

Die Ergebnisse deuten an, dass die aktuelle Regulierung durch die Befragten als ein Hemmnis für die Energiewende empfunden wird. Mögliche Hemmnisse wurden im Rahmen der Befragung durch die Begleitforschung ebenfalls erfasst, diese sind jedoch im Konkreten nicht Teil des vorliegenden Berichts. Interessanterweise ist die Einschätzung der Forschenden hier negativer, als die der Befragten aus der Rolle der Unternehmen.

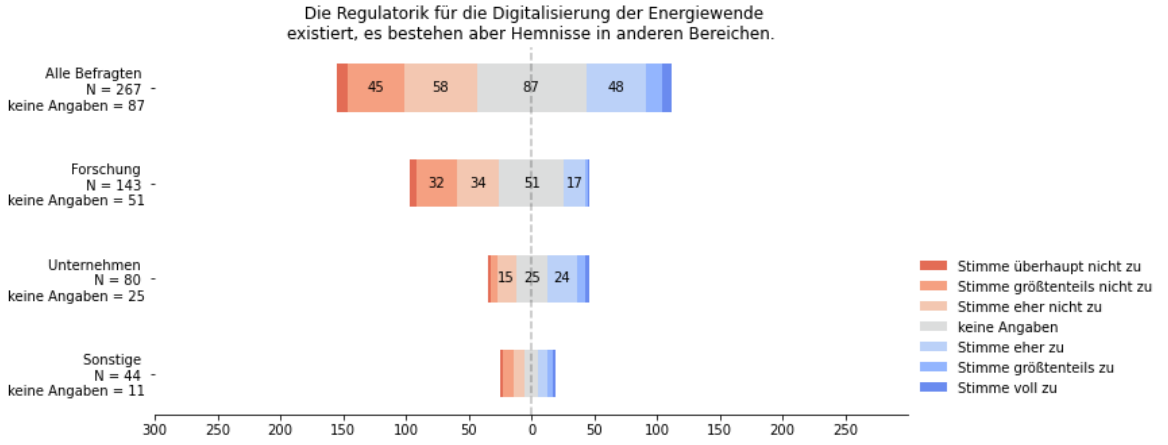

Abbildung 3.6: Zustimmung der Befragten zur These: Die Regulatorik für die Digitalisierung der Energiewende existiert, es bestehen aber Hemmnisse in anderen Bereichen

Die nächste Frage bezieht sich auf die Technologie für die Digitalisierung der Energiewende und ob es Hemmnisse in anderen Bereichen gibt. Die Antworten sind dargestellt in Ab-

bildung 3.7. Verglichen mit der vorherigen Frage zur Regulatorik scheint hier eine höhere Zustimmung zu bestehen, was darauf hindeutet, dass die Technologie als weniger umstritten oder als Fortschritt für die Energiewende betrachtet wird. Ableitend aus den Fragen zu den Hemmnissen (siehe Abbildung 3.5, Abbildung 3.6 und Abbildung 3.7) ergibt sich der Eindruck, dass die Regulatorik als größte Schwierigkeit in Bezug auf die Digitalisierung der Energiewende wahrgenommen wird.

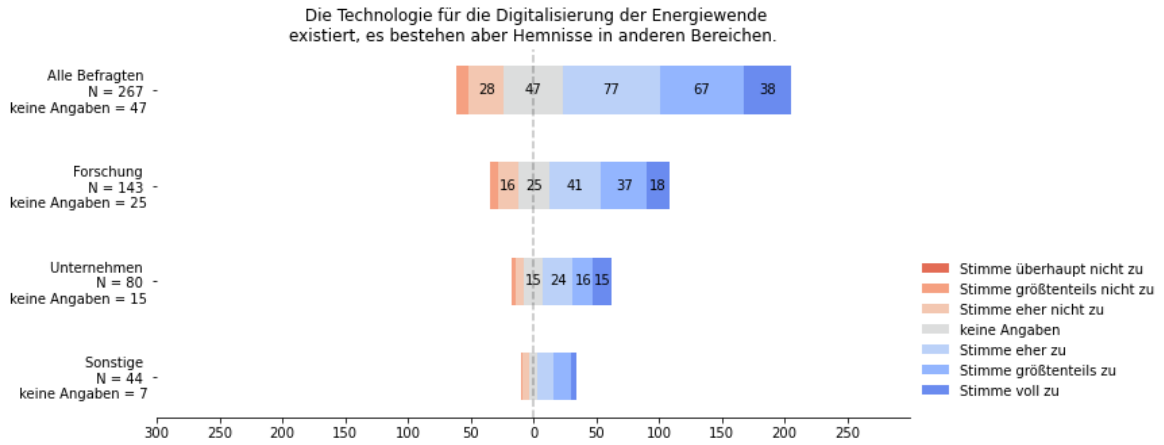

Abbildung 3.7: Zustimmung der Befragten zur These: Die Technologie für die Digitalisierung der Energiewende existiert, es bestehen aber Hemmnisse in anderen Bereichen.

Die Umfrageergebnisse, dargestellt in Abbildung 3.8, zeigen, dass eine Mehrheit der Befragten der Aussage zustimmt, dass der Mehrwert von Digitalisierung für die Energiewende im Gebäude- und Quartiersbereich in der breiten Bevölkerung noch nicht ausreichend bekannt ist.

Dies kann darauf hinweisen, dass eine verstärkte Bildungs- und Informationskampagne über die Vorteile der Digitalisierung für die Energiewende im Gebäude- und Quartiersbereich benötigt wird, um das Verständnis in der breiten Bevölkerung zu verbessern. Anderseits zeigen die Fragen in Abschnitt 3.2, dass die Befragten sich selbst mehr Informationen zu Umweltlasten und eine umfassende ökologische Bewertung digitaler Anwendungen wünschen.

Wie in Abbildung 3.9 dargestellt, stimmt eine Mehrheit der Befragten der Aussage zu, dass ein stärkeres Umdenken in den Planungsprozessen in Unternehmen erforderlich ist, um die Digitalisierung einzusetzen. Die Aussage steht in Einklang mit vorherigen Ergebnissen des Moduls Digitalisierung, beispielsweise im Rahmen von durchgeführten Workshops. So wurden beispielsweise in Workshops zu BIM häufig kulturelle Gründe als Hemmnisse identifiziert [4, 5].

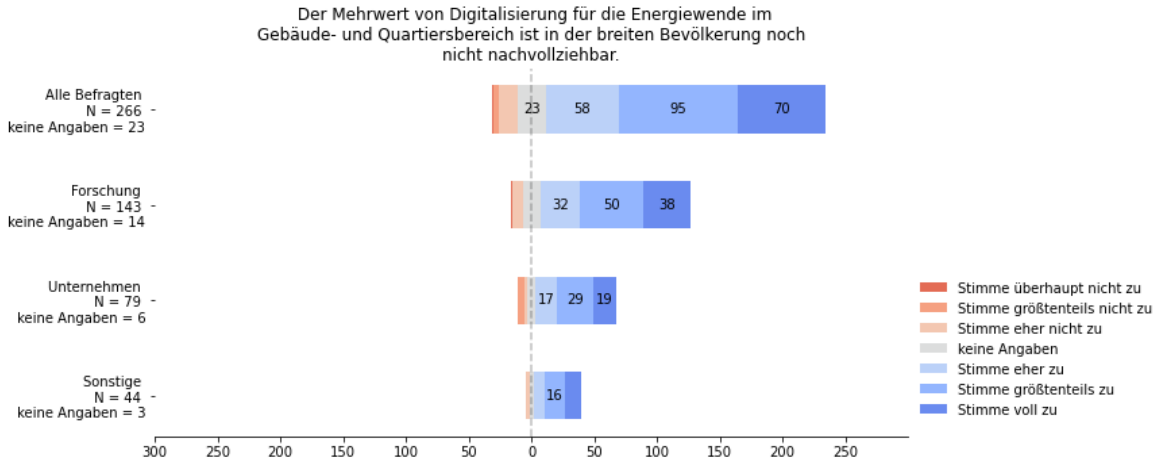

Abbildung 3.8: Zustimmung der Befragten zur These: Der Mehrwert von Digitalisierung für die Energiewende im Gebäude- und Quartiersbereich ist in der breiten Bevölkerung noch nicht nachvollziehbar.

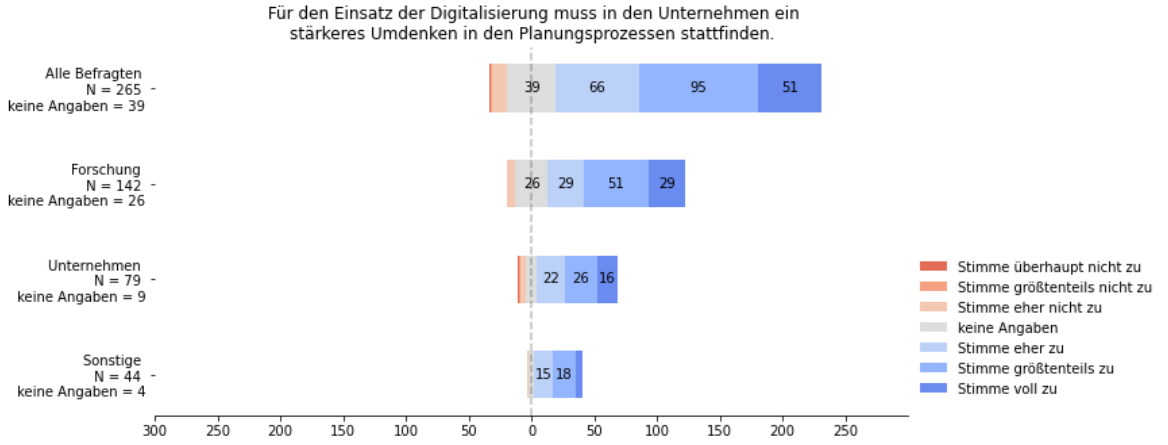

Abbildung 3.9: Zustimmung der Befragten zur These: Für den Einsatz der Digitalisierung muss in den Unternehmen ein stärkeres Umdenken in den Planungsprozessen stattfinden.

3.2 Umweltwirkungen digitaler Anwendungen

Im folgenden Abschnitt werden diejenigen Fragen und Ergebnisse dargestellt, welche auf die Umweltwirkungen digitaler Anwendungen abzielen. Die Umweltwirkungen der Digitalisierung im Energiebereich werden bisher nur vereinzelt von den untersuchten Projekten thematisiert. Zumeist stehen die positiven Umweltwirkungen im Vordergrund, die beispielsweise durch Energieeinsparung oder Effizienzsteigerungen erreicht werden können. Gleichzeitig können diese aber durch zusätzliche Energieaufwendungen für die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) oder einen übermäßigen oder zusätzlichen Gebrauch digitaler Geräte oder Anwendungen kompensiert werden.

In der ersten Frage zum Thema Umweltwirkungen digitaler Anwendungen wurde die Zustimmung zur These "Eine umfassende ökologische Bewertung digitaler Anwendungen mit positiven und negativen Umweltwirkungen ist anzustreben, um den Einfluss auf übergeordnete Ziele (z.B. Klimaschutzziele) zu evaluieren" abgefragt. Diese wird von den meisten Befragten unterstützt. Die Antworten sind in Abbildung 3.10 dargestellt. Dieses Ergebnis versinnbildlicht, dass die Expert*innen die Wichtigkeit der ökologischen Bewertung digitaler Anwendungen anerkennen und dieser einen hohen Stellenwert beimessen.

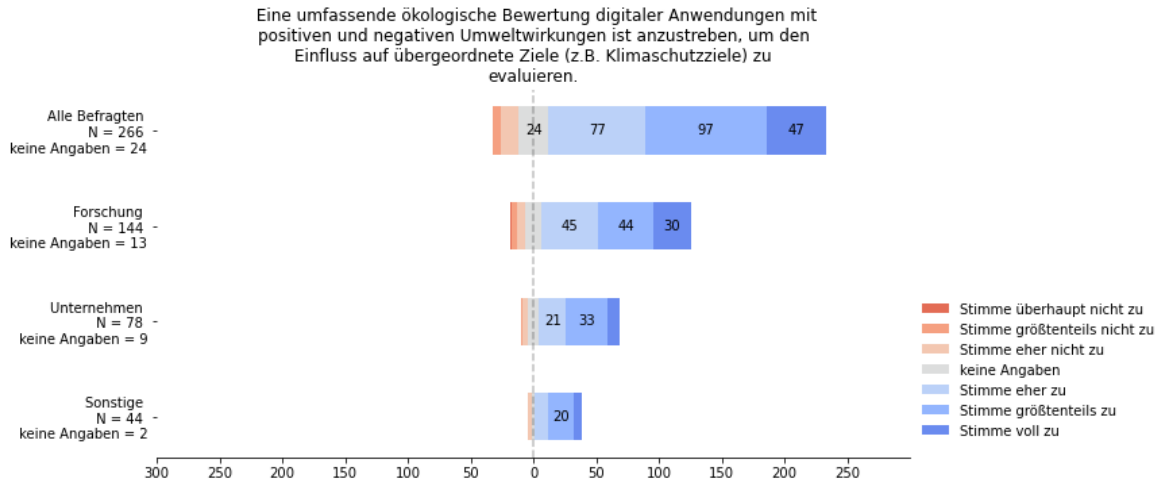

Abbildung 3.10: Zustimmung der Befragten zur These: Eine umfassende ökologische Bewertung digitaler Anwendungen mit positiven und negativen Umweltwirkungen ist anzustreben, um den Einfluss auf übergeordnete Ziele (z.B. Klimaschutzziele) zu evaluieren.

Eine thematisch unmittelbar anknüpfende These stellt die Frage nach dem Vorhandensein von Erfahrungen/Informationen zu den Umweltlasten digitaler Anwendungen. Die entsprechende Antwortverteilung ist in Abbildung 3.11 wiedergegeben. Der überwiegende Teil der Befragten stimmt der Aussage zu, dass zu wenig Erfahrungen/Informationen darüber exis-

tieren, welche Umweltlasten durch digitale Anwendungen entstehen. Dementsprechend ergibt sich ein entsprechender Informations- und Forschungsbedarf, der alle Arbeitsbereiche betrifft.

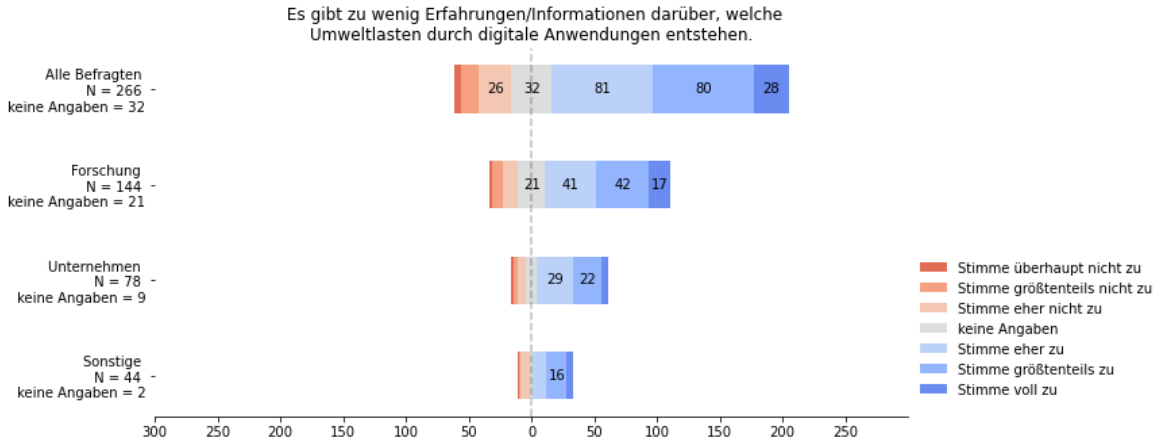

Abbildung 3.11: Zustimmung der Befragten zur These: Es gibt zu wenig Erfahrungen/Informationen darüber, welche Umweltlasten durch digitale Anwendungen entstehen

Auf die These ”Die tatsächlich erzielten (Energie-) Einsparungen, die mittels digitaler Anwendungen erreicht werden, sind oft geringer als vorhergesagt.” haben 266 Personen geantwortet. Die Antworten sind in Abbildung 3.12 dargestellt. Der These stimmt eine Mehrheit der Befragten zu. Jedoch haben 81 Befragte die Antwort ”keine Angabe” ausgewählt. Dies lässt, wie bei den vorherigen Fragen mit ähnlichen Antwortverteilungen, auf einen höheren Informationsbedarf zu dieser Thematik schließen. Dies betrifft zum einen die für den Betrieb der digitalen Anwendung notwendige Energie und die Wartung und Instandhaltung digitaler Systeme. Zum anderen können geringer als angedachte Einsparungen auch durch Rebound-Effekte entstehen. Das Sensibilisieren für diese Thematiken stellt eine wichtige zukünftige Aufgabe dar.

Abschließend kann für den Thesenblock der ”Umweltwirkungen digitaler Anwendungen” festgehalten werden, dass die Wichtigkeit und der Stellenwert der Umweltbewertung digitaler Anwendungen von den Expert*innen erkannt werden. Jedoch ergeben sich größere Unsicherheiten bei der Quantifizierung der tatsächlichen Effekte. Um dem entgegenzuwirken, sollten gerade auch die Umweltlasten digitaler Anwendungen stärker in den Fokus rücken, denn diesbezüglich scheint den Expert*innen zu wenig Erfahrung/Information vorzuliegen.

3.3 Datensuffizienz

Als Datensuffizienz wurde im Rahmen der Befragung die Anforderung definiert, Daten nur in dem notwendigen Maße zu erheben, zu übermitteln, zu verarbeiten und zu speichern, wie da-

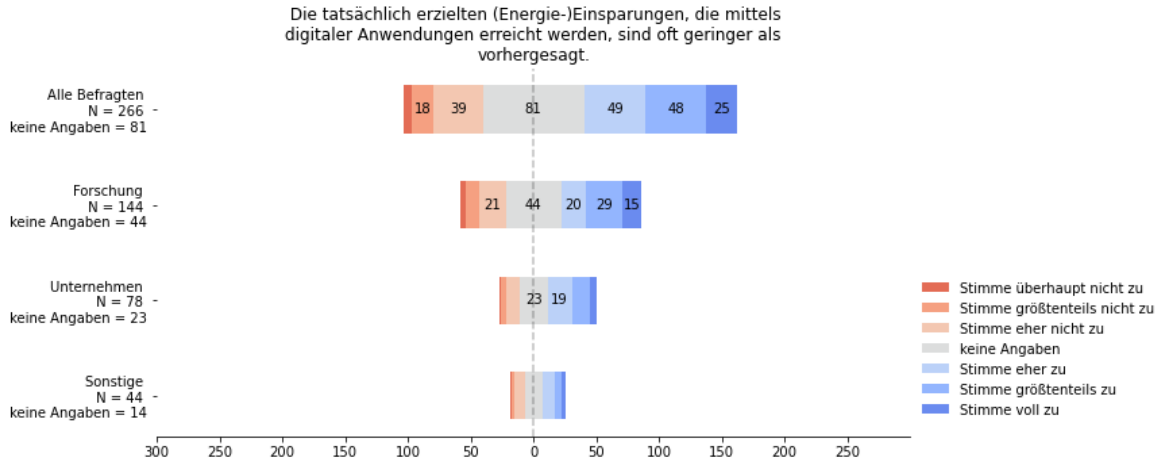

Abbildung 3.12: Zustimmung der Befragten zur These: Die tatsächlich erzielten (Energie-) Einsparungen, die mittels digitaler Anwendungen erreicht werden, sind oft geringer als vorhergesagt.

mit ein Nutzen für einen energiesparsamen und -effizienten Betrieb verbunden ist oder damit ein weiterer Nutzen für die Netzinteraktion oder für die Nutzenden erreicht werden kann [6]. Gleichzeitig soll bei der Datenerhebung, -übermittlung, -verarbeitung und -speicherung Hardware mit ressourcenschonendem Materialeinsatz und ressourcenschonende Übermittlungswege gewählt werden.

Die Antworten zur These ”Es ist nützlich, klare Vorgaben zur Datenerhebung zu haben, wie sie beispielsweise im Monitoringleitfaden definiert sind (z.B. Formate, Abfragefrequenzen, Speicherintervalle etc.)” sind in Abbildung 3.13 dargestellt.Insgesamt stimmten 246 Personen der These zu oder lehnten diese ab. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Vorgaben zur Datenerhebung als nützlich angesehen werden und zur Erleichterung bei der Planung und Umsetzung digitaler Anwendungen beitragen können. Es wird dadurch jedoch auch impliziert, dass solche Vorgaben auch speziell unter der Perspektive der Datensuffizienz geprüft werden sollten.

253 gültige Antworten wurden für die These ”Forschungsprojekte sollten immer so viele Daten wie möglich erheben und speichern” registriert (Abbildung 3.14). Demnach sind die meisten Befragten der Ansicht, dass so viele Daten wie möglich gesammelt werden sollten. Dieses Ergebnis lässt mehrere Schlüsse zu: zum einen scheint es kaum Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes und des Missbrauchs von Daten innerhalb von Forschungsprojekten zu geben. Zum anderen scheint dieser Antwort die Annahme zugrunde zu liegen, dass die Aufwände zur Erfassung, Verarbeitung, und Speicherung der Daten durch die möglichen Mehrwerte aufgewogen worden. Tatsächlich ist es jedoch unklar, ob dies in der Realität immer der Fall ist. Insbesondere wenn beispielsweise die gleichen Daten(-punkte) mehrmals erfasst werden oder sehr hohe Messfrequenzen gewählt werden. Auch Forschende sollten daher Datenerhebungs-

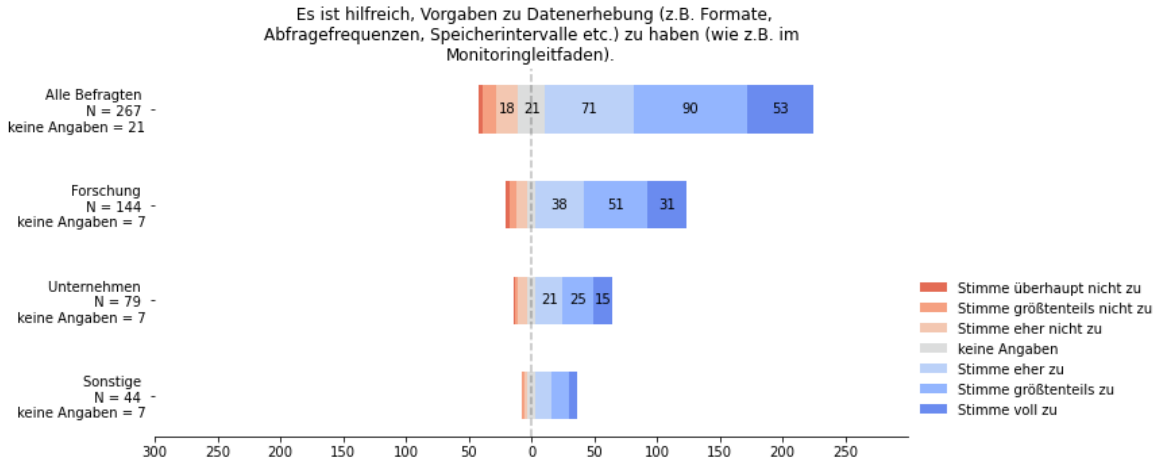

Abbildung 3.13: Zustimmung der Befragten zur These: Es ist hilfreich, Vorgaben zu Datenerhebung (z.B. Formate, Abfragefrequenzen, Speicherintervalle etc.) zu haben (wie z.B. im Monitoringleitfaden)

und Speicherpraktiken überdenken und sicherstellen, dass sie verantwortungsvoll handeln. Einen Anreiz dazu kann in Vorgaben zu Datenerhebung gegeben werden (z.B. Monitoringleitfaden). Eine weitere Option für diese Antwortverteilung könnte sein, dass in den Projekten am Anfang noch nicht absehbar ist, welche Daten notwendig sein sind.

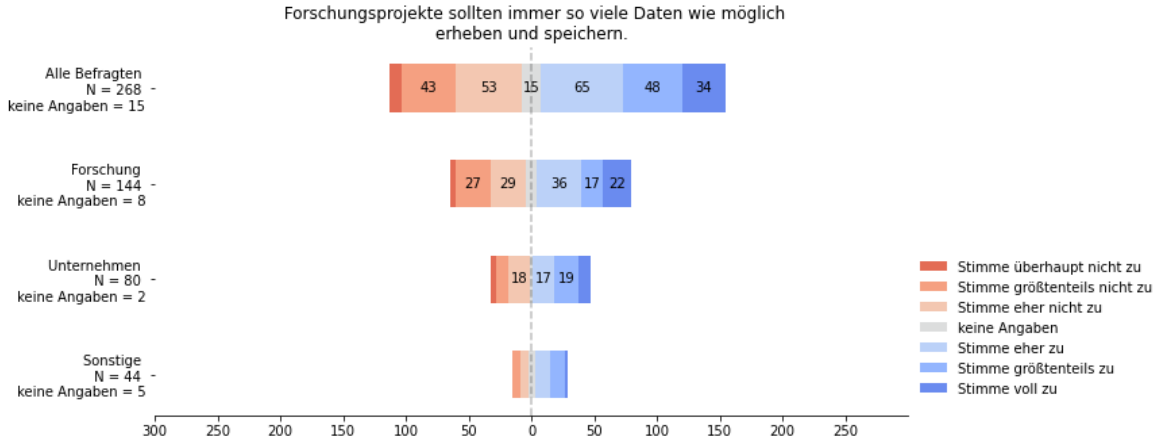

Abbildung 3.14: Zustimmung der Befragen zur These: Forschungsprojekte sollten immer so viele Daten wie möglich erheben und speichern.

In Bezug auf die (negativen) Wirkungen der Datenerhebung herrscht jedoch auch eine gewisse Unkenntnis vor. Dies verdeutlicht die hohe Anzahl von ”keine Angaben” bei der These ”Die Einsparungen, die durch einen sparsamen Umgang mit Daten erreicht werden können, sind gering” bei einer sonst eher ausgeglichenen Antwortverteilung (leichte Tendenz zur Zustimmung). Es scheint kein eindeutiges Meinungsbild zu den tatsächlichen Einsparungen durch

einen sparsamen Umgang mit Daten zu geben, was weiteren Informations- und Forschungsbedarf zur Thematik nahelegt. Die Antworten zur These sind dargestellt in Abbildung 3.15.

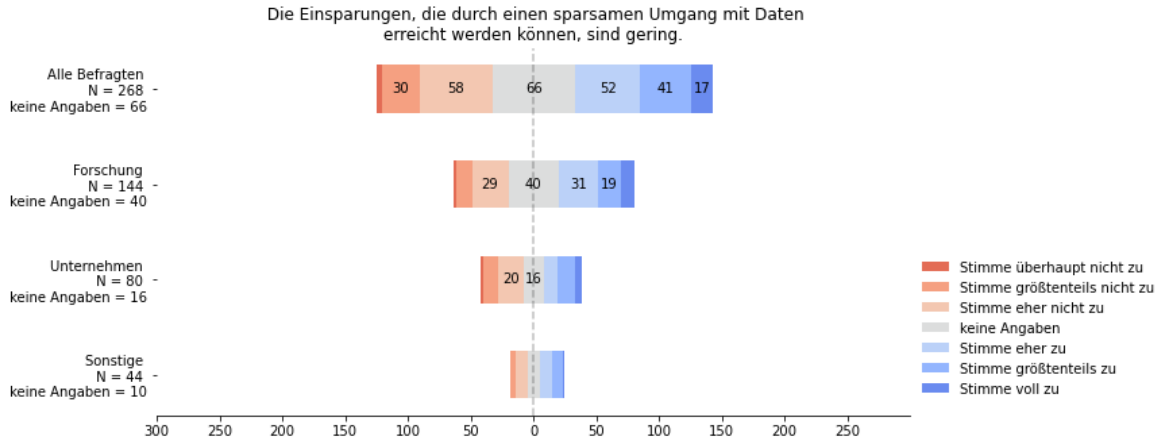

Abbildung 3.15: Zustimmung der Befragten zur These: Die Einsparungen, die durch einen sparsamen Umgang mit Daten erreicht werden können, sind gering.

3.4 Nutzende

Nutzende haben einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch, beispielsweise durch ihre individuelle Komforttemperatur. Die geförderten Forschungsprojekte forschen an zahlreichen Möglichkeiten die Nutzenden zu integrieren - von der ansprechenden Visualisierung in Dashboards bis hin zur Berücksichtigung in thermischen Komfortmodellen. Dabei gilt die Leitfrage: Wie müssen technische Lösungen ausgestaltet und mit welchen Dienstleistungen kombiniert werden, dass diese für Nutzerinnen und Nutzer attraktiv und akzeptabel sind und sich gleichzeitig die angedachten Effekte während der Nutzung der digitalen Anwendung tatsächlich einstellen?

Die Zustimmung zur Aussage ”Die frühzeitige Einbindung von Nutzenden in die Entwicklung und/oder Implementierung digitaler Anwendungen bietet weitere Einsparpotenziale, die derzeit noch wenig ausgeschöpft werden.” ist in Abbildung 3.16 dargestellt. Insgesamt haben 268 Personen eine Einschätzung abgegeben.

Die Antworten zeigen, dass die frühzeitige Einbindung von Nutzenden in die Entwicklung und/oder Implementierung digitaler Anwendungen weitere Einsparpotenziale bietet, die derzeit noch wenig ausgeschöpft werden. Entwickelnde sollten auf eine frühzeitige Integration der Nutzenden in den Entwicklungsprozess achten. Egal ob diese Fachpersonal im Handwerk, Bewohnende oder andere Forschende sind.

Auf dem Weg dorthin scheint es jedoch an den richtigen Methoden beziehungsweise dem Wissen über Methoden zur Nutzendeneinbindung zu fehlen. Dies legt jedenfalls das Antwort-

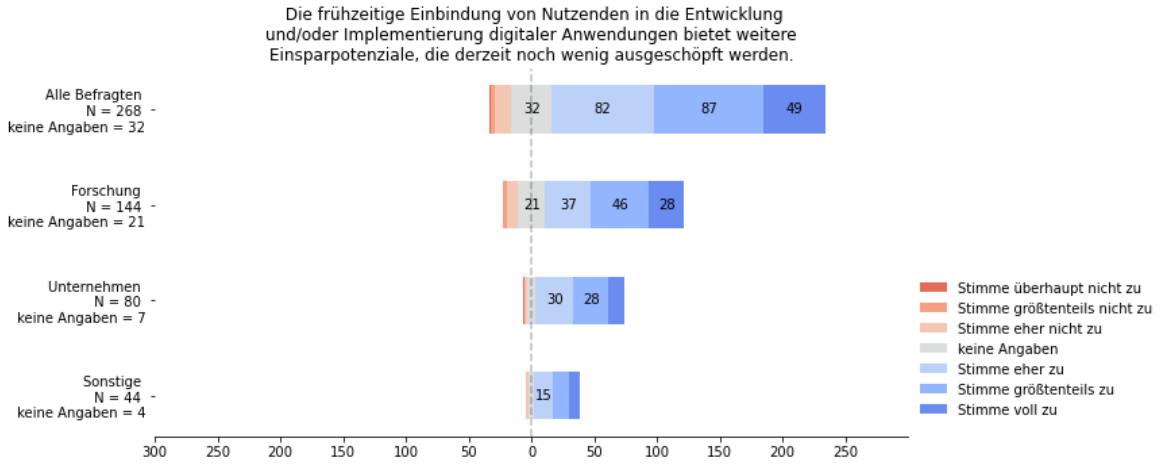

Abbildung 3.16: Zustimmung der Befragten zur These: Die frühzeitige Einbindung von Nutzenden in die Entwicklung und/oder Implementierung digitaler Anwendungen bietet weitere Einsparpotenziale, die derzeit noch wenig ausgeschöpft werden.

muster zu der These ”Es gibt zu wenig Erkenntnisse darüber, was eine gute und gelungene Nutzendeneinbindung bei der Entwicklung/Nutzung einer digitalen Anwendung ausmacht und welche Vorteile sie mit sich bringen kann”, welches in Abbildung 3.17 dargestellt ist, nahe. Denn der Großteil der Befragten stimmt auch dieser These zu.

Es scheint zu wenig Erkenntnisse bei den Befragten darüber zu geben, was eine gute und gelungene Nutzendeneinbindung bei der Entwicklung/Nutzung einer digitalen Anwendung ausmacht und welche Vorteile sie mit sich bringen kann. Wenn dieses Defizit ausgeglichen werden könnte (z.B. spezielle Methodentrainings oder Leitfaden zur Nutzendeneinbindung - das Wissen dazu existiert oftmals bereits), könnten auch weitere Einsparpotenziale gehoben worden. Dies wird bereits heute von den Expert*innen anerkannt (siehe Abbildung 3.16).

3.5 Geschäftsmodelle

Im Energiebereich kommen derzeit zahlreiche neuartige Geschäftsmodelle in den Markt, die auf digitalen Anwendungen basieren. Sie sind erforderlich, um neue Anwendungen und Dienstleistungen am Markt einzuführen. Damit Innovationen langfristig erfolgreich sein können, müssen diese wirtschaftlich oder regulatorisch in das System integriert werden. Ziel der hier stehenden Thesen ist zu beurteilen, wie Geschäftsmodelle in Forschungsprojekten untersucht werden und welche Hemmnisse es bislang gibt.

Die Ergebnisse in Abbildung 3.18 zeigen, dass die Aussage ”In Forschungs- und Entwicklungsprojekten (F&E) werden digitale Anwendungen vor allem für technische Innovationen

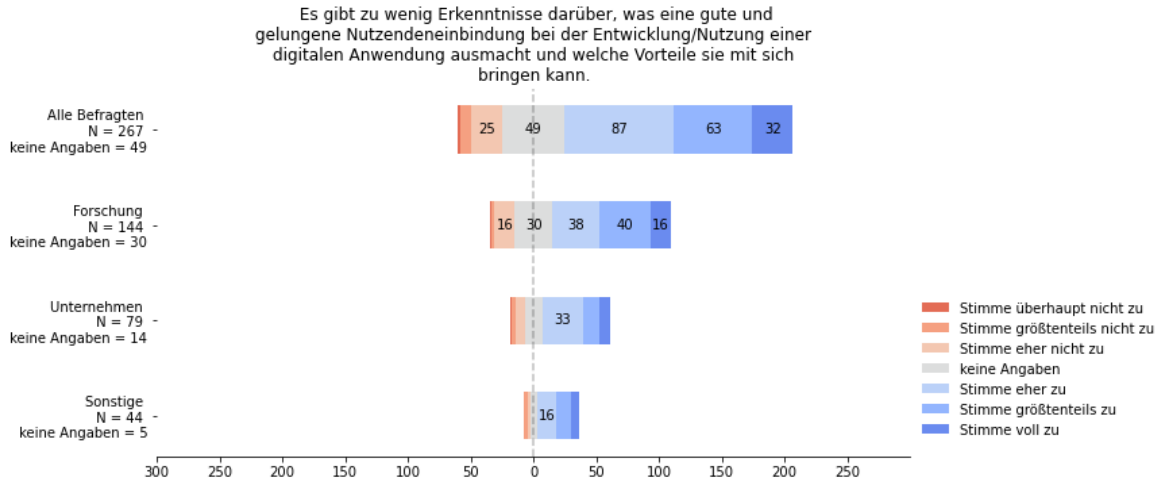

Abbildung 3.17: Zustimmung der Befragten zur These: Es gibt zu wenig Erkenntnisse darüber, was eine gute und gelungene Nutzendeneinbindung bei der Entwicklung/Nutzung einer digitalen Anwendung ausmacht und welche Vorteile sie mit sich bringen kann.

genutzt. Neue Geschäftsmodelle stehen eher im Hintergrund." von den Befragten zustimmend bewertet wird.

Abbildung 3.19 zeigt die Antworten auf die These "Hürden für die Umsetzung von neuen Geschäftsmodellen sind vor allem im regulatorischen Kontext zu finden, der digitale Modelle noch zu wenig berücksichtigt". Die meisten Teilnehmenden sind der Meinung, dass regulatorische Hürden die Umsetzung von digitalen Geschäftsmodellen erschweren und dass dieser Aspekt in der Praxis noch zu wenig berücksichtigt wird. Ebenso ist herauszustellen, dass einem signifikanten Teil der Antwortenden der regulatorische Kontext von Geschäftsmodellen für digitale Anwendungen bisher nicht klar beziehungsweise geläufig zu seinen scheint, so die Interpretationshypothese für die hohe Anzahl von "keine Angabe".

Die beiden Thesen zu den Geschäftsmodellen zeichnen das Bild eines eher randständigen Themas: vergleichbar geringe Relevanz mit gleichzeitig hohen Hürden, zumindest in Hinblick auf die Regulatorik. Dies steht jedoch in einem gewissen Widerspruch zur Ausrichtung des Forschungsprogramms, was die wirtschaftliche Verwertung von Innovationen (einschließlich digitaler Anwendungen), anreizen und beschleunigen will.

3.6 Methoden und Modelle

Im Abschnitt Methoden und Modelle sind diejenigen Fragen gesammelt, die sich auf Methoden (bspw. Building Information Modelling (BIM) [5, 4]) und Modelle sowie zugrundeliegende Daten beziehen.

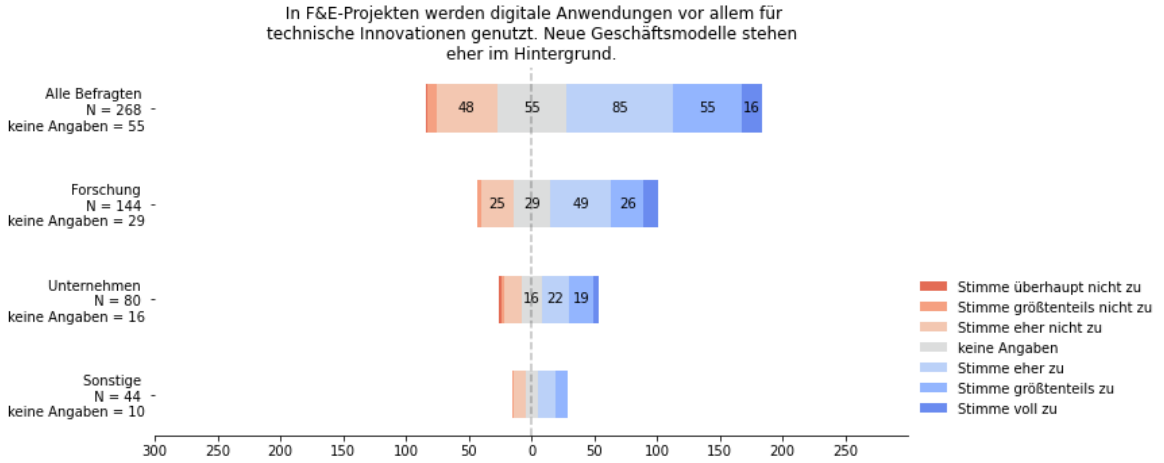

Abbildung 3.18: Zustimmung der Befragten zur These: In F&E-Projekten werden digitale Anwendungen vor allem für technische Innovationen genutzt. Neue Geschäftsmodelle stehen eher im Hintergrund.

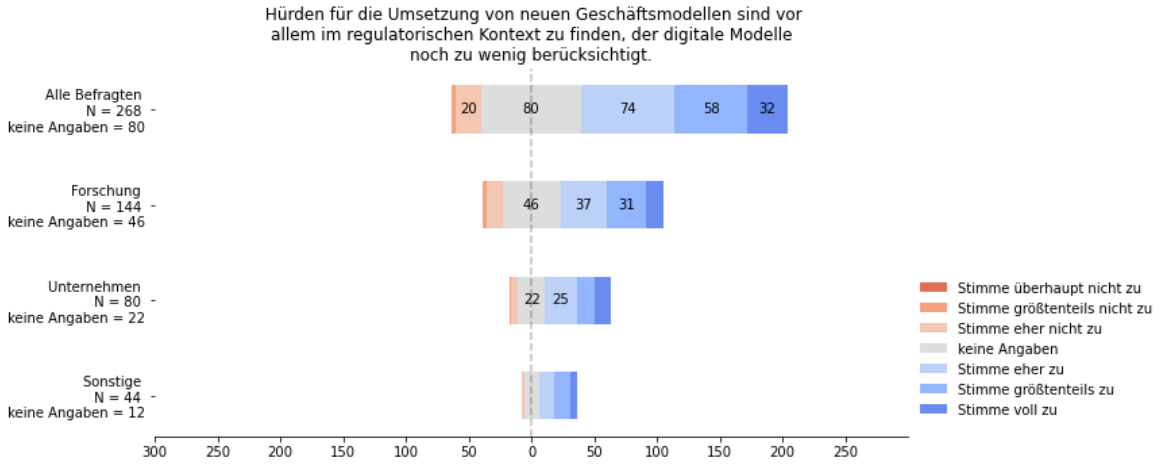

Abbildung 3.19: Zustimmung der Befragten zur These: Hürden für die Umsetzung von neuen Geschäftsmodellen sind vor allem im regulatorischen Kontext zu finden, der digitale Modelle noch zu wenig berücksichtigt.

Die Abbildung 3.20 zeigt, dass der Aussage "Das Vorhandensein von digitalen Modellen bzw. Daten von Gebäuden wird die Sanierung beschleunigen" größtenteils zugestimmt wird. Auf Grundlage solcher Modelle können in (frühen) Planungsphasen Abschätzungen und Simulationsrechnungen durchgeführt werden, welche zielgerichtete Planung ermöglichen kann.

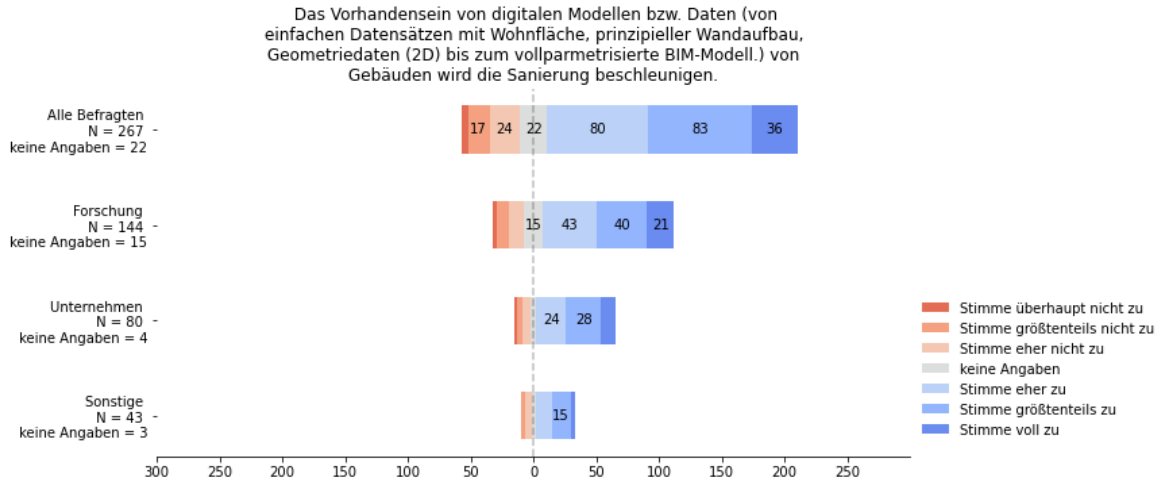

Abbildung 3.20: Zustimmung der Befragten zur These: Das Vorhandensein von digitalen Modellen bzw. Daten (von einfachen Datensätzen mit Wohnfläche, prinzipieller Wandaufbau, Geometriedaten (2D) bis zum vollparametrisierten BIM-Modell) von Gebäuden wird die Sanierung beschleunigen.

Die Umfrageergebnisse zur These "Jedes Gebäude sollte über eine digitale Gebäudeakte verfügen, welche kontinuierlich erweitert wird" zeigen eine deutliche Unterstützung für die Idee einer digitalen Gebäudeakte. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3.21 dargestellt. Auch die digitalen Gebäudeakte kann das Erstellen von Abschätzungen und Simulationsrechnungen in (frühen) Planungsphasen unterstützen und damit das zielgerichtete Konzeptionieren und Planen vereinfachen.

Die Ergebnisse, dargestellt in Abbildung 3.22, zeigen die Zustimmung der Befragten zur These "Ein geführter und unterstützter Planungsprozess (bspw. durch ein Expertensystem) kann dem Fachkräftemangel entgegenwirken.". Expertensystem wurden schon in den 1980er Jahren diskutiert [7], aber eine Anwendung ist derzeit nicht zu verzeichnen. Beispielsweise gibt es keinen Eintrag von Anwendern von Expertensystemen im Glossar des Mittelstand-Digital Zentrum Bau [8].

Zur These Thema "Es fehlen Zeitreihendaten, um Gebäude effizienter zu betreiben" sind insgesamt 267 Stimmen abgegeben worden. Die Mehrheit der Teilnehmenden stimmte der Aussage zu. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3.23 dargestellt.

Entscheidend für die Nutzung von Zeitreihen ist, dass die Daten auch in verwertbarer Form vorliegen. Das bedeutet, Wertepaare und Zeitstempel müssen mindestens zuordenbar sein.

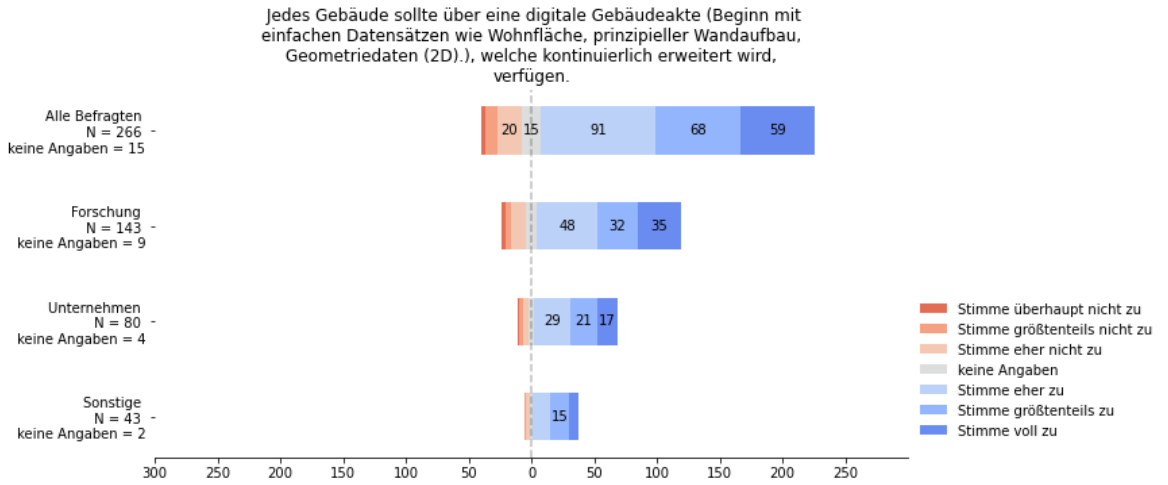

Abbildung 3.21: Zustimmung der Befragten zur These: Jedes Gebäude sollte über eine digitale Gebäudeakte (Beginn mit einfachen Datensätzen wie Wohnfläche, prinzipieller Wandaufbau, Geometriedaten (2D)), welche kontinuierlich erweitert wird, verfügen.

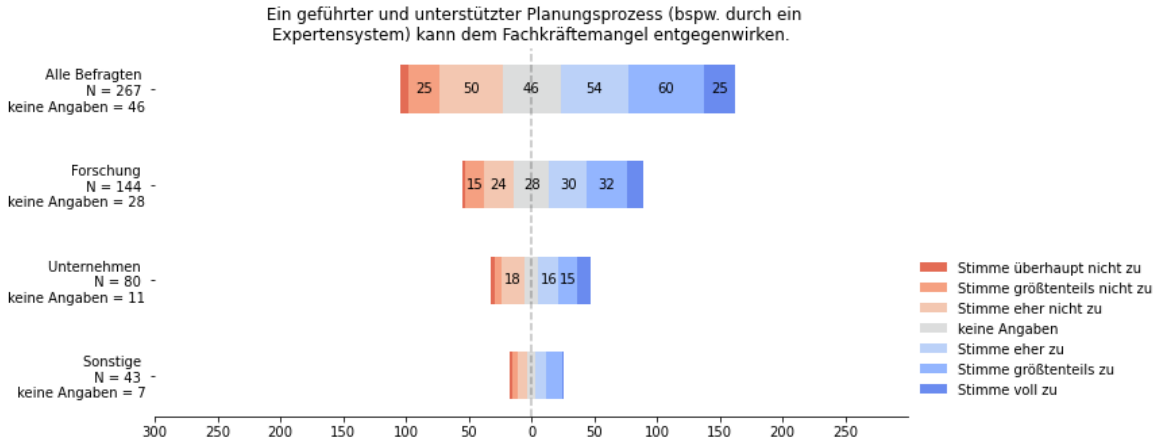

Abbildung 3.22: Zustimmung der Befragten zur These: Ein geführter und unterstützter Planungsprozess (bspw. durch ein Expertensystem) kann dem Fachkräftemangel entgegenwirken.

Besser jedoch sind hier übertragbare Konzepte, wie sie durch beispielsweise Ontologien ermöglicht werden. Leitfäden zur Gebäudeautomation liefern Ansatzpunkte solche Systeme aufzusetzen [9, 10].

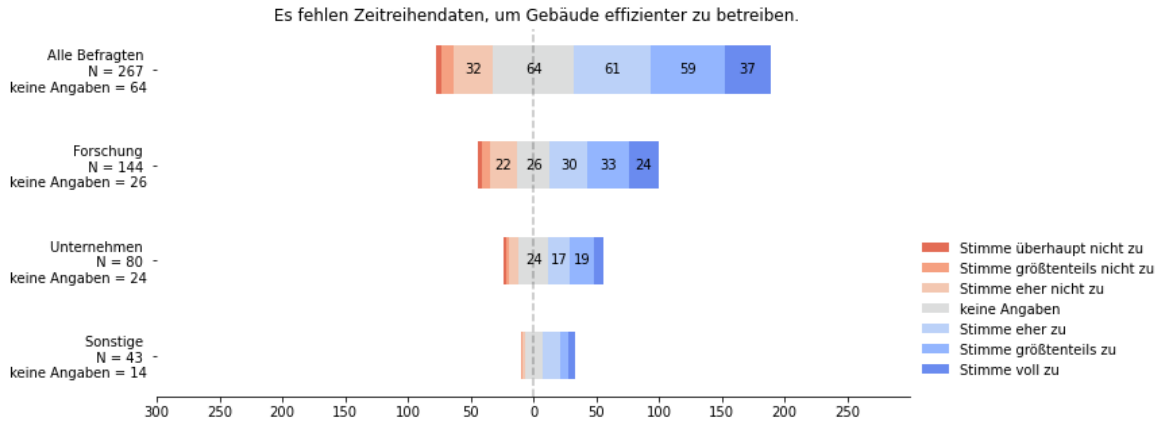

Abbildung 3.23: Zustimmung der Befragten zur These: Es fehlen Zeitreihendaten, um Gebäude effizienter zu betreiben.

Die in Abbildung 3.24 dargestellten Ergebnisse zeigen dass die meisten Befragten der These ”Es fehlen allgemeine vorparmetrisierte Datensätze von Gebäuden um diese effizienter zu planen und zu betreiben” zustimmen. Dabei ist die große Anzahl an Antworten mit der Option ”keine Angaben” auffällig. Das kann ein Indiz dafür sein, dass nicht alle Befragten wussten, was mit ”vorparmetrisierte Datensätze” gemeint war.

Das Ziel solcher Datensätze muss die kontinuierliche und flexible Erweiterung sein, sobald genauere Informationen vorhanden sind. Liegen beispielsweise konkrete Informationen zu Wandaufbauten vor, so können und müssen die Annahmen ersetzt werden. Als Ausgangsbasis kann beispielsweise die TABULA Gebäudetypologie [11] herangezogen werden. Diese könnte weiterentwickelt und in einen objektorientierten Standard überführt werden.

Der These ”Standardisierte Zugriffe auf öffentliche Daten würden die Transferierbarkeit von Forschungsergebnissen erhöhen” stimmten die Befragten größtenteils zu. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3.25 dargestellt.

Bislang unterscheiden sich Zugriffsmethoden auf öffentliche Daten teilweise zwischen den unterschiedlichen Verwaltungsbereichen in Deutschland, wie beispielsweise Kommunen oder Bundesländer. Hierdurch können Forschungsergebnisse nicht problemlos übertragen werden. Auch weitere Methoden, beispielsweise aus der Praxis stehen vor dieser Herausforderung.

Die Umfrage zeigt, dass die Aussage ”Für eine öffentliche Wärmeplanung werden offene Daten zu verbauter Anlagentechnik und Sanierungsständen benötigt” insgesamt Zustimmung erfahren hat. Diese Ergebnisse sind dargestellt in Abbildung 3.26.

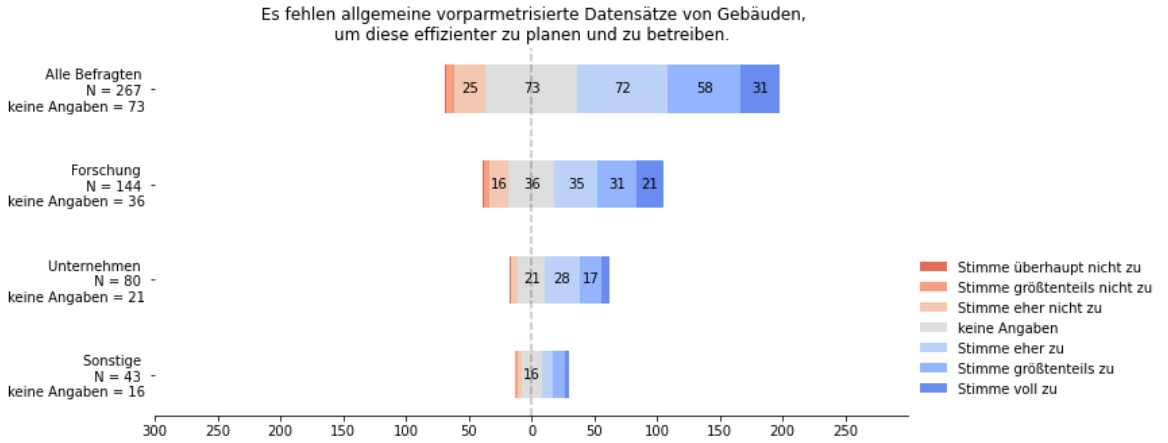

Abbildung 3.24: Zustimmung der Befragten zur These: Es fehlen allgemeine vorparmetrisierte Datensätze von Gebäuden, um diese effizienter zu planen und zu betreiben.

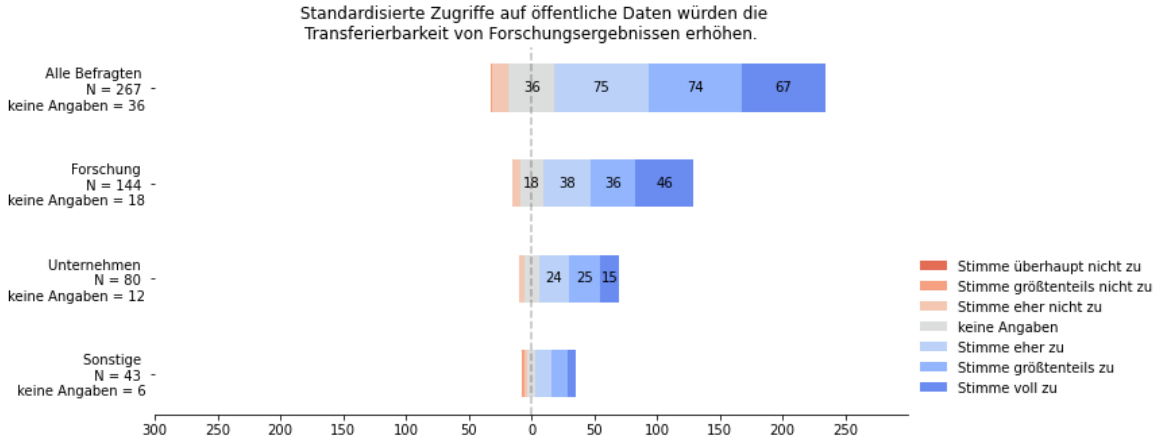

Abbildung 3.25: Zustimmung der Befragten zur These: Standardisierte Zugriffe auf öffentliche Daten würden die Transferierbarkeit von Forschungsergebnissen erhöhen.

Der Energiebedarf von Gebäuden lässt sich im urbanen Kontext vereinfacht über das Baujahr, den Sanierungsstand und das Volumen berechnen. Weiterhin ist die verbaute Anlagentechnik von Relevanz, um beispielsweise Informationen zur Art der Heizung und somit zum erwartenden CO_2-Ausstoß zu haben. Auch das Alter der Heizung kann relevant sein, um Rückschlüsse auf einen anstehenden Austausch oder die Effizienz zu geben. Dementsprechend stimmen die meisten der Befragten zu, dass offene Daten zu Sanierungsstand und verbauter Anlagentechnik für eine öffentliche Wärmeplanung benötigt werden.

Die öffentliche Wärmeplanung ist eine wichtige Aufgabe der Kommunen, um die Wärmewende in Deutschland umzusetzen. Auf Basis offener Daten und Annahmen kann einerseits ein Dialog zwischen den Akteuren entstehen und andererseits können Forschende durch die (Weiter-)Entwicklung von geeigneten Methoden die Politik und Verwaltung unterstützen Lösungen für eine umweltfreundliche Wärmeversorgung zu erarbeiten. Sind diese Daten sogar in geeigneten Standards veröffentlicht, so können einheitliche Methoden und Vorgehensweisen verwendet werden. Hierdurch kann mehr Transparenz und Effizienz erreicht werden, als bei der Entwicklung eigener Vorgehensweisen in Kommunen oder Bundesländern. Ideen und Konzepte hierfür zeigt beispielsweise der Leitfaden kommunale Wärmeplanung des Landes Baden-Württemberg [12].

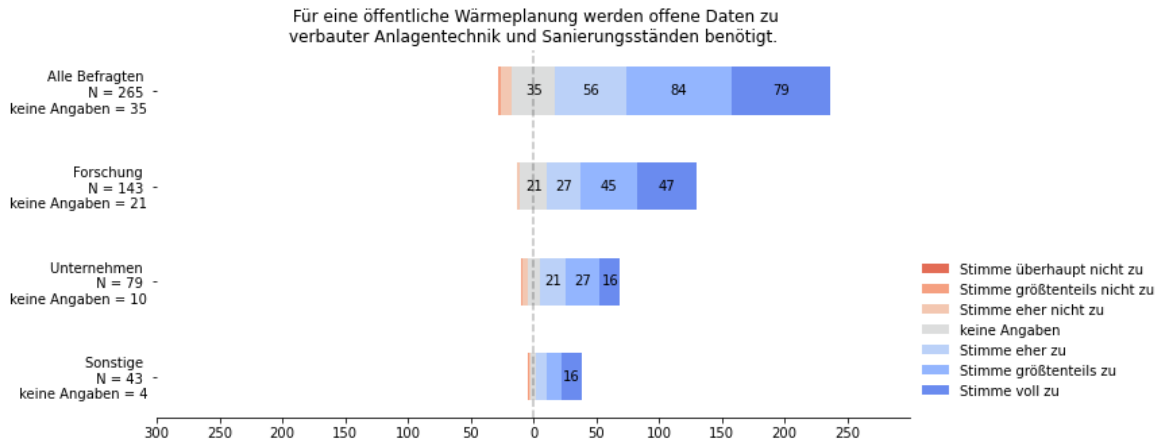

Abbildung 3.26: Zustimmung der Befragten zur These: Für eine öffentliche Wärmeplanung werden offene Daten zu verbauter Anlagentechnik und Sanierungsständen benötigt.

Abbildung 3.27 zeigt, dass die Aussage ”Zur Auslegung von Energieversorgungskonzepten sind Simulationen unverzichtbar, da der dynamische Betrieb und der Ressourcenverbrauch berücksichtigt werden muss” eine sehr hohe Zustimmung erfahren hat. Aus der Sicht der Forschungsgemeinschaft sind Simulationen somit unverzichtbar. Aus der zunehmenden Fluktuation in der Energieerzeugung, welche sich aus dem Einsatz von erneuerbaren Energien

ergibt, leitet sich die Anforderung ab, Bedarf und Potenziale ihrer Verschiebung besser zu verstehen. Dies wird durch Wahl passender Simulationsmethoden ermöglicht.

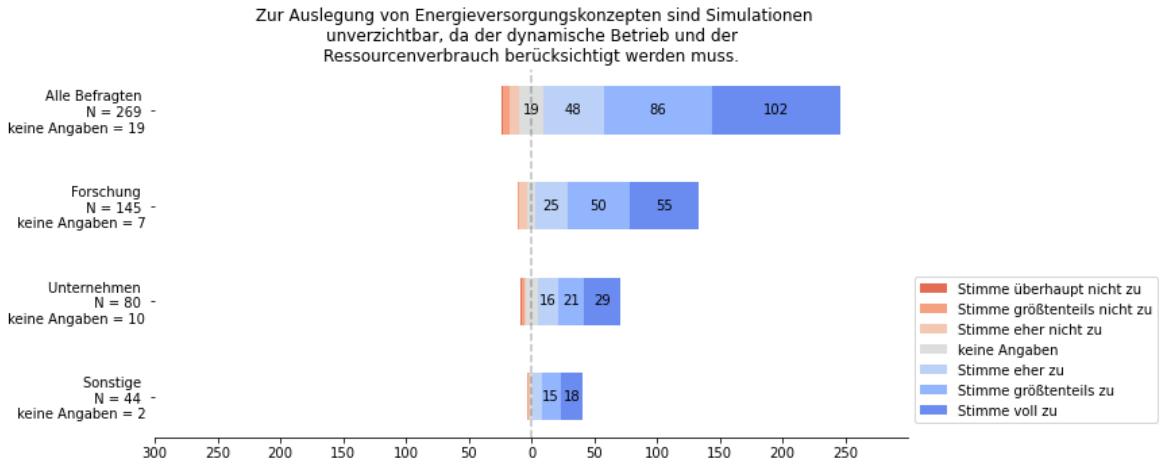

Abbildung 3.27: Zustimmung der Befragten zur These: Zur Auslegung von Energieversorgungskonzepten sind Simulationen unverzichtbar, da der dynamische Betrieb und der Ressourcenverbrauch berücksichtigt werden muss.

3.7 Datenschutz und Regulatorik

Die mit den Abläufen und Verfahren verbundenen Datenverarbeitungen im Betrieb von Energiesystemen betreffen sehr häufig personenbezogene Daten und fallen damit in den Anwendungsbereich des europäischen Datenschutzrechts. Daten gelten dabei nicht nur dann als personenbezogen, wenn das Herausgreifen einer Person oder das Ableiten von Information über diese Person seitens des Verarbeitenden gerade bezweckt ist, sondern regelmäßig auch, wenn es aufgrund der räumlichen oder funktionalen Nähe der Datenerhebung zu einer Person nur theoretisch möglich ist. Dies hat weitreichende und komplexe Konsequenzen für die Kontrolle der mit der Datenverarbeitung verbundenen datenschutzrechtlichen Risiken.

Die mit den Abläufen und Verfahren verbundenen Datenverarbeitungen im Betrieb von Energiesystemen betreffen sehr häufig personenbezogene Daten. Grund hierfür ist der sehr weite Anwendungsbereich der Datenschutzgesetze, wie der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), die in der Regel einen Personenbezug der Daten bereits dann annehmen, wenn sich diese mittelbar auf eine personenbeziehbare Person beziehen. Dies hat weitreichende und komplexe Konsequenzen für die Kontrolle der mit der Datenverarbeitung verbundenen datenschutz- und datensicherheitsrechtlichen Risiken.

Die vorliegende Umfrage zum Grad der Zustimmung zur Aussage ”Sinn und Zweck datenschutzrechtlicher Vorgaben sind denjenigen, die sie beachten müssen, nicht in vollem Umfang

erkennbar oder bewusst" erfasste insgesamt 267 Antworten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3.28 dargestellt.

Die Umfrageergebnisse legen nahe, dass eine Mehrheit der Befragten der Ansicht ist, dass der Sinn und Zweck von Datenschutzvorschriften nicht vollständig verstanden wird. Dies deutet darauf hin, dass es einen Bedarf an Aufklärung und Sensibilisierung gibt, um sicherzustellen, dass diejenigen, die diese Vorschriften einhalten müssen, ein besseres Verständnis dafür haben, warum sie wichtig sind.

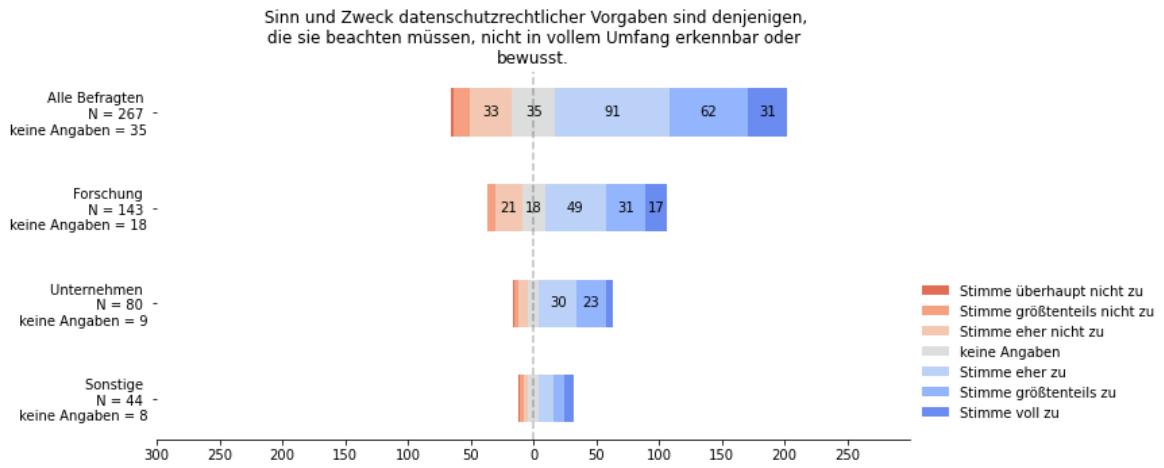

Abbildung 3.28: Zustimmung der Befragten zur These: Sinn und Zweck datenschutzrechtlicher Vorgaben sind denjenigen, die sie beachten müssen, nicht in vollem Umfang erkennbar oder bewusst.

Der Aussage "Der Nachweis über die Datenschutzkonformität eines Produktes stellt einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Marktteilnehmern dar" stimmten die meisten Personen zu. Die Antworten zur Zustimmung auf die These sind in Abbildung 3.29 dargestellt.

Auf die nächste Frage haben ebenfalls 267 Personen geantwortet. Die Antworten auf die These "Der Aufwand zur Einhaltung der DSGVO steht in einem gesunden Verhältnis zu ihrem Nutzen für die Betroffenen." sind in Abbildung 3.30 dargestellt.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Belastung durch datenschutzrechtliche Vorgaben einen Mehraufwand für die Befragten darstellen. Obwohl nicht gefragt wurde, für wie wichtig die Befragten Datenschutz im Allgemeinen halten, lässt sich daraus eine mehrheitlich kritische Haltung gegenüber datenschutzrechtlicher Regulierung, beziehungsweise dem durch sie verursachten Mehraufwand erkennen.

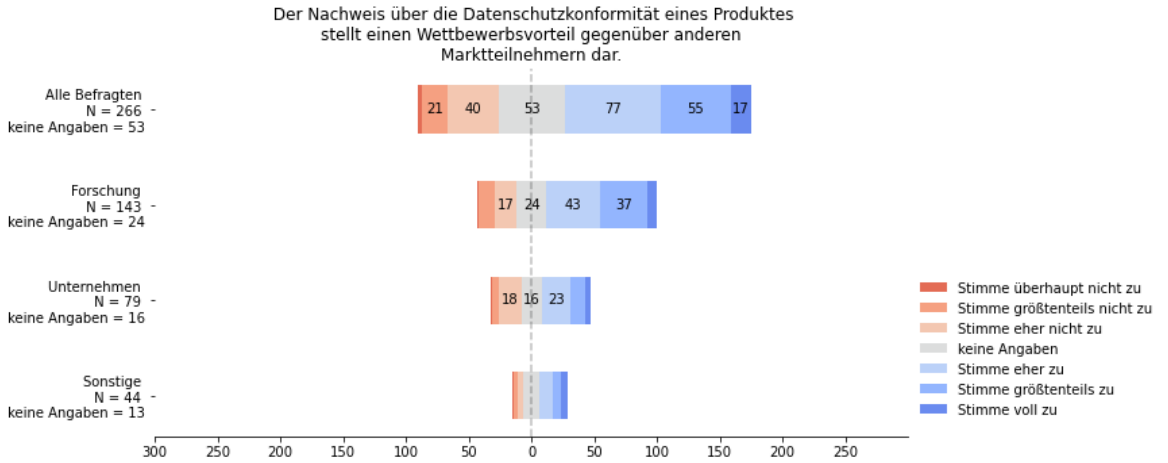

Abbildung 3.29: Zustimmung der Befragten zur These: Der Nachweis über die Datenschutzkonformität eines Produktes stellt einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Marktteilnehmern dar.

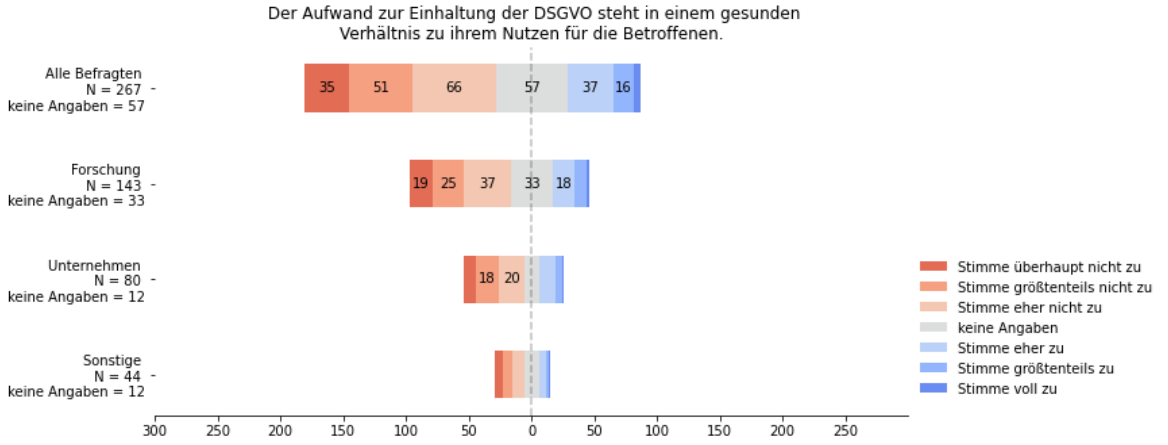

Abbildung 3.30: Zustimmung der Befragten zur These: Der Aufwand zur Einhaltung der DSGVO steht in einem gesunden Verhältnis zu ihrem Nutzen für die Betroffenen.

3.8 Zukünftige Themen

Im Abschnitt 3.8 werden diejenigen Fragestellungen aufgeführt, welche aktuelle und zukünftige Forschungsthemen beinhalten. Die Fragen sind an Antworten aus Interviews mit Projekten angelehnt, in denen die Interviewten gefragt wurden: "Welche Zukunftsthemen sehen Sie?"

Mit einer steigenden Komplexität des Energiesystems aufgrund dezentraler und stärker schwankender Erzeugung benötigt es Ansätze, diese Systeme zu steuern. Eine Möglichkeit hierfür stellen die Methoden des maschinellen Lernens dar [13]. Über die Hälfte der befragten Expert*innen sehen die Methoden des maschinellen Lernens zukünftig als das wichtigste Steuerelement im Betrieb. Die Antworten sind in Abbildung 3.31 dargestellt. Solche Methoden können neben der Steuerung auch zur Fehlererkennung, der Prognose oder vielen weiteren Anwendungsfällen genutzt werden. Die Grundvoraussetzung hierfür sind jedoch große Datenmengen, welche für Training und Validierung zur Verfügung stehen müssen.

Die Antworten zeigen, dass Methoden des maschinellen Lernens zukünftig ein wichtiges Element darstellen können, um die zunehmende Komplexität im Energiesystem beherrschbar zu halten. Ein weiteres wichtiges Element, vor allem in der Planung, wird die Simulation sein, wie Abbildung 3.27 zeigt. Die Kombination dieser Mechanismen, durch beispielsweise Leitfäden zur Auswahl der Modellkomplexität, ist zu empfehlen.

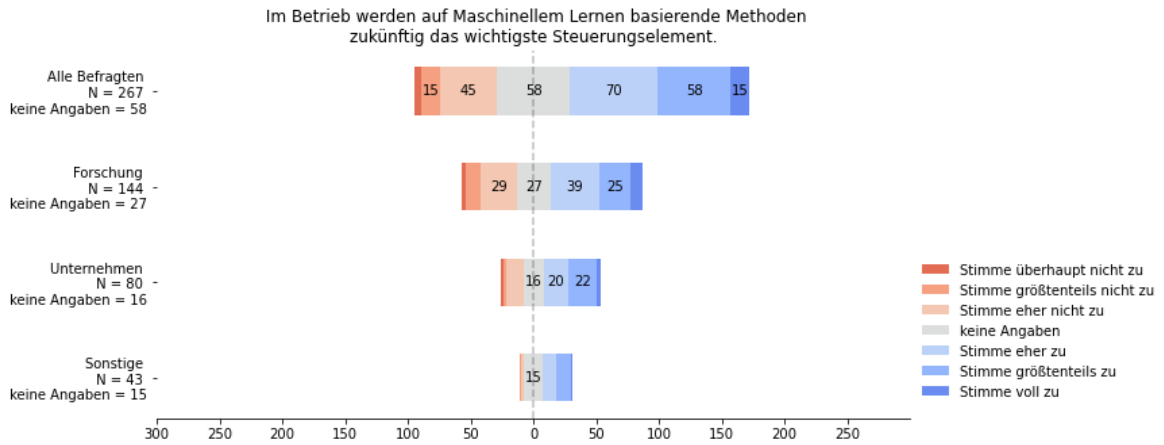

Abbildung 3.31: Zustimmung zur These: Im Betrieb werden auf Maschinellem Lernen basierende Methoden zukünftig das wichtigste Steuerungselement.

Die These "Zukünftig wird es relevanter werden, umfängliche digitale Schatten von Gebäuden und Anlagen zu haben, welche miteinander gekoppelt sind." hat 216 gültige Antworten erhalten. Die Antworten sind dargestellt in Abbildung 3.32.

Die Befragten stimmen der Notwendigkeit digitaler Schatten zu. Dies steht im Einklang mit anderen Ergebnissen der Umfrage, bspw. Abbildung 3.21. Das Vorhandensein von aktuellen, verifizierten und nutzbaren Daten (aus technologischer und regulatorischer Perspektive) ist

ein entscheidendes Kriterium zur Planung, der Steuerung und dem Monitoring der Energiewende.

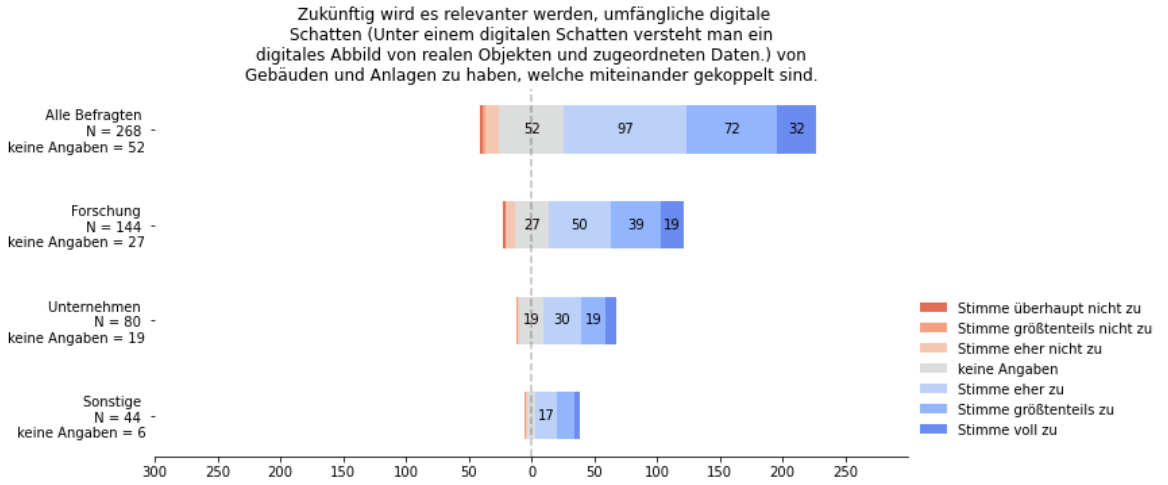

Abbildung 3.32: Zustimmung der Befragten zur These: Zukünftig wird es relevanter werden, umfängliche digitale Schatten (Unter einem digitalen Schatten versteht man ein digitales Abbild von realen Objekten und zugeordneten Daten) von Gebäuden und Anlagen zu haben, welche miteinander gekoppelt sind.

Es wurden insgesamt 267 Antworten auf die Aussage ”Unterschiedliche Lebenszyklen zwischen Gebäuden, TGA, IKT und Software stellen zukünftig eine Herausforderung dar.” erhoben. Die Ergebnisse, dargestellt in Abbildung 3.33, legen nahe, dass unterschiedliche Lebenszyklen zwischen Gebäuden, TGA, IKT und Software zukünftig als Herausforderung gesehen werden. So stehen Gebäude teilweise für Jahrhunderte, Anlagentechnik für Jahrzehnte, während Softwareupdates in der Regel nur für mehrere Jahre verfügbar sind. Aus diesen Lebenszyklen können sich untere anderem Herausforderungen in der Regelung von Gebäuden ergeben, wenn sich beispielsweise die Bezeichnung von Datenpunkten ändert. Werden systematische Effekte betrachtet, wie beispielsweise das Ausbautempo von Technologien in heterogenen Quartieren, so ist Interoperabilität zu beachten. Hierfür sind Konzepte zu entwickeln beziehungsweise weiterzuentwickeln.

Die Antworten zur These ”Der Aufbau zentraler Cloud Infrastrukturen für die Forschung sollte gefördert werden.” sind dargestellt in Abbildung 3.34. Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass eine große Mehrheit der Befragten der Meinung ist, dass der Aufbau zentraler Cloud Infrastrukturen für die Forschung gefördert werden sollte.

Der Aufbau solcher zentralen Infrastrukturen könnte einerseits die Forschungsprojekte im Aufbau von Einzellösungen entlasten, anderseits als Leuchtturmprojekt für gemeinsame Modelle (bspw. gelabelte Zeitreihendaten, Zentralisierung von Methodiken, etc.) dienen. Hier-

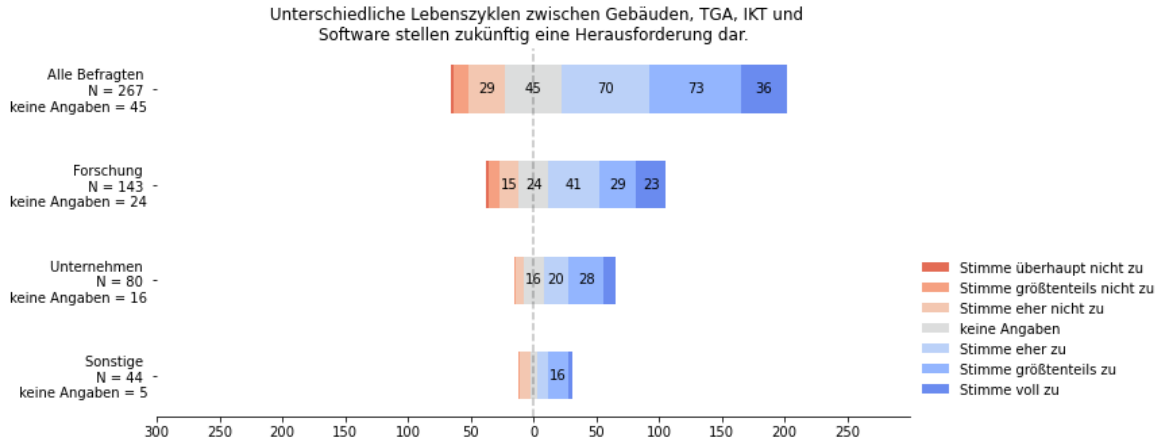

Abbildung 3.33: Zustimmung der Befragten zur These: Unterschiedliche Lebenszyklen zwischen Gebäuden, TGA, IKT und Software stellen zukünftig eine Herausforderung dar.

durch könnten Effizienzgewinne realisiert werden. Ob es sich bei solchen Infrastrukturen um gemeinsame Leitlinien, Softwarestacks oder physische Rechenzentren handeln kann, bleibt zu klären.

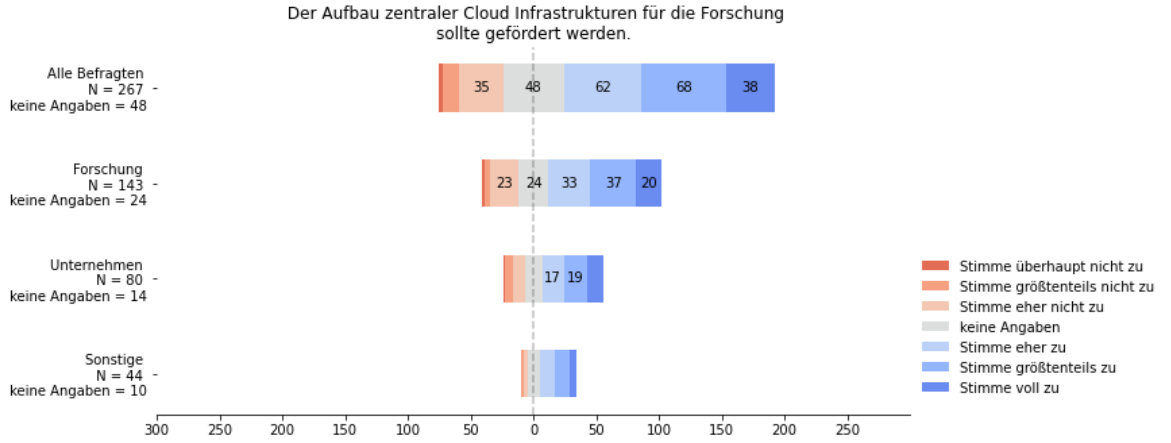

Abbildung 3.34: Zustimmung der Befragten zur These: Der Aufbau zentraler Cloud Infrastrukturen für die Forschung sollte gefördert werden.

Offene Standardtools können als Grundlage gemeinsamer Methoden und Modelle dienen. Dementsprechend findet die These "Es benötigt die Förderung von offenen Standardtools wie in den USA (bspw. EnergyPlus) und entsprechender Bibliotheken." große Zustimmung. Die Ergebnisse sind dargestellt in Abbildung 3.35. Die Ergebnisse legen nahe, dass eine große Mehrheit der Befragten der Meinung ist, dass es eine entsprechende Förderung geben sollte. Dabei sind Aufgaben zu identifizieren, welche durch viele (Forschungs-)projekte durchgeführt werden. Hier zählen unter anderem Monitoring, Parametrisierung von Modellen, dynamische

Simulationen oder die vorab erwähnten Interfaces (beispielsweise Dashboards, Weboberflächen) zu.

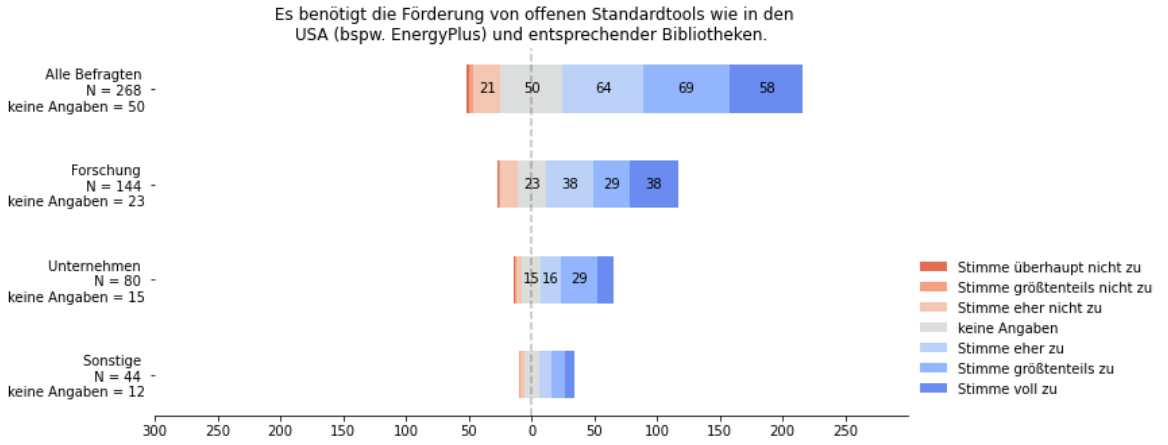

Abbildung 3.35: Zustimmung der Befragten zur These: Es benötigt die Förderung von offenen Standardtools wie in den USA (bspw. EnergyPlus) und entsprechender Bibliotheken.

Es wurden insgesamt 181 Einschätzungen auf die Aussage ”Um das Verständnis von Modellen, Methoden und Datensätzen zu erhöhen, benötigt es modularere Aufteilungen.” erhoben. Die Antworten sind dargestellt in Abbildung 3.36. Die Ergebnisse legen nahe, dass eine erhöhte Modularität ein wichtiger Baustein sein kann, um das Verständnis zu erhöhen. Auffällig ist aber die hohe Anzahl an Antworten mit der Option ”keine Angaben”, die 87 Befragte wählten. Eventuell war nicht allen Befragten klar, was mit dem Begriff ”modulare Aufteilung” gemeint ist.

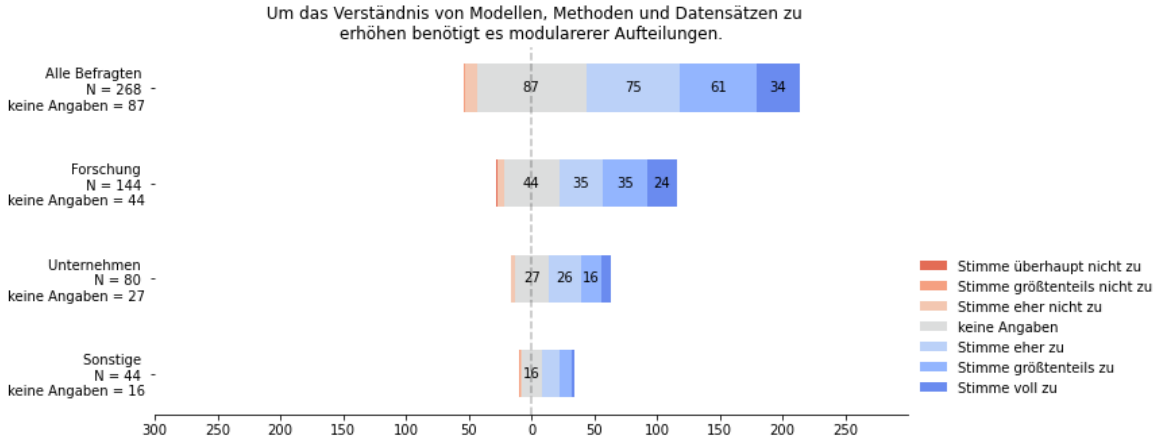

Abbildung 3.36: Zustimmung der Befragten zur These: Um das Verständnis von Modellen, Methoden und Datensätzen zu erhöhen, benötigt es modularer Aufteilungen.

4 Analyse der Befragung

An der Befragung haben 270 Personen teilgenommen, welche in der Regel eine mehrjährige Berufserfahrung haben. Diese arbeiten überwiegend in Forschung und Unternehmen und kommen größtenteils aus den Themenbereichen der Energietechnik, wie der Anlagentechnik oder den Wärmenetzen. Eine Übersicht zeigt Abbildung 2.1 in der Einleitung. Vor diesem Hintergrund findet die Analyse statt.

Die größte Herausforderung der (simultanen) Transformationsprozesse Digitalisierung und Energie-/Wärmewende, liegt darin, dass es sich in beiden Fällen um hochkomplexe Systeme mit Abhängigkeiten und Auswirkungen auf unterschiedlichsten Ebenen handelt. Neben sozialen Aspekten, sind unter anderem ökologische Belange für Betrieb und Herstellung, sowie technische und ökonomische Anforderungen bei der Gestaltung von Energiesystemen zur berücksichtigen. Es scheint somit schwer oder unmöglich diese Herausforderungen als reine technische Fragestellungen zu betrachten oder bei der Umsetzung der Transformationsprozesse reale technische Gegebenheiten zu ignorieren. Die Frage Abbildung 3.7 (" Die Technologie für die Digitalisierung der Energiewende existiert, es bestehen aber Hemmnisse in anderen Bereichen.") scheint ein Indiz dafür zu sein, dass die Technik grundlegend vorhanden ist. Woran es aus Sicht der Befragten fehlt, sind Regulatorik (oder zumindest deren Verständlichkeit), die Zugänglichkeit von Lösungen (durch offene Software und Daten), die mangelnde Automatisierung und die Integration der einzelnen Bausteine in ein Gesamtsystem. Mögliche Lösungen, die auch in anderen Studien aufgezeigt werden, sind unter anderem Standards, die Entwicklung von Leitfäden oder Richtlinien.

Die Befragten gehen davon aus, dass die Mehrwerte der Digitalisierung der Bevölkerung bislang unklar sind, wie Abbildung 3.8 zeigt. Ob dies wirklich der Fall ist, ist nicht Teil dieser Ausarbeitung. Eine Studie aus dem Jahr 2020 zeigt aber beispielhaft, dass ein Großteil der Befragten den Begriff Smart Meter nicht kennt [14].

Laut den Befragten gibt es zudem auch unrealisierte Potenziale in der Einbindung von Nutzenden in die Entwicklung. Auch fordern die Befragten, zukünftig nicht nur technologische und ökonomische Faktoren in Forschungsprojekten zu berücksichtigen. Hier ist die Forschung gefragt, Leitfäden und Modelle zu entwickeln, um für die Nutzendenintegration zu sensibilisieren und die Relevanz zu verdeutlichen. Weiterhin ist es aber für alle Beteiligten wichtig, die Mehrwerte der Digitalisierung besser aufzuschlüsseln und zu erklären. Ein Ansatz hierfür könnte eine transparente gesellschaftliche Debatte über Notwendigkeiten, Vor- und Nachteile der Digitalisierung in der Energietechnik sein.

In der untersuchten Forschung werden in der Regel bislang positive Umweltwirkungen adressiert (zum Beispiel Energieverbrauchssenkung). Negative Wirkungen sind durchaus als Thema bekannt, es fehlt jedoch an Wissen/Information zur Bewertung. Die Befragten wünschen sich klare Mechanismen zur vollständigen ökologischen Bewertung von digitalen Anwendungen. Diese können als Basis für die Bewertung von Vor- oder Nachteilen dienen. Eine Herausforderung liegt zudem in der Erstellung von geeigneten Benchmarks und Vergleichen. Hier sollte sich die Forschung gemeinsam organisieren und Mehrwerte, bzw. Aufwände von einzelnen digitalen Anwendungen, insbesondere Rechnungsstrategien herausstellen. Es wäre denkbar, positive Wirkungen verschiedener Umsetzungen digitaler Anwendungen aus den Projekten aufzuarbeiten (beispielsweise unterschiedliche Regelungsstrategien zur Betriebsoptimierung) und zu veröffentlichen. Die Herausforderung liegt hier in der Vergleichbarkeit über Forschungsprojekte hinweg, welche häufig sehr individuell sind.

Mit dem Verhältnis von Aufwand zu Nutzen beschäftigt sich auch das Forschungsfeld der Suffizienz. Datensuffizienz wird im Rahmen der Forschung untergeordnet beachtet, außer es entsteht eine konkrete Handlungsnotwendigkeit. Die Befragten wünschen sich aber Leitfäden mit Vorgaben zu Frequenzen der Datenerhebung und -speicherung. Solche Leitfäden können ebenfalls zur Einhaltung der DSGVO genutzt werden. Die Einhaltung datenschutzrechtlicher Vorgaben bewerteten die Befragten als zu aufwändig, erkannten gleichzeitig aber an, dass ein eindeutig datenschutzkonformes System auch mit Wettbewerbsvorteilen einhergehen kann. Um einen solchen Wettbewerbsvorteil nutzen zu können, bedarf es allerdings eines guten Verständnisses des Datenschutzrechts und der darin getroffenen Wertungen. An einem solchen Verständnis scheint es auf Anwenderseite hingegen zu fehlen, da laut der Mehrheit der Befragten Sinn und Zweck datenschutzrechtlicher Vorgaben nicht in vollem Umfang erkennbar oder bewusst sind (siehe Abbildung 3.30). Die Spezifizierung und damit einhergehende Vereinfachung gesetzlicher Pflichten könnte ein besseres Verständnis unter den Norm-Adressaten befördern und damit ebenfalls die Nutzung von Wettbewerbsvorteilen.

Im Allgemeinen schreiben die Befragten der Regulierung eine verhindernde Wirkung zu, beispielsweise bei der Umsetzung von Geschäftsmodellen (siehe Abbildung 3.19) oder für die Umsetzung der Energiewende (siehe Abbildung 3.6). Eine möglich Ursachen hierfür kann der Hintergrund der Beteiligten sein, welcher größtenteils in technischen Feldern liegt. Unabhängig hiervon benötigt es Mechanismen, um Regulatorik und insbesondere den Datenschutz besser zu erklären und den zur Einhaltung gesetzlicher Pflichten benötigten Aufwand (Compliance) zu verringern. Dazu könnten beispielsweise Zertifizierungsprogramme dienen, in denen rechtliche Vorgaben bereits so weitgehend spezifiziert sind, dass diese bereits bei der Konzeption, Entwicklung und Ausgestaltung von Systemen berücksichtigt werden können.

Im Bereich Methoden und Modelle sehen die Befragten zunächst die Verfügbarkeit von Daten als entscheidendes Kriterium. Diese können aus Sicht der Experten unter anderem Sanierun-

gen beschleunigen, wie beispielsweise Abbildung 3.21 zeigt. Denn die zeitintensive Datenerfassung und -aufbereitung ist eine Herausforderung für Forschende, Planende in der Beratung, Betreibende in der Optimierung und Kommunen in der Umsetzung der Wärmeplanung. Deshalb ist es wichtig, einfache Modelle zu haben, welche vorparmeterisiert sind und mit der Zeit ergänzt werden. Solche Ansätze können zu höher Automatisierung führen und somit die Planenden entlasten. Auch ein gestützter Prozess kann laut den Experten dem Fachkräftemangel entgegenwirken (siehe Abbildung 3.22). Damit dies wirklich gelingt, sind vorhandene Kapazitäten und Ressourcen effizient zu nutzen.

Aus Sicht einer effizienten Nutzung von Datensätzen sollten statische und unkritische Datensätze von öffentlichem Interesse auch verfügbar gemacht werden. Als statische Datensätze bezeichnen wir diejenigen Datensätze, welche über einen langen Zeitraum konstant bleiben (bspw. das Baujahr). Erfolgt der Zugriff zudem in einer standardisierten Form, so können auch Forschungsergebnisse einfacher transferiert werden. Hierdurch können einerseits Forschungsprojekte effizienter gestaltet werden, anderseits gelingt auch ein Transfer der digitalen Anwendungen einfacher.

Neben einer besseren Übertragbarkeit aufgrund vereinheitlichter Zugriffe auf Daten können offene Standardwerkzeuge ein Ansatz sein. Der Fördermittelgeber sollte hier prüfen, wie und in welcher Form die Nutzung und Weiterentwicklung von solchen Werkzeugen sinnvoll ist. Insbesondere Aufgaben wie das Monitoring, sowie die Simulation von Gebäude und Anlagentechnik sind zentrale Werkzeuge für eine digitale Energiewende. Die Simulation sehen die Befragten als wichtiges Werkzeug für die Zukunft, um den Bedarf von Wärme und Strom entsprechend einer fluktuierenden Erzeugung handhabbar machen zu können. Die Befragten sind sich aber auch sicher, dass die Technik hierfür existiert. Die große Herausforderung liegt in der effizienten Nutzbarmachung von Modellen und Methodiken. Hierfür können einerseits Modelle gekoppelt werden, durch Technologien der Co-Simulation. Anderseits können solche Entwicklungen auch gemeinsam in Form von Co-Entwicklungen durchgeführt werden. Insbesondere die gemeinsame Entwicklung ist aus Sicht der Autor*Innen zu fördern. Hierdurch wird Code häufiger verwendet, es findet Wartung und Refactoring statt und Open Source kann konkurrenzfähig werden zu kommerziellen Anwendungen. Durch die mehrfache Nutzung kann zudem die Nutzung und Verbreitung von Open Source, Open Code oder Open Data gefördert werden. Die setzt voraus, dass solche Mechanismen im Rahmen organisationsübergreifenden Zusammenarbeit erprobt und gefördert werden.

Verfügbarkeit von Daten und die passende Regulatorik sind aus Sicht der Befragten weitere wichtige Bausteine zur Umsetzung der Energiewende. Die entwickelten Ansätze müssen auf die systematische Integration einzelner Bausteine abzielen. So sehen die Befragten beispielsweise die Integration verschiedener Lebenszyklen zwischen TGA, IKT und Gebäuden

als Herausforderungen. Mögliche Lösungsansätze können digitale umfängliche Schatten sein, sowie die modulare Aufteilung von Modellen und Datensätzen, wie Abbildung 3.36 zeigt.

Zusammenfassend lassen sich vier Handlungsempfehlungen ableiten:

Wissentransfer ermöglichen und fördern

Durch zugängliche Aufbereitung von Informationen müssen Politik und Forschung ihre Entscheidungen und Ergebnisse besser erklären. Offene und kooperative Entwicklungen von digitalen Anwendungen können zudem die Zugänglichkeit fördern. Insbesondere Forschungsprojekte sollten prüfen, ob ihre Arbeiten auf bereits bestehenden (offener) Software aufgebaut werden können, um Ergebnisse und Code kontinuierlich zu überprüfen und weiterzuentwickeln.

Mehrwerte und Aufwände der Digitalisierung herausstellen

Die Aufwände der Digitalisierung müssen in einem Zusammenhang zu deren Mehrwerten gestellt werden. Dabei müssen unterschiedliche Anforderungen wie beispielsweise ein systemdienlicher Betrieb, die Ökologie von und die Schaffung von Geschäftsmodellen gleichermaßen berücksichtigt werden. Die dadurch geschaffenen Anforderungen und Mehrwerte müssen benannt werden und an Bevölkerung, Unternehmen, Politik und Forschung kommuniziert werden. Das Ziel der Digitalisierung der Energiewende muss es sein, eine kostengünstige, ökologische und sichere Energieversorgung zu gewährleisten. Die Einflussfaktoren dieses Spannungsdreieck sollten transparent gemacht werden.

Effizienten Umgang mit Daten und Methoden fördern

Daten und standardisierte Methoden sollten, wo möglich, nur einmal erfasst oder entwickelt werden. Hierfür benötigt es offene Ansätze und standardisierte Zugriffsmöglichkeiten. Die Aufbereitung und Pflege von Daten und der Software ist aufwendig. Hier muss eine kontinuierliche Förderung sichergestellt werden.

Mehr Automatisierung für effizientere Systeme

Durch eine erhöhte Automatisierung könne Planung und Betrieb von Energiesystemen gefördert werden. Hierfür können regelbasierte Handlungsempfehlungen oder Algorithmen zur Steuerung verwendet werden.

Literaturverzeichnis

[1] Felix Rehmann, Falk Cudok, and Rita Streblow. Methods for comparing digital applications in buildings and districts. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2(4):045010, December 2022.

[2] Bundesbericht Energieforschung 2022 - Forschungsförderung für die Energiewende. Technical report, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), April 2022.

[3] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, August 2018.

[4] Falk Cudok, Felix Rehmann, Christoph Van Treeck, and Rita Streblow. Energieeffizienz durch digitales Bauen mit BIM. Technical report, Technische Universität Berlin, October 2021.

[5] Falk Cudok, Felix Rehmann, and Rita Streblow. BIM im Gebäudebestand – Herausforderungen in der Sanierung. Technical report, February 2023.

[6] Steffen Lange, Tilman Santarius, and Angelika Zahrnt. Bits & Bäume: Von der Effizienz zur digitalen Suffizienz. https://netzpolitik.org/2019/bits-baeume-von-der-effizienz-zur-digitalen-suffizienz/, September 2019.

[7] Johann W. Schregenberger and Benedikt Kargl. Expertensysteme - und ihre mögliche Anwendung im Bauwesen. May 1988. Medium: text/html,application/pdf,text/html Publisher: Verlags-AG der akademischen, technischen Vereine.

[8] Expertensysteme. https://www.digitalzentrumbau.de/kos/WNetz?art=Topic.show&id=173.

[9] Bundesanstalt für Immobilienaufgaben and Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Leitfaden Gebäudeautomation v.2.0, 2019.

[10] Birgit Müller, Olaf Zeidler, Maxim Geier, and André Badura. Leitfaden zur Gebäudeautomation in öffentlichen Gebäuden zur energetischen Optimierung und Effizienzsteigerung gebäudetechnischer Anlagen. Technical report, March 2018.

[11] Tobias Loga, Britta Stein, and Nikolaus Diefenbach. TABULA building typologies in 20 European countries—Making energy-related features of residential building stocks comparable. *Energy and Buildings*, 132:4–12, November 2016.

[12] Max Peters, Thomas Steidle, and Helmut Böhnisch. Leitfaden Kommunale Wärmeplanung, 2020.

[13] Phillip Stoffel, Laura Maier, Alexander Kümpel, Thomas Schreiber, and Dirk Müller. Evaluation of advanced control strategies for building energy systems. *Energy and Buildings*, 280:112709, February 2023.

[14] Christian Schneider. Den Rollout im Blick – die Kenntnis der Bevölkerung von Smart Metern/ intelligenten Messsystemen, June 2020.

Anhang

A Danksagung

Die Fördervorhaben mit den Förderkennzeichen 03EWB004A-C werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung. Weiterhin bedanken wir uns bei den Befragten für die Teilnahme an der Umfrage.

B Daten

Tabelle B.1: Übersicht über alle Thesen und die gegebenen Antworten.

These	Stimme voll zu	Stimme größtenteils zu	Stimmer eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme größtenteils nicht zu	Stimme überhaupt nicht zu	keine Angaben	nicht beantwortet
Die Digitalisierung bietet die größten (Energie-)Einsparpotenziale im Bereich Gebäude/Quartiere.	16	58	67	65	36	11	14	3
Die Aufteilung von Projekten in Förderphasen (Forschungs-/Entwicklungs- und Monitoringprojekt) erschwert die Bewertung digitaler Anwendungen hinsichtlich der Umweltwirkungen, des Einflusses der Nutzenden und der Datensuffizienz.	14	31	50	55	27	5	84	4
Durch die Erprobung der technischen Lösung im Rahmen von Forschungsprojekten sollen soziale und ökologische Aspekte neben der ökonomischen und technischen Betrachtung mehr Berücksichtigung finden.	51	76	85	32	7	3	12	4
Aspekte der Informationssicherheit werden in der Energietechnik ausreichend mitgedacht.	8	31	53	59	49	8	59	3
Die Geschäftsmodelle für die Digitalisierung der Energiewende existieren, es bestehen aber Hemnisse in anderen Bereichen.	13	48	63	42	15	4	80	5
Die Regulatorik für die Digitalisierung der Energiewende existiert, es bestehen aber Hemnisse in anderen Bereichen.	7	13	48	58	45	9	87	3
Die Technologie für die Digitalisierung der Energiewende existiert, es bestehen aber Hemnisse in anderen Bereichen.	38	67	77	28	10	0	47	3
Der Mehrwert von Digitalisierung für die Energiewende im Gebäude- und Quartiersbereich ist in der breiten Bevölkerung noch nicht nachvollziehbar.	70	95	58	14	5	1	23	4

Tabelle B.1 fortgeführt von vorheriger Seite

These	Stimme voll zu	Stimme größtenteils zu	Stimmer eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme größtenteils nicht zu	Stimme überhaupt nicht zu	keine Angaben	nicht beantwortet
Für den Einsatz der Digitalisierung muss in den Unternehmen ein stärkeres Umdenken in den Planungsprozessen stattfinden.	51	95	66	12	1	1	39	5
Eine umfassende ökologische Bewertung digitaler Anwendungen mit positiven und negativen Umweltwirkungen ist anzustreben, um den Einfluss auf übergeordnete Ziele (z.B. Klimaschutzziele) zu evaluieren.	47	97	77	14	6	1	24	4
Es gibt zu wenig Erfahrungen/Informationen darüber, welche Umweltlasten durch digitale Anwendungen entstehen.	28	80	81	26	14	5	32	4
Die tatsächlich erzielten (Energie-)Einsparungen, die mittels digitaler Anwendungen erreicht werden, sind oft geringer als vorhergesagt.	25	48	49	39	18	6	81	4
Es ist hilfreich, Vorgaben zu Datenerhebung (z.B. Formate, Abfragefrequenzen, Speicherintervalle etc.) zu haben (wie z.B. im Monitoringleitfaden).	53	90	71	18	10	4	21	3
Forschungsprojekte sollten immer so viele Daten wie möglich erheben und speichern.	34	48	65	53	43	10	15	2
Die Einsparungen, die durch einen sparsamen Umgang mit Daten erreicht werden können, sind gering.	17	41	52	58	30	4	66	2
Die frühzeitige Einbindung von Nutzenden in die Entwicklung und/oder Implementierung digitaler Anwendungen bietet weitere Einsparpotenziale, die derzeit noch wenig ausgeschöpft werden.	49	87	82	13	4	1	32	2
Es gibt zu wenig Erkenntnisse darüber, was eine gute und gelungene Nutzendeneinbindung bei der Entwicklung/Nutzung einer digitalen Anwendung ausmacht und welche Vorteile sie mit sich bringen kann.	32	63	87	25	9	2	49	3
In F&E-Projekten werden digitale Anwendungen vor allem für technische Innovationen genutzt. Neue Geschäftsmodelle stehen eher im Hintergrund.	16	55	85	48	7	2	55	2
Hürden für die Umsetzung von neuen Geschäftsmodellen sind vor allem im regulatorischen Kontext zu finden, der digitale Modelle noch zu wenig berücksichtigt.	32	58	74	20	4	0	80	2
Das Vorhandensein von digitalen Modellen bzw. Daten| (Erläuterung von einfachen Datensätzen mit Wohnfläche, prinzipieller Wandaufbau, Geometriedaten (2D) bis zum vorllparmetrisierte BIM-Modell.) von Gebäuden wird die Sanierung beschleunigen.	36	83	80	24	17	5	22	3

Tabelle B.1 fortgeführt von vorheriger Seite

These	Stimme voll zu	Stimme größtenteils zu	Stimmer eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme größtenteils nicht zu	Stimme überhaupt nicht zu	keine Angaben	nicht beantwortet
Jedes Gebäude sollte über eine digitale Gebäudeakte (Erläuterung Beginn mit einfachen Datensätzen wie Wohnfläche, prinzipieller Wandaufbau, Geometriedaten (2D).), welche kontinuierlich erweitert wird, verfügen.	59	68	91	20	9	4	15	4
Ein geführter und unterstützter Planungsprozess (bspw. durch ein Expertensystem) kann dem Fachkräftemangel entgegenwirken.	25	60	54	50	25	7	46	3
Es fehlen Zeitreihendaten, um Gebäude effizienter zu betreiben.	37	59	61	32	9	5	64	3
Es fehlen allgemeine vorparmetrisierte Datensätze von Gebäuden um diese effizienter zu planen und zu betreiben.	31	58	72	25	6	2	73	3
Standardisierte Zugriffe auf öffentliche Daten würden die Transferierbarkeit von Forschungsergebnissen erhöhen.	67	74	75	13	2	0	36	3
Zur Auslegung von Energieversorgungskonzepten sind Simulationen unverzichtbar, da der dynamische Betrieb und der Ressourcenverbrauch berücksichtigt werden muss.	102	86	48	8	5	1	19	1
Für eine öffentliche Wärmeplanung werden offene Daten zu verbauter Anlagentechnik und Sanierungsständen benötigt.	79	84	56	8	3	0	35	5
Im Betrieb werden auf Maschinellem Lernen basierende Methoden zukünftig das wichtigste Steuerungselement.	15	58	70	45	15	6	58	3
Zukünftig wird es relevanter werden, umfängliche (Unter einem digitalen Schatten versteht man ein digitales Abbild von realen Objekten und zugeordneten Daten.) von Gebäuden und Anlagen zu haben, welche miteinander gekoppelt sind.	32	72	97	11	2	2	52	2
Unterschiedliche Lebenszyklen zwischen Gebäuden, TGA, IKT und Software stellen zukünftig eine Herausforderung dar.	36	73	70	29	12	2	45	3
Der Aufbau zentraler Cloud Infrastrukturen für die Forschung sollte gefördert werden.	38	68	62	35	13	3	48	3
Es benötigt die Förderung von offenen Standardtools wie in den USA (bspw. EnergyPlus) und entsprechender Bibliotheken.	58	69	64	21	4	2	50	2

Tabelle B.1 fortgeführt von vorheriger Seite

These	Stimme voll zu	Stimme größtenteils zu	Stimmer eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme größtenteils nicht zu	Stimme überhaupt nicht zu	keine Angaben	nicht beantwortet
Um das Verständnis von Modellen, Methoden und Datensätzen zu erhöhen benötigt es modularerer Aufteilungen.	34	61	75	9	1	1	87	2
Sinn und Zweck datenschutzrechtlicher Vorgaben sind denjenigen, die sie beachten müssen, nicht in vollem Umfang erkennbar oder bewusst.	31	62	91	33	13	2	35	3
Der Nachweis über die Datenschutzkonformität eines Produktes stellt einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Marktteilnehmern dar.	17	55	77	40	21	3	53	4
Der Aufwand zur Einhaltung der DSGVO steht in einem gesunden Verhältnis zu ihrem Nutzen für die Betroffenen.	5	16	37	66	51	35	57	3