

Patricia Horst

**Energieeinsparung und
CO₂-Emissionsminderung durch
Sanierungsmaßnahmen von
kommunalen Sporthallen**

**Hemmnisse, Potenziale und
Handlungsempfehlungen**

Patricia Horst

**Energieeinsparung und
CO₂-Emissionsminderung durch
Sanierungsmaßnahmen von
kommunalen Sporthallen**

**Hemmnisse, Potenziale und
Handlungsempfehlungen**

Patricia Horst

**Energieeinsparung und
CO₂-Emissionsminderung durch
Sanierungsmaßnahmen von
kommunalen Sporthallen**

**Hemmnisse, Potenziale und
Handlungsempfehlungen**

Die Arbeit wurde von der Fakultät II: Bildung • Architektur • Künste der Universität Siegen zum Erlangen des Doktorgrades (Dr.-Ing) als Dissertation angenommen.

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lamia Messari-Becker

2. Gutachter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Ulrich Exner

Datum der mündlichen Prüfung: 13.12.2023

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Impressum

Druck und Bindung:

UniPrint, Universität Siegen

Gedruckt auf alterungsbeständigem holz- und säurefreiem Papier

Siegen 2024: *universi* – Universitätsverlag Siegen
www.uni-siegen.de/universi

ISBN 978-3-96182-173-0

doi.org/10.25819/ubsi/10523

Die Publikation erscheint unter der
Creative Commons Lizenz CC-BY-SA



Vorwort & Danksagung

„In jede hohe Freude mischt sich eine Empfindung der Dankbarkeit“

Marie von Ebner-Eschenbach

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Lehr- und Forschungsgebiet Gebäudetechnologie und Bauphysik im Department Architektur an der Universität Siegen.

Mein hauptsächlicher Dank gilt meiner Betreuerin Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lamia Messari-Becker, die durch ihre kritischen, aber stets hilfreichen Anregungen eine große Stütze während des Betreuungszeitraums für mich war. Ebenso möchte ich mich für die Möglichkeit bedanken diese wissenschaftliche Arbeit bearbeiten zu können. Architekt Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Ulrich Exner danke ich für seine Bereitschaft, als Zweitbetreuer zur Verfügung zu stehen.

Ich bedanke mich für die konstruktive Zusammenarbeit bei den Verantwortlichen der Kooperationskommune, die mir den Zugang zu Bestandsdaten von Sporthallen, sowie die Möglichkeit einer praxisnahen Forschung ermöglicht hat.

Darüber hinaus richte ich meinen Dank an alle Experten*innen, die sich stets Zeit für meine Fragen genommen haben und mit ihrem Wissen maßgeblich zum Gelingen der Arbeit beitrugen.

Ebenso möchte ich den Teilnehmenden, sowie dem hessischen Städtetag und dem hessischen Landkreistag für die Unterstützung und Mitwirkung bei der durchgeführten Online-Umfrage danken.

Dem Stadtarchiv Pohlheim danke ich für deren Bemühungen und die Möglichkeit zur Einsicht in Bestandsunterlagen.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. Petra Lohmann, Dr.-Ing. Katja Marx und Heike Müller aus dem Department Architektur der Universität Siegen bedanken, die mich auf meinem Weg stets mit Rat und Zuspruch unterstützt haben.

Abschließend gebührt der wohl größte Dank meiner Familie und meinen Freunden, die mir während der Anfertigung dieser Dissertation durch ihren positiven Zuspruch und die entgegengebrachte Geduld eine große Stütze waren. Besonders hervorheben möchte ich hierbei meine Eltern Heike und Uwe, meine Schwester Constanze sowie Robin und Jessica.

Inhaltsverzeichnis

1.	EINLEITUNG	9
1.1	AUSGANGSSITUATION	10
1.2	STAND DER FORSCHUNG	12
1.3	ZIEL, AUFBAU UND METHODIK DER ARBEIT	20
2.	BESTANDSITUATION VON KOMMUNALEN SPORTHALLEN	24
2.1	ENERGIEEINSPAR- UND KLIMASCHUTZZIELE UND DIE BEDEUTUNG KOMMUNALER SPORTHALLENSANIERUNGEN	25
2.2	ENTWICKLUNG	30
2.3	QUANTITATIVE BESTANDSSITUATION	34
2.4	QUALITATIVE BESTANDSSITUATION	37
2.5	BETREIBER: KOMMUNEN	42
2.6	ZWISCHENFAZIT	46
3.	ANALYSE VON SANIERUNGHEMMNISSEN BEI KOMMUNALEN SPORTHALLEN	48
3.1	UMFRAGE	49
3.1.1	UNTERSUCHUNGSGANG	49
3.1.2	ERGEBNISSE	51
3.2	EXPERTENINTERVIEWS	58
3.2.1	UNTERSUCHUNGSGANG	58
3.2.2	ERGEBNISSE	60
3.3	ZWISCHENFAZIT UND ERGEBNISDISKUSSION	66
4.	ANALYSE VON SANIERUNGSPOTENZIALEN BEI KOMMUNALEN SPORTHALLEN	71
4.1	GRUNDLAGEN	72
4.1.1	ENERGETISCHE GEBÄUDEBILANZIERUNG	72
4.1.2	WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG	73
4.2	PRAXISHALLEN UND SANIERUNGSVARIANTEN	76
4.2.1	AUSWAHL	76
4.2.2	PRAXISHALLEN	78
4.2.3	SANIERUNGSVARIANTEN	82
4.3	ERGEBNISSE	88

4.3.1 HALLE 1	88
4.3.2 HALLE 2	94
4.3.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG	99
4.4 SENSITIVITÄTSANALYSE	104
4.4.1 BAULICHE PARAMETER.....	104
4.4.2 BETRIEBLICHE UND VERSORGUNGSTECHNISCHE PARAMETER	105
4.4.3 PARAMETER FÜR DIE WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG.....	110
4.5 ZWISCHENFAZIT UND ERGEBNISDISKUSSION.....	113
5. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	118
5.1 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	119
5.1.1 STÄRKUNG DER NUTZERVERANTWORTUNG	121
5.1.2 AUFBAU EINER DATENGRUNDLAGE	123
5.1.3 VERBESSERUNG DER RAHMENBEDINGUNGEN FÜR INVESTITIONEN (BUND & LÄNDER).....	124
6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	131
7. VERZEICHNISSE.....	138
7.1 LITERATURVERZEICHNIS	139
7.2 TABELLENVERZEICHNIS	151
7.3 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	152
ANLAGEN	153
I. ANLAGE 1 – FRAGEBOGEN (ONLINE-UMFRAGE)	154
II. ANLAGE 2 – LEITFADEN EXPERTENINTERVIEW.....	160
III. ANLAGE 3 – PRIMÄRENERGIE- UND EMISSIONSFAKTOREN	161
IV. ANLAGE 4 – BESTANDSDOKUMENTATION SPORTHALLEN	162
V. ANLAGE 5 – SANIERUNGSVARIANTEN	174
VI. ANLAGE 6 – ERGEBNISSE POTENZIALANALYSE.....	178

Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk
CO ₂	Kohlendioxid
EU-ETS	europäischer Emissionshandels
GEG	Gebäudeenergiegesetz
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
L-W-WP	Luft-Wasser-Wärmepumpe
nEHS	nationaler Emissionshandel
S-W-WP	Sole-Wasser-Wärmepumpe
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient

In der vorliegenden Arbeit wird eine gendergerechte Sprache verwendet. Wenn an einigen Stellen zur besseren Lesbarkeit oder aufgrund bestimmter Bezeichnungen das generische Maskulinum verwendet wird, sind ebenfalls alle Personen unabhängig von ihrem Geschlecht gemeint.

1. Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die Folgen des Klimawandels werden immer spürbarer. Die Erdoberflächentemperatur steigt an, begleitet von einer Zunahme klimawandelbedingten Extremwetterereignisse. Darüber hinaus bewirkt der Klimawandel sowohl gesellschaftliche als auch wirtschaftliche Konsequenzen. Der anthropogene Klimawandel ist auf den Anstieg der Treibhausgasemissionen zurückzuführen [vgl. IPCC, 2021]. Zur Reduzierung dieser Emissionen hat sich Deutschland ehrgeizige Energieeinspar- und Klimaschutzziele gesetzt, die auf eine Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 abzielen [vgl. BMWi, 2010, Klimaschutzgesetz (KSG)].

Eine entscheidende Rolle bei der Umsetzung der Ziele spielt der Gebäudesektor, dem sowohl Wohn- als auch Nichtwohngebäude angehören. Dieser Sektor ist deutschlandweit für etwa 34 % des Energieverbrauchs und für etwa ein Drittel der verbrennungsbedingten Emissionen verantwortlich [vgl. BMWi, 2021a]. Ein Großteil dieser Umweltwirkungen entfällt auf Bestandsgebäude, deren Energieverbrauch und CO₂-Emissionen deutlich höher sind als bei Neubauten. Der hohe Energieverbrauch von Bestandsgebäuden ist auf deren erheblichen Anteil am Gesamtgebäudebestand zurückzuführen sowie auf eine unzureichende Gebäudedämmung und eine ineffiziente technische Ausstattung, was auf das Alter der Gebäude und dem fortwährenden nationalen Sanierungsstau zurückgeht. So beträgt die derzeitige Sanierungsrate im Gebäudesektor lediglich etwa 1,1 % [vgl. Cischinsky und Diefenbach, 2018, IWU, 2022]. Zudem sind weniger als ein Drittel der Gebäudesanierungen energetisch ausgerichtet [vgl. BBSR, 2022a]. Es besteht also eine Diskrepanz zwischen der aktuellen Sanierungsaktivität im deutschen Gebäudesektor und den erforderlichen Maßnahmen zum Erreichen der gebäudespezifischen Energieeinspar- und Klimaschutzziele.

Neben den Bestandsgebäuden nehmen die Kommunen in Deutschland eine Schlüsselrolle bei dem Erreichen der Treibhausgasneutralität ein, da sie für einen erheblichen Teil der öffentlichen Umweltwirkungen verantwortlich sind. Kommunen können allerdings unmittelbar durch Maßnahmen an ihren eigenen Liegenschaften zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen beitragen. Dies gilt auch für Sporthallen als Teil des kommunalen Liegenschaftsbestands. Ein Großteil der Sporthallen in Deutschland wird von Kommunen betrieben und wurde zu Zeiten des Goldenen Plans (1. und 2. Memorandum) erbaut. Aufgrund des hohen Baualters besteht ein Sanierungsbedarf von rund 43 % aller Hallen (Erhebungsjahr: 2000) [vgl. Sportministerkonferenz, 2002]. Die energetische Qualität der Gebäudehülle und der

Anlagentechnik entspricht meist nicht mehr den heutigen Anforderungen. Dadurch weisen Sporthallen den höchsten Energieverbrauch und die höchsten Treibhausgasemissionen im Vergleich zu anderen deutschen Sportanlagen auf.. Der hohe Energieverbrauch führt zudem zu hohen Betriebskosten, die die kommunalen Haushalte belasten.

Aufgrund der Bedeutung von Bestandssanierungen und der Rolle der Kommunen lässt sich ein Energie- und CO₂-Einsparpotenzial durch kommunale Sporthallensanierungen erkennen. Ebenso geht mit den Energieeinsparungen die Reduzierung der Betriebskosten einher. Darüber hinaus bieten Sporthallensanierungen zusätzlichen Mehrwert durch Maßnahmen zur Steigerung der Nutzerzufriedenheit sowie zur Gewährleistung der Funktion als Bildungs-, Integrations- und Gesundheitsraum. Somit bergen Sporthallensanierungen ökologische, ökonomische und soziokulturelle Potenziale und Vorteile für die Umwelt, die Betreiber und die Nutzer.

1.2 Stand der Forschung

Das Forschungsvorhaben zu kommunalen Sporthallensanierungen im Kontext der Energieeinsparung und der CO₂-Emissionsminderung tangiert mehrere Forschungsfelder. Grundlegend sind Arbeiten über die Sanierungspotenziale des Gebäudesektors und zur Bestandssituation kommunaler Sporthallen. Der Forschungsstand umfasst Vorhaben zu Sporthallensanierungen sowie Arbeiten zu kommunalen Strukturen, Hemmnissen und Liegenschaften. Die verschiedenen Forschungsfelder grenzen sich zum Teil voneinander ab, können sich aber auch innerhalb des Diskurses überlagern. Darüber hinaus sind (kommunale) Sporthallen Untersuchungsgegenstand weiterer wissenschaftlicher Disziplinen, wie zum Beispiel die Raum- und Stadtplanung, die Innenraumgestaltung (zum Beispiel Akustik) und die Ausstattung mit Sportgeräten. Diese sind für das vorliegende Forschungsvorhaben allerdings nicht entscheidend.

Im Folgenden werden die für den Forschungskontext dieser Arbeit bedeutende Beiträge rezipiert. Der Forschungsstand zum kommunalen Sporthallenbestand ist in der Darstellung der Bestandssituation in Kapitel 2 einbezogen.

Es besteht allgemeiner wissenschaftlicher Konsens darüber, dass im Bereich des Gebäudesektors Potentiale zur Reduzierung des Energieverbrauchs und zur Minderung der CO₂-Emissionen und somit zum Erreichen eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bestehen [vgl. ITG Dresden und FIW München, 2021, Kopernikus-Projekt Ariadne, 2021, Prognos et al., 2021, Prognos AG, 2021]. Die Potentiale werden jedoch nicht gänzlich ausgeschöpft, obwohl es bereits allgemeine Maßnahmen zu deren Erschließen und somit zum Erreichen der Energieeinspar- und Klimaschutzziele bekannt sind. Die Maßnahmen beruhen auf verschiedenen Zielpfaden für eine Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 und fokussieren primär die Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes, den Einsatz treibhausgasneutraler Energieträger und die Steigerung der Sanierungsaktivität. Der Forschungsstand ist größtenteils auf eine umfassende Analyse des Gebäudesektors, gegliedert in Wohn- und Nichtwohngebäude, ausgerichtet und weniger differenziert nach unterschieden Gebäudetypologien.

Darüber hinaus besteht Einigkeit darüber, dass Kommunen eine entscheidende Rolle zum Erreichen der Treibhausgasneutralität einnehmen [vgl. Baur et al., 2016a, Parlamentarischer Beirat für nachhaltige Entwicklung, 2021, UBA, 2022b]. Ein potenzielles Handlungsfeld liegt in den kommunalen Liegenschaften [vgl. Fauter et al., 2023, UBA, 2022b]. Im Rahmen des vom Umweltbundesamt im Jahr 2022

herausgegebenen Teilbericht „Klimaschutzpotenziale in Kommunen“ [vgl. UBA, 2022a] werden die Treibhausgasreduzierungsleistungen in Kommunen quantitativ und qualitativ erfasst. Zur Abschätzung werden verschiedene Optionen zur Minderung der Treibhausgasemissionen durch das kommunale Handlungsfeld (u.a. kommunale Liegenschaften) quantifiziert. Das Treibhausgaseinsparpotenzial im Einflussbereich „Verbrauchen“, das unter anderem das Potenzial von Sanierungsmaßnahmen an den eigenen Liegenschaften beinhaltet, beträgt etwa 17,3 Mio. t CO₂-Äquiv. Insgesamt wird ermittelt, dass durch kommunale Aktivitäten rund ein Drittel der Emissionen eingespart werden könnten.

Das kommunale Handlungsfeld zur Energie- und Emissionseinsparung wird jedoch durch bestehende Herausforderungen eingeschränkt. Während Untersuchungen zu solchen allgemeinen kommunalen Herausforderungen bereits zum Stand der Forschung gehören, sind Analysen zu kommunalen Hemmnissen gegenüber Sanierungen der eigenen Liegenschaften nur durch eine Erweiterung des Forschungsdiskurses (Themenkontext: Wärme- und Energiewende, Klimaschutz, Effizienzmaßnahmen) vorhanden:

- In der Publikation „Aktivitäten des Bundes, der Länder und der Kommunen und Handlungsfelder zur Gebäudesanierung“ [vgl. UBA, 2007] von Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2007 werden Hemmnisse bei Gebäudesanierung dargelegt. Während die Hemmnisse nicht explizit auf kommunale Liegenschaften forciert sind, werden mögliche Instrumente zur Umsetzung von Klimaschutzaktivitäten durch Kommunen, durch die Bundesländer sowie durch den Bund dargestellt.
- Das Forschungsprojekt „Klimaschutzkonzept 2050 kommunale Gebäude“ [vgl. Jahn et al., 2015] aus dem Jahr 2015 untersucht Finanzierungsmöglichkeiten für die Sanierung von kommunalen Liegenschaften und die Erhöhung der Sanierungsquote. Im Rahmen dessen werden Finanzierungsmodelle und -strategien ermittelt als auch Handlungsempfehlungen an Kommunen und an die Länder und den Bund gegeben. Darüber hinaus wird das Finsa-Tool als „Entscheidungsgrundlage für die Festlegung einer langfristigen Klimaschutz-orientierten Sanierungsstrategie“ [vgl. Jahn et al., 2015, S.6] entwickelt.
- In dem Fachartikel „Treiber und Hemmnisse für die Wärmewende – die Rolle der Kommunen“ [vgl. Baur et al., 2016b] legt im Jahr 2016 ein

- Forschungsteam die Rolle der Kommunen in der Wärmewende dar und analysiert in diesem Kontext Hemmnisse in der kommunalen Wärmewende.
- Die Rolle der Kommunen bei der Energiewende wird in dem Vorhaben „Kommunen als Impulsgeber, Gestalter und Moderator der Energiewende – Elemente energienachhaltiger Governance“ verdeutlicht [vgl. Baur et al., 2017]. Die IZES gGmbH und die Agentur für Erneuerbare Energien e.V. veröffentlichten 2017 die Ergebnisse des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Vorhabens, in dem unter anderem acht Kommunaltypen definiert und typspezifische Treiber und Hemmnisse für die Energiewende ermittelt werden. Darauf aufbauend werden Empfehlungen an die Kommunen als auch an den Bund gegeben. Die Untersuchungsergebnisse basieren auf empirischen Analysen und auf praktischen Untersuchungen von ausgewählten Kommunen.
 - Hemmnisse und Empfehlungen zur Steigerung der Energieeffizienz in kommunalen Nichtwohngebäuden werden in einer Veröffentlichung der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) gegeben. Die Publikation „Kommunale Nichtwohngebäude Rahmenbedingungen und Ausblick für klimafreundliche Gebäude in Städten und Gemeinden“ [vgl. dena, 2018] beinhaltet die Darstellung der Herausforderungen für Kommunen bei der Sanierung ihres Nichtwohngebäudebestandes. Es werden Handlungsempfehlungen sowohl an die Kommunen als auch an den Bund gegeben.
 - In der vom Wuppertal Institut herausgegebene Studie „Erweiterung von Kosten-Nutzen-Analysen zu ausgewählten Energieeffizienzmaßnahmen um Erkenntnisse zum Markt für Energieeffizienzdienstleistungen und zum Aufwand von Investitionen in Energieeffizienz“ [vgl. Thema et al., 2018] im Rahmen eines von der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) geförderten Forschungsvorhaben werden Hemmnisse bei Energieeffizienzmaßnahmen unter anderem in öffentlichen Einrichtungen analysiert. Hierbei steht der Fokus auf der empirischen Untersuchung von „Hemmnissen, deren Überwindung mit Transaktionskosten“ verbunden ist.
 - Die Forschungsfrage „Welche Unterstützung brauchen Kommunen für erfolgreichen Klimaschutz“ [vgl. Bongers-Römer et al., 2018] wurde in einem Vorhaben des Deutschen Instituts für Urbanistik im Jahr 2018 untersucht. Auf Grundlage von Umfrageergebnissen werden Empfehlungen zur Stärkung der kommunalen Klimaschutzes abgeleitet.

- Im Kurzgutachten Kommunale Wärmeplanung [vgl. UBA, 2022c] vom Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu) und vom Umweltbundesamt 2021 herausgegeben wird der Status quo der „wissenschaftlichen Debatte zu kommunalen Wärmeplanung“ [vgl. UBA, 2022c, S.5] dargelegt. Die Ergebnisse gründen auf verschiedenen Praxisvorhaben und einem Workshop. Eines dieser Vorhaben ist das Projekt „Kommunale Wärmewende“, durch das die Hemmnisse bei der kommunalen Wärmewende ermittelt werden. Aufbauend auf den Ergebnissen des Projektes werden Handlungs- und Forschungsbedarfe explizit in Bezug auf die Wärmeplanung auf kommunaler Ebene als auch auf Bundes- und Länderebene gegeben.
- Der vom Umweltbundesamt herausgegebene Abschlussbericht „Kommunales Einflusspotenzial zu Treibhausgasminderung“ [vgl. UBA, 2022b] gibt die kommunalen Potenziale zur Treibhausgasminderung wieder, weist Hemmnisse des Klimaschutzes an eigenen Gebäuden aus und beinhaltet Empfehlungen an die Kommunen und an Bund und Länder. Es werden zum einen Handlungsempfehlungen zur Treibhausgasminderung für den Einflussbereich, der die kommunalen Liegenschaften beinhaltet gegeben.

Durch die Untersuchungen werden finanzielle und personelle Ressourcen als Hemmnisse für die Reduzierung des Energieverbrauchs und der Emissionen in Kommunen identifiziert [vgl. Bongers-Römer et al., 2018, Jahn et al., 2015, Thema et al., 2018, UBA, 2022b]. Durch weitere überwiegend empirische Analysen werden Hemmnisse im Zusammenhang mit den eigenen Liegenschaften im Kontext der Wärmewende [vgl. Baur et al., 2016b, UBA, 2022b], der Energiewende [vgl. Baur et al., 2017], des Klimaschutzes [vgl. Bongers-Römer et al., 2018, UBA, 2022b] und von Effizienzmaßnahmen [vgl. Geiger et al., 1999, Thema et al., 2018] festgestellt. Basierend auf den konstatierten Hemmnissen wurden Empfehlungen an Kommunen, Bund und Länder gegeben. Zusätzlich zur Verbesserung der allgemeinen finanziellen und personellen Situation der Kommunen, bestehen Empfehlungen zur Anpassung bestehender Förderstrukturen sowie eine Stärkung des Bereichs „Information und Unterstützung“ [vgl. Baur et al., 2017, Bongers-Römer et al., 2018, dena, 2018, Jahn et al., 2015, UBA, 2007, UBA, 2022b]. Einen weiteren Bedarf sehen u.a. Baur et al. (2017) und UBA (2022b) in der Festlegung eigener klimapolitischer Ziele in den Kommunen. Überdies wurde anhand der Untersuchungen das Erfordernis einer Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen festgestellt [vgl. Baur et al., 2017,

Bongers-Römer et al., 2018, UBA, 2007, UBA, 2022b]. In den zuvor genannten Forschungen werden die Kommunen oder die kommunalen Liegenschaften als Ganzes betrachtet. Es erfolgt keine Differenzierung nach einzelnen kommunalen Gebäudetypologien. Bei einer Erweiterung des Forschungsdiskurs in Bezug auf die Akteure werden Hemmnisse gegenüber Energieeffizienzmaßnahmen in der Industrie, in Unternehmen und bei Eigenheimbesitzern kategorisiert [vgl. Hermelink et al., 2019, Ina Renz und Ulrike Hacke, 2016, Sorell et al., 2011].

Für einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bedarf es einer Betrachtung des gesamten Gebäudesektors entsprechend der jeweiligen Hemmnisse und Potenziale der einzelnen Gebäudetypologien. Denn verschiedene Gebäude haben unterschiedliche Eigenschaften, Nutzungsmuster, Energiebedarfe und Potenziale für den Einsatz erneuerbarer Energien und Effizienzmaßnahmen. Somit ist ein umfassendes Verständnis der Gebäudetypen und ihrer spezifischen Merkmale erforderlich, um effiziente und wirkungsvolle Maßnahmen zu identifizieren und umzusetzen. Die vorliegende Arbeit greift den Ansatz auf und analysiert die Gebäudetypologie „Sporthalle“.

Die quantitative und qualitative Bestandssituation von kommunalen Sporthallen wird in den vorhandenen Studien überwiegend in der Gesamtheit der deutschen Sporthallen/Sportstätten, der kommunalen Liegenschaften oder des gesamten Nichtwohngebäudesektors betrachtet. Darüber hinaus zeichnet sich ein Großteil der vorliegenden Studien durch eine mangelnde Aktualität aus (vgl. Kapitel 2).

Untersuchungen zum Energieverbrauch und den CO₂-Emissionen durch den Betrieb von Sporthallen werden ausschließlich von Kuhn et al. (2002) und Bleher (2016) mittels Hochrechnungen durchgeführt. In „Contracting für kommunale Sportstätten: Strategien zu Klimaschutz und Kostensenkung“ [vgl. Kuhn et al., 2002], herausgegeben vom Umweltbundesamt, wurde zur Darstellung der Potenziale von Contractingmaßnahmen der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen unter anderem von Sporthallen berechnet. Die Berechnung erfolgte anhand Bestandszahlen und Kennwerten für den spezifischen Endenergieverbrauch von Sportstätten. Zur Berechnung der Treibhausgasemissionen wurden Annahmen zu Energieträgerstruktur getroffen und die Emissionsfaktoren nach GEMIS 4.0 verwendet. Unter Annahme eines sanierungsbedürftigen Sporthallenbestands von rund 25.000 Hallen wurde ein Energieverbrauch in Höhe von 5,1 TWh und CO₂-Emissionen von 1,8 Mio. t CO₂-Äquiv. ermittelt [vgl. Kuhn et al., 2002]. Bleher (2016) schätzte den Energieverbrauch von 35.438 Hallen auf 9,1 TWh und die jährlichen Emissionen auf 2,5 Mio. t CO₂-

Äquiv. Die Hochrechnung für den deutschen Sportstättenbestand erfolgte anhand von Kennzahlen zur Art und der Anzahl der Sportstätten.

Sanierungsmaßnahmen von Sporthallen und deren Umweltwirkungen werden in der Studie „MeTuSa-lem“-Projekt (Modellhafte energieoptimierte Turnhallen-Sanierung – langfristig einsparend modernisieren) und der Studie „Analyse von spezifischen Dekarbonisierungsoptionen zur Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 und 2050 bei unterschiedlichen Wohn- und Nichtwohngebäudetypologien“ dargestellt. Das „MeTuSa-lem“-Projekt (Modellhafte energieoptimierte Turnhallen-Sanierung – langfristig einsparend modernisieren)“ [vgl. Bohrisch, 2007] wurde von der Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp), Bremer energiekonsens (BEK) und Senator für Bau, Umwelt, Verkehr, Freie Hansestadt Bremen (SBUV) gefördert. Nach einer umfassenden Bestandsaufnahme einer Praxishalle wurde im Rahmen des realen Sanierungsvorhabens ein modulares Sanierungskonzept entwickelt. Dieses umfasst sowohl unterschiedliche Sanierungsniveaus als auch verschiedene Modulbereiche (Hochbau, Heizung und Lüftung, Elektroinstallation und Sanitärinstallation). Durch deren Kombination leiten die Autoren vier Komplettvarianten zur Untersuchung ab. Der Sanierungsumfang und die Sanierungstiefe der Maßnahmen variieren. Während bei den Sanierungsvarianten ambitionierte bauliche Standards untersucht wurden, wurden zur Wärmeversorgung nur fossile Energieträger in Betracht gezogen. Erneuerbarer Energien wurden lediglich bei zwei Varianten durch eine thermische Solaranlage zur Warmwassererzeugung berücksichtigt. Es erfolgte ein Vergleich von Endenergieverbrauch/-bedarf und der CO₂-Emissionen anhand einer energetischen Bilanzierung nach DIN 18599. Ebenso wurde die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Sanierungsvarianten mittels der Kapitalwertmethode bestimmt. Die Ergebnisse verdeutlichen die Reduzierung des Energiebedarfs und der Emissionen mit dem Anstieg des Sanierungsumfangs und der -tiefe. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass unter den vorliegenden Bedingungen eine ganzheitliche Sanierung technisch möglich und wirtschaftlich umsetzbar ist. Darüber hinaus werden thesenartig Sanierungshemmnisse anhand von Gesprächen mit Fachabteilungen des Landessportbundes (Sportinfrastruktur) aufgestellt. Eine systematische Untersuchung konnte im Rahmen des Projekts nicht durchgeführt werden. Ebenso werden „Ansätze zur Erleichterung von Sanierungsvorhaben“, die sich auf die Bestandssituation der Sporthallen aber nur teilweise auf die kommunale Betreiberstruktur beziehen, dargelegt.

Verschiedene Sanierungsvarianten für das Erreichen der Energieeinspar- und Klimaschutzziele wurden in der Studie „Analyse von spezifischen

Dekarbonisierungsoptionen zur Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 und 2050 bei unterschiedlichen Wohn- und Nichtwohngebäudetypologien“ [vgl. Holm et al., 2020] aus dem Jahr 2020 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) untersucht. Anhand von acht Gebäuden, unter anderem einer Sporthalle, wurden auf Grundlage einer Energiebedarfsberechnung (nach DIN 18599) die Wirkungen verschiedener Sanierungsvarianten auf den Energiebedarf und die Treibhausgasemissionen ermittelt. Bei der Analyse der Sporthalle wurden sowohl bauliche als auch anlagentechnische Maßnahmen untersucht, lediglich die Wärmeversorgung (Fernwärme) bleibt bestehen. Die untersuchten Modernisierungsmaßnahmen weisen alle Energie- und Emissionseinsparpotenzial auf. Mit steigendem Sanierungsumfang und -tiefe erhöhen sich die Einsparungen bei allen Bewertungsparametern. Durch eine ökonomische Bewertung (Annuitätenmethode) der Modernisierungsmaßnahmen zeigte sich, dass bei Teilsanierungen die erforderlichen Kapitalkosten durch die erzielten Energiekosteneinsparungen ausgeglichen werden können (Jahresgesamtkosten ungefähr gleichbleibend). Bei den Komplettsanierungen steigen die Jahresgesamtkosten hingegen an.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass kommunale Sporthallensanierungen kein Untersuchungsgegenstand im aktuellen Stand der Forschung im Kontext der Energieeinspar- und Klimaschutzziele sind. Es gibt kaum wissenschaftlich fundierte Abhandlungen zu den Gründen und den Hemmnissen, die sich speziell bei kommunalen Sporthallensanierungen ergeben können. Kommunale Hemmnisse und entsprechende Empfehlungen werden hauptsächlich im Kontext der Wärme- und Energiewende, dem Klimaschutz oder dem kommunalen Liegenschaftsbestand ermittelt. Obwohl anzunehmen ist, dass die bereits bekannten Hemmnisse und Empfehlungen, die die allgemeine kommunale Struktur betreffen (wie Personal und Finanzen), aufgrund ihrer Auswirkungen auf die gesamten Planungs- und Entscheidungsprozesse teilweise auf kommunale Sporthallensanierungen übertragbar sind, besteht eine Forschungslücke hinsichtlich spezifischer Hemmnisse bei der Umsetzung solcher Sanierungen. Darüber hinaus liegen keine umfassenden Forschungsergebnisse zu den Potenzialen und deren Quantifizierung kommunaler Sporthallensanierungen zum Erreichen eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands vor. Die Studien von Bohrisch (2007) und Holm (2020) stellen (anhand je einer Sporthalle) zwar Sanierungsmaßnahmen und deren Einsparpotenziale, aber keine direkte wissenschaftliche Untersuchung zum Forschungsinhalt dieser Arbeit dar. Die Ermittlung der Sanierungspotenziale in diesen

Einzelfallstudien basiert hauptsächlich auf spezifischen Sanierungspfaden, die sich überwiegend in ihrem Umfang unterscheiden, aber keine Alternativmaßnahmen (z.B. Wärmeerzeugung) berücksichtigen. Darüber hinaus wird in den Studien kein Umstieg auf eine erneuerbare und CO₂-arme Energieversorgung und unwesentlich eine gebäudeintegrierte Energieerzeugung untersucht. Daher zielt das vorliegende Forschungsvorhaben darauf ab, anhand fundierter Erkenntnisse die spezifischen Hemmnisse und Potenziale zu kommunalen Sporthallensanierungen zu erschließen. Es werden konkrete Handlungsempfehlungen, wie die Hemmnisse überwunden werden können und verschiedene Lösungsansätze zur Nutzung der Potenziale identifiziert.

1.3 Ziel, Aufbau und Methodik der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, die Analyse von Hemmnissen gegenüber energetischen Sanierungsmaßnahmen von kommunalen Sporthallen, die Erfassung von diesbezüglichen Potenzialen zur Energieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung sowie die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur Erschließung der selbigen.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen folgende Forschungsfragen geklärt werden:

- Welche Gründe sprechen aus kommunaler Sicht für bzw. gegen (Hemmnisse) energetische Sporthallensanierungen?
- Welche Potenziale bergen solche Maßnahmen?
- Welche Instrumente können dazu beitragen, die Potenziale zu erschließen?

In Kapitel 1 wird der Stand der Forschung dargelegt und das Ziel, der Aufbau und die Methodik der Arbeit erläutert.

In Kapitel 2 werden die für die Forschungsfragen relevanten Grundlagen dargestellt. Vor dem Hintergrund, dass bis zum Jahr 2045 ein klimaneutraler Gebäudebestand entstehen soll, weiterhin jedoch ein Sanierungsstau besteht, wird die Bedeutung von kommunalen Sanierungen zum Erreichen der Energieeinspar- und Klimaschutzziele dargelegt. Des Weiteren wird die quantitative und qualitative Bestandssituation der kommunalen Sporthallen in Deutschland, als Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Forschungsarbeit, skizziert. Die Grundlagen entstammen einer umfassenden Literaturrecherche und deren Analyse im Kontext der Forschungsfragen.

Das Forschungsvorhaben besteht aus einem zweigliedrigen Untersuchungsgang. Im ersten Teil (Kapitel 3) erfolgen empirische Untersuchungen mit dem Ziel die Sanierungsgründe und Hemmnisse gegenüber kommunalen Sporthallensanierungen zu ermitteln sowie Daten über deren Umsetzung zu generieren. Die Gründe für und gegen (Hemmnisse) energetische Sporthallensanierungen werden in der vorliegenden Arbeit sowohl auf die generelle Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen als auch auf die energetische Sanierungstiefe bezogen. Die Analyse erfolgt durch eine Online-Umfrage sowie anhand von Experteninterviews.

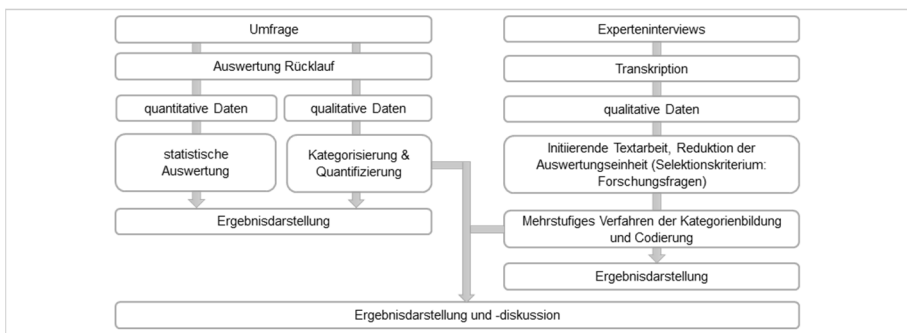
Um eine große Stichprobe zu erreichen sowie vergleichbare und belastbare Daten sowohl zur Bestandssituation als auch zu Gründen und Hemmnissen gegenüber Sporthallensanierungen zu erheben, wird eine Online-Umfrage durchgeführt. Diese wird mit dem Programm „LimeSurvey“ umgesetzt. Die Fragebogenkonstruktion erfolgt

auf Grundlage des Forschungsziels und unter Berücksichtigung der Gütekriterien quantitativer Forschung „Objektivität, Reliabilität und Validität“ [vgl. Hollenberg, 2016, Porst, 2014, Theobald, 2017]. Anhand verschiedener Fragetypen (offene und geschlossene Fragen) werden sowohl quantitative Daten als auch qualitative Daten erhoben. Die Auswertung der numerischen Daten erfolgt anhand einer statistischen Analyse. Die qualitativen, nicht numerischen Daten werden anhand einer Kategorisierung und Quantifizierung ausgewertet (vgl. Abbildung 1-1).

Um die durch die Umfrage identifizierten Gründe und Hemmnisse gegenüber Sporthallensanierungen sowie zu deren Umsetzung zu überprüfen, zu strukturieren und durch weitere Aspekte zu ergänzen werden Experteninterviews durchgeführt. Um die Interviews zu strukturieren und vergleichbare qualitative Daten zu erheben, werden für den Untersuchungsgang leitfadengestützte Experteninterviews gewählt [vgl. Helfferich, 2014]. Als Experten*innen werden kommunale Verwaltungsmitarbeiter ausgesucht, die die erforderlichen Fachkenntnisse über den Forschungsinhalt aufweisen. Die Auswahl erfolgt anhand von Kriterien, die eine Vielfalt von Ansichten und Meinungen aber gleichzeitig auch eine Vergleichbarkeit gewährleisten. Die Interviews werden anonymisiert. Zur Auswertung der Experteninterviews werden die wissenschaftlichen Ergebnisse anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse generiert [vgl. Kuckartz und Rädiker, 2022, Mayring und Fenzl, 2019, Schreiber, 2007]. Die Interviews werden transkribiert [vgl. Dresing und Pehl, 2010]. Anhand dessen erfolgt eine initiierte Textarbeit und eine Reduktion der Auswertungseinheit in Bezug auf die Forschungsfragen [vgl. Kuckartz und Rädiker, 2022]. Es folgt eine induktive Bildung von Kategorien, die durch mehrmaliges Codieren ermittelt und angepasst werden [vgl. Kuckartz und Rädiker, 2022] (vgl. Abbildung 1-1).

Abschließend werden die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen miteinander verglichen und mit bestehenden Erkenntnissen in diesem Forschungskontext diskutiert.

ABBILDUNG 1-1: UNTERSUCHUNGSGANG HEMMNISANALYSE



Im zweiten Teil dieser Arbeit (Kapitel 4) werden die Energieeinspar- und Emissionsminderungspotenziale von kommunalen Sporthallensanierungen ermittelt, um Möglichkeiten und Potenziale kommunaler Sporthallensanierungen, die vereinbar mit den Energieeinspar- und Klimaschutzzielen sind, aufzuzeigen. Hierfür wird eine Potenzialanalyse in Form einer energetischen Gebäudebilanzierung an zwei Praxishallen durchgeführt. Die Methode der energetischen Bilanzierung ist eine anerkannte Methode zur Quantifizierung von Umweltwirkungen durch den Gebäudebetrieb und wird in der DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ standardisiert. Das Berechnungsverfahren nach der DIN V 18599 ist für den Untersuchungsgang der vorliegenden Arbeit geeignet, da anhand dessen der Energiebedarf für die Sporthallen ermittelt und die Einsatzmöglichkeit erneuerbarer Energien analysiert werden können (DIN V 18599-1:2018-09). Die Potenzialanalyse wird mit der Software „Energieberater 18599 3D Plus“ (Bildungsstättenversion, 11.9.2.22 (1)) durchgeführt, der die zuvor genannten Berechnungsgrundlagen zu Grunde liegen. Durch die Eingabe des baulichen und anlagentechnischen Bestandszustands von Gebäuden werden die jährlichen bedarfsorientierten Energieparameter, die CO₂-Emissionen und die Energiekosten bestimmt. Ziel ist es durch die Untersuchung verschiedener Sanierungsvarianten (Einzelmaßnahmen und energetische Komplettanierungen¹) deren Auswirkungen auf den Energiebedarf und

¹ In der vorliegenden Arbeit erfolgt eine Differenzierung zwischen Einzelmaßnahmen und energetischen Komplettanierungen. Einzelmaßnahmen sind Sanierungsmaßnahmen, die entweder bauliche, betriebliche oder versorgungstechnische Maßnahmen umfassen. Sie bewirken dadurch entweder eine Reduzierung des Gebäudeenergiebedarfs oder eine Erhöhung der Gebäudeenergieeffizienz. Energetische Komplettanierungen vereinen hingegen die zuvor

die CO₂-Emissionen von kommunalen Sporthallen zu bestimmen. Hierfür werden anhand von Kriterien geeignete Untersuchungsobjekte (Praxishallen) ausgewählt, deren Bestandszustand und mögliche Sanierungsvarianten ermittelt und die Ergebnisse anhand geeigneter Parameter bewertet. Die Bestandssituation wird anhand Bestandsunterlagen und Vor-Ort-Besichtigungen ermittelt. Die Sanierungsvarianten sollen den aktuellen Stand der Technik abbilden und vereinbar mit den gebäudespezifischen Energieeinspar- und Klimaschutzzielen sein. Demnach wird ein ausdifferenzierter Maßnahmenkatalog zur Reduzierung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen erarbeitet. Die Maßnahmen zielen insbesondere auf eine erneuerbare und CO₂-arme Energieversorgung, ebenso wie eine gebäudeintegrierte Strom- und Wärmeerzeugung ab.

Um die wirtschaftlichen Aspekte der potenziellen Energieeinsparungen zu bewerten, wird eine Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuitätenmethode) anhand einer ausgewählten energetischen Komplettanierungsmaßnahme durchgeführt. Hierfür werden die Investitionskosten durch eine Kostenschätzung nach DIN 276 auf Grundlage von Kostenkennwerten ermittelt. Die Kostenkennwerte werden von dem Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI) entnommen (u.a. Modernisierung Sporthallen). Die Energiekosten vor und nach der Sanierungsmaßnahme werden durch die zuvor genannte Energieberater-Software im Zuge der energetischen Bilanzierung bestimmt. Abschließend werden mögliche Einflussgrößen auf die Forschungsergebnisse durch eine Sensitivitätsanalyse untersucht.

Aufbauend auf den konstatierten Hemmnissen werden in Kapitel 5 Handlungsempfehlungen abgeleitet. Die Empfehlungen zielen auf die Erschließung der Potenziale von kommunalen Sporthallen ab und adressieren sowohl die kommunale als auch die Bundes- und Landesebene. Bei der Ermittlung der Empfehlungen werden keine gesetzlichen Restriktionen berücksichtigt, sodass das kommunale Handlungsfeld individuell entsprechend der Kommunalverfassungen zu prüfen ist. Im letzten Teil der Arbeit werden die Forschungsergebnisse zusammengetragen, Forschungsbedarfe dargelegt sowie ein Ausblick gegeben.

genannten Maßnahmen und erwirken, somit eine Reduzierung des Gebäudeenergiebedarf senken sowie die Erhöhung der Gebäudeenergieeffizienz.

2. Bestandsituation von kommunalen Sporthallen

Das folgende Kapitel fasst die Ergebnisse einer umfassenden Recherche zur Bestandsituation von kommunalen Sporthallen in Deutschland zusammen. Dieser Teil der Arbeit stellt somit eine Erweiterung von Kapitel 1.2 dar und dient als Grundlage für die darauffolgenden Analysen. Einleitend werden die Energieeinspar- und Klimaschutzziele und diesbezüglich die Bedeutung von kommunalen Sporthallensanierungen dargelegt. Es folgt eine Darstellung des quantitativen und qualitativen Bestands der Sporthallen im Kontext der gebäudespezifischen Ziele. Darüber hinaus wird in diesem Kapitel für ein grundlegendes Verständnis des kommunalen Handels ein Einblick in kommunale Strukturen gegeben.

2.1 Energieeinspar- und Klimaschutzziele und die Bedeutung kommunaler Sporthallensanierungen

Energieeinspar- und Klimaschutzziele im Gebäudesektor

Die anthropogenen Klimaänderungen werden immer spürbarer. Diese und weitere Umweltauswirkungen sind auf den Anstieg der Treibhausgasemissionen, die vor allem durch die Verbrennung fossiler Energieträger entstehen, zurückzuführen [vgl. IPCC, 2021]. Zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen verpflichtet sich die internationale Staatengemeinschaft mit dem Pariser Abkommen die Temperaturerhöhung auf unter 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Die Europäische Union setzt sich das Klimaschutzziel ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um 55 % zu reduzieren und bis 2045 eine Klimaneutralität zu erreichen (Artikel 2 Absatz 1 Europäisches Klimagesetz).

Die Bundesregierung hat in den vergangenen Jahren verschiedene Strategien entwickelt, Programme verabschiedet und nationale Ziele festgelegt, um eine Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen. Als gesetzliche Grundlage dient das 2019 verabschiedete und bereits novellierte Klimaschutzgesetz (KSG). Das Gesetz legt verbindliche Ziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen fest, die auf die einzelnen Sektoren, wie Energie, Verkehr, Industrie, Gebäude und Landwirtschaft ausgerichtet sind.

TABELLE 2-1: ENERGIEEINSPAR- UND KLIMASCHUTZZIELE

Energieeinspar- und Klimaschutzziele		
	national	gebäudespezifisch
Treibhausgasausstoß	gegenüber 1990 2030: mindestens -65% 2040: mindestens -88% 2045: Treibhausgasneutralität	gegenüber 1990 2030: mindestens -68% 2045: nahezu klimaneutraler Gebäudebestand
Primärenergieverbrauch	gegenüber 2008 2030: -30% 2050: -50%	gegenüber 2008 2050: -80%
Sonstiges	Anteil erneuerbare Energien am Bruttoendenergie- und Bruttostromverbrauch 2030: 80% Ziel: treibhausgasneutral	Erhöhung der Sanierungsrate auf mindestens 2%

Im Gebäudesektor² konnten in den vergangenen Jahren bereits Energie- und Emissionseinsparungen durch Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs („Efficiency First“) und zur Nutzung erneuerbaren Energien erreicht werden [vgl. BMWi, 2019]. Bis zum Jahr 2020 konnte der Wärmebedarf (Anteil für den Anwendungsbereich Raumwärme am Endenergieverbrauch) um ca. 17 % gegenüber 2008 und die Emissionen von um 43 % (120 Mio. t CO₂-Äquiv.) gegenüber 1990 gesenkt werden [vgl. BMU, 2021, BMWi, 2022]. Damit wurde allerdings das 2020-Ziel des Wärmebedarfs um 3 % und das Ziel der maximalen Jahresemissionsmenge um 2 Mio. t CO₂-Äquiv. verfehlt.

Für das nächste Zwischenziel im Jahr 2030 soll der Gebäudesektor eine Emissionsminderung um 68 % gegenüber 1990 aufweisen und demnach maximal 67 Mio. t CO₂-Äquiv. emittieren (Anlage 2 KSG). Das 2030-Ziel wird unter Annahme der im Klimaschutzprogramm 2030 festgelegten Maßnahmen voraussichtlich nicht erreicht. Die prognostizierten Emissionen im Gebäudesektor im Jahr 2030 werden demnach noch 78 bis 92,5 Mio. t CO₂-Äquiv. betragen und somit wird eine Ziellücke in Höhe von bis zu rund 25 Mio. t CO₂-Äquiv. entstehen. [vgl. Öko-Institut et al., 2021, Prognos AG et al., 2020, Thamling und Kemmler, 2020, UBA, 2020].

Die Zwischenziele sollen wegweisend für einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahr 2045 und für eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs um 80 % gegenüber 2008 sein. Demnach sollen „die Gebäude nur noch einen sehr geringen Energiebedarf aufweisen und der verbleibende Energiebedarf überwiegend durch erneuerbare Energien gedeckt [werden]“ [vgl. BMWi, 2010, S.22]. Darüber hinaus setzt sich die Bundesregierung das Ziel die Sanierungsrate des gesamten Gebäudebestands auf 2 % zu verdoppeln (vgl. Tabelle 2-1) [vgl. BMWi, 2010, LEA, 2020].

Die bundesweiten Energieeinspar- und Klimaschutzziele werden auf Landes- und Kommunalebene übertragen. Auf Grundlage des Bundesgesetzes haben einige Länder und Kommunen eigene Energieeinspar- und Klimaschutzziele festgelegt, die auch öffentliche Liegenschaften einschließen. Die Landesziele sind in Klimaschutzgesetzen verankert, während die kommunalen Ziele beispielsweise in

² In der vorliegenden Arbeit wird gemäß [IWU, 2021] der Gebäudesektor mit dem Gebäudebestand gleichgesetzt und als Gesamtheit aller Gebäude (Wohn- und Nichtwohngebäude) in Deutschland definiert.

Satzungen oder Leitlinien dargestellt werden. Auf diese Weise wird auf verschiedenen politischen Ebenen der Beitrag zur Erreichung der nationalen Energieeinspar-Klimaschutzziele konkretisiert und umgesetzt.

Energetische und soziokulturelle Bedeutung kommunaler Sanierungsmaßnahmen

Ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestands ist erreichbar (vgl. Kapitel1.2). Diese Annahme basiert auf den festgeschriebenen gebäudebezogenen Zielwerten für den Klimaschutz und den daraus abgeleiteten Maßnahmen zur Reduzierung des Gebäudeenergieverbrauchs und zur Erhöhung der Gebäudeenergieeffizienz und des Anteils erneuerbarer Energien. Somit bergen Maßnahmen im gesamten deutschen Gebäudesektor ein weiteres Energie- und Emissionseinsparpotenzial.

Insbesondere die Sanierungen von Bestandsgebäuden nehmen eine bedeutende Rolle beim Erreichen eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands ein. Denn der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen von Bestandsgebäuden sind deutlich höher als bei Neubauten.

Sanierungen haben im Vergleich zu (Ersatz-)Neubauten den Vorteil, dass die graue Energie in den baulichen Strukturen erhalten bleiben kann und dadurch keine zusätzlichen Ressourcen verbraucht werden. Somit kann ein saniertes Gebäude, abhängig von der Bestandssituation, trotz höherem Betriebsenergiebedarf über den gesamten Lebenszyklus einen geringeren Energiebedarf aufweisen als ein Ersatzneubau [vgl. BMVBS, 2012, Fuhrhop, 2020, Kurtz, 2016]. Ebenso kann durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz die Unabhängigkeit von der Energieverfügbarkeit und den Energiepreisen verstärkt werden. Einen weiteren Mehrwert ergibt sich für die Gebäudebetreiber aufgrund von potenziellen Betriebskostenreduzierungen. Gebäudesanierungen bergen neben den direkten ökonomischen Vorteilen auch Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte und bewirken einen höheren Komfort der Nutzer und ein Schutz der Bausubstanz [vgl. Kah et al., 2010, Schulze Darup, 2004, Weiß et al., 2014]. Jedoch bergen Sanierungen durch die bauliche Bestandssituation auch Restriktionen bei der Gestaltungsfreiheit, bei der Nutzung sowie bei der Ausführung innovativer Technologien. Des Weiteren können Dämmrestriktionen die Reduzierung des Wärmebedarfs begrenzen. Solche Restriktionen können dazu führen, dass eine Sanierung sowohl technisch als auch wirtschaftlich nicht umsetzbar ist. So ist je nach Nutzung der Nichtwohngebäude von einem unsanierten Sockel zwischen 2,5 % bis 10 % und für Wohngebäude (ohne Neubauten) zwischen 4 % und 20 % auszugehen [vgl. UBA, 2017].

Eine weitere Schlüsselrolle zum Erreichen der Energieeinspar- und Klimaschutzziele nehmen Kommunen ein, da sie für einen Großteil der öffentlichen Umweltwirkungen verantwortlich sind [vgl. Baur et al., 2017, Parlamentarischer Beirat für nachhaltige Entwicklung, 2021, UBA, 2022c]. Zugleich bestehen auf kommunaler Ebene viele Handlungsmöglichkeiten zur Emissionseinsparung. Kommunen sind unter anderem Gebäudebesitzer und -verwalter, Energieversorger, mit der Bürgerschaft und den Unternehmen vor Ort vernetzt und haben Planungshoheit. So bestehen auf kommunaler Ebene die Handlungsfelder „Verbrauchen und Vorbild“, „Versorgen und Anbieten“, „Planen und Regulieren“ und „Beraten und Motivieren“ zur Reduzierung von Emissionen [vgl. Fauter et al., 2023, Hertle et al., 2015, Kern et al., 2005, UBA, 2022a]. Demnach können Kommunen zum einen unmittelbar durch eigenes Handeln (z.B. bei kommunalen Liegenschaften) als auch mittelbar durch Ver- und Gebote, die Motivationssteigerung weitere Akteure und durch ihre Vorbildwirkung rund ein Drittel ihrer Emissionen einsparen [vgl. UBA, 2022a].

Die Sanierungen kommunaler Sporthallen können die allgemeinen Sanierungsvorteile mit den umfassenden Handlungsmöglichkeiten der kommunalen Ebene vereinen und somit zum Erreichen der gebäudespezifischen Energieeinspar- und Klimaschutzziele unter Berücksichtigung eines soziokulturellen Mehrwerts beitragen. Denn Sporthallen haben eine soziokulturelle Bedeutung und stellen eine der wichtigsten Ressourcen des Vereins- und Schulsports dar [vgl. Siegel, 2019]. Gemäß dem Prinzip „Ohne Sportstätten kein Sport“ fungieren Sportstätten zugleich als Bildungs-, Integrations- und Gesundheitsraum. Sport trägt in allen Altersgruppen zur Gesundheitsprävention und -förderung bei (Ausnahme bei Sportverletzungen). Das betrifft sowohl die physische Gesundheit wie zum Beispiel Herz-Kreislaufkrankungen, Adipositas, Osteoporose, als auch psychischen Erkrankungen. Denn Sport hat eine positive Wirkung auf die Stressregulation und auf die Lebensqualität der Menschen [vgl. Rütten et al., 2005, Schulz et al., 2012]. Bei Kindern und Jugendlichen nimmt der Sport Einfluss auf deren Entwicklung [vgl. Breuer et al., 2020]. „So weisen körperlich aktive Kinder seltener motorische Defizite, Haltungsschäden, psychosoziale Störungen und Verhaltensauffälligkeiten auf“ [vgl. Die Bundesregierung, 2019, S.135]. Bei älteren Menschen führt Sport zu einer Stärkung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Gedächtnisleistung. Zudem erhöht regelmäßige körperliche Aktivität im Alter die Mobilität und die Selbstständigkeit im Alltag [vgl. Hollmann, 2021, Rütten et al., 2005]. Darüber hinaus vermittelt Sport Werte, wie Respekt, Fair Play, Teamfähigkeit, Einsatzbereitschaft und Durchhaltevermögen. Sport fördert den Gemeinschaftsgedanken und das soziale Miteinander und bietet demnach

Integrationspotenzial. Denn Menschen unterschiedlicher sozialer, kultureller und ethnischer Herkunft können beim Sport zusammenfinden. Die Mehrzwecknutzung von Sporthallen bietet kulturelle und künstlerische Möglichkeiten als auch eine temporäre Nutzungsänderung, wie die Flüchtlingskrise im Jahr 2015 verdeutlicht (Unterkünfte). Zudem kann sich eine Sanierung von Sporthallen positiv auf die Stadt- oder Quartiersentwicklung auswirken. Darüber hinaus bieten Sporthallensanierungen die Chance zukunftsorientierte Konzepte umzusetzen. Diese werden erforderlich, da die Hallen den Entwicklungen im Sport, die durch den demographischen Wandel, die Individualisierung und neue Trendsportarten geprägt sind, unterliegen (vgl. Kapitel 2.3).

2.2 Entwicklung

Erste Grundlagen für die deutsche Sportstättenentwicklung lagen bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts vor. Diese umfassten hauptsächlich Empfehlungswerte für das Vorhandensein von Freiflächen, die als Spiel- und Sportfläche genutzt werden konnten [vgl. Martin Wagner (1915) und Bruno Schmitz (1912) zitiert nach [Kämmerer, 2016]]. Erste verbindliche Richtwerte für Mindestflächen für Spiel und Sport wurden im Entwurf des Reichsspielplatzgesetzes festgehalten [vgl. DOG, 1962, Geissler, 1930, Kämmerer, 2016]. Mittels Zuschüssen durch die Regierung sollte der Forderung des Gesetzes - eine Spielplatzfläche von mindestens 3 m² pro Kopf zu schaffen - nachgekommen werden. Weitere Regelungen zur Mindestspielfläche, der Einflusszone der Spielfläche und der Mindestgröße der Spielplätze wurden vorgeschlagen. Darüber hinaus wurde der Wunsch nach einer Turnhalle (0,1 m² Turnhallenfläche pro Einwohner), einem Schwimmbad und einer Eislaufbahn geäußert. Der Gesetzesentwurf wurde allerdings abgelehnt [vgl. Barsuhn, 2016, DOG, 1962, DRAfL, 1930, Kämmerer, 2016]. Dessen Richtwerte dienten in den darauffolgenden Jahren dennoch für viele Kommunen als Orientierungshilfe.

Nach dem Zweiten Weltkrieg realisierten viele Kommunen unter anderem auf Grundlage der Vorschläge des Entwurfes zum Reichsspielplatzgesetz das Notwendigste an Sportstätten. Auch lehnten sich die vom Deutschen Städtetag 1950 veröffentlichten Vorschläge zu den Richtwerten des Turnhallenbaus an die Orientierungswerte des Reichsspielplatzgesetzes an. Der Deutsche Städtetag empfiehlt 4 m² Spiel- und Sportfläche und eine Hallenfläche von 0,1 m² pro Einwohner [vgl. DOG, 1962].

Die ersten konkreten Forderungen zum Sportstättenbau und dessen Förderung entstanden 1953 durch den „Zehn-Jahres-Plan“ von Professor Carl Diem, der die Schaffung von 10.000 Turnhallen und 700 Schwimmhallen innerhalb von zehn Jahren vorsah [vgl. Mevert, 2009]. Darüber hinaus wurde immer wieder durch die Deutsche Olympische Gesellschaft, den Deutschen Städtetag, den Deutschen Gemeindetag, den Deutschen Städtebund und den Deutschen Landkreistag öffentlich darauf hingewiesen, „daß angesichts der wachsenden Zivilisationsschäden erheblich mehr für die Sportförderung in allen Gemeinden, insonderheit durch den Bau von Erholungs-, Sport- und Spielanlagen aller Art, getan werden müsse“ [DOG, 1962, S.9]. Auf Grundlage dessen veröffentlichte die Deutsche Olympische Gesellschaft in Zusammenarbeit mit weiteren Akteuren 1956 die „Richtlinie für die Schaffung von Erholungs-, Spiel- und Sportanlagen in Gemeinden mit 5000 und mehr Einwohnern“

und 1959 die „Richtlinie für die Schaffung von Erholungs-, Spiel- und Sportanlagen in Gemeinden bis zu 5000 Einwohner“. Diese Richtlinien beinhalteten unter anderem Richtwerte, die sich an der Einwohneranzahl der Gemeinden orientierten, für die Bedarfsermittlung der Anzahl und der Größe von Sporthallen. Der städtebauliche Orientierungswert für Sporthallen betrug $0,1 \text{ m}^2$ nutzbare Sporthallenfläche je Einwohner. Erweiternde Bestimmungen gab es in Bezug auf Hallen zur schulischen Nutzung. Weitere Vorschläge zur Sportstättenentwicklung folgten: 1958 veröffentlichte der Deutsche Städtetag die „Leitsätze für die kommunale Sportpflege“ und 1959 der Deutsche Städtebund die „Leitsätze für die kommunale Sportförderung“. Auf Grundlage dieser bis dato erfolgten Veröffentlichungen erweiterten viele Gemeinden ihr Übungsstättenangebot [vgl. DOG, 1962, DRAfL, 1930].

All diese Vorarbeiten führten am 2. Oktober 1959 zur Bekanntgabe des „Goldenen Plans“. Der Präsident der Deutschen Olympischen Gesellschaft Dr. Georg von Opel wies auf Grundlage des dargelegten Fehlbestandes, der zuvor von der Deutschen Olympischen Gesellschaft und dem Städtetag ermittelt wurde, die Bundesregierung, die Bundesländer und die Gemeinden auf den erforderlichen Bedarf an Erholungs-, Spiel- und Sportanlagen hin. Er forderte alle Instanzen auf, „eine Regelung der Planung und Finanzierung von Erholungs- und Spielanlagen in Angriff zu nehmen“ [vgl. DOG, 1962, S.13]. Das „Memorandum zum Goldenen Plan für Gesundheit, Spiel und Erholung“ wurde daraufhin erarbeitet, ein Jahr später für einen Zeitraum von ca. 15 Jahren vorgelegt und als Richtlinie anerkannt. Darin war der Gesundheitszustand in der Bundesrepublik, der Fehlbestand an Erholungs-, Spiel- und Sportanlagen und die finanziellen Aufwendungen zur Beseitigung des Fehlbestandes dargelegt. Aufgrund des besorgniserregenden Gesundheitszustandes, unabhängig der sozialen Schichten und der Altersgruppen, sollte der Mangel an Anlagen für Leibesübungen behoben werden. Es sollten unter anderem etwa 10.400 Turn-, Spiel- und Gymnastikhallen (Durchschnittgröße ca. 265 m^2) realisiert werden. [vgl. DOG, 1962].

Das zweite Memorandum zum Goldenen Plan folgte 1967 durch die Deutsche Olympische Gesellschaft, das dritte Memorandum durch den Deutschen Sportbund im Jahr 1984. In den Memoranden wurden die bereits erreichten Ziele dargelegt und notwendige Maßnahmen für die Zukunft sowie die dafür erforderlichen finanziellen Mittel erläutert [vgl. BMWi, 2012].

1967 und 1976 wurden die „Richtlinien für die Schaffung von Erholungs-, Spiel- und Sportanlagen“ überarbeitet. 1976 wurde der einwohnerbezogene Richtwert in der

Neufassung von 0,1 m² pro Einwohner auf 0,2 m² pro Einwohner erhöht [vgl. Roskam, 1990, Roskam, 1993].

Zwischen 1961 und 1972 konnten unter anderem etwa 10.540 neue Turn- und Sporthallen erbaut werden, wodurch der Anlagenbestand mehr als verdoppelt wurde [vgl. Barsuhn, 2016]. Von 1976 bis 1992 wurden durch das zweite und dritte Memorandum weitere 6500 Hallen realisiert [vgl. Hübner, 2003].

Das bis dato letzte Erzeugnis des Goldenen Planes erfolgte 1992 durch einen Vorschlag zum „Goldenen Plan Ost“ vom Deutschen Sportbundes. Ziel des Goldenen Plan Osts war es durch Förderungen die Grundversorgung des Sportstättenbedarfs in den neuen Ländern an den in den alten Ländern innerhalb 15 Jahren anzupassen. Dies wurde aufgrund der Vernachlässigung des Breiten- und Vereinssports der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) und dem dadurch entstandenen qualitativen und quantitativen Defizit an Sportstätten erforderlich [vgl. Deutscher Sportbund, 1992]. Die Umsetzung des Planes verzögerte sich aufgrund der Blockadehaltung des Bundes (finanzpolitischen Erwägungen) [vgl. Barsuhn, 2016] und erfolgte erst ab 1999 durch das Sonderförderprogramm „Goldener Plan Ost“.

Für den Goldenen Plan Ost wurde 1992 eine Bestandsanalyse der Sportstätten in den neuen Ländern durchgeführt. Demnach waren 89,4 % der insgesamt vorhandenen Sportfläche (2.061.500 m²) in Sporthallen sanierungsbedürftig, davon waren wiederum 15,2 % durch erhebliche Mängel unbrauchbar [vgl. Deutscher Sportbund, 1992, Roskam, 1993]. Die darauffolgende Bedarfsermittlung erfolgte trotz kritischer Bewertung anhand der einwohnerbezogenen Richtwerte des Deutschen Olympischen Sportbundes. Diese wurden jedoch im Zuge dessen überarbeitet und in der „Richtlinie für die Schaffung von Erholungs-, Spiel- und Sportanlagen in den neuen Bundesländern“ veröffentlicht. Je nach Größe der Gemeinde lag der Orientierungswert zwischen 0,25 m²/Einwohner (Gemeinde/Stadt ≤ 10.000 Einwohner) und 0,2 m²/Einwohner (Gemeinde/Stadt ≥ 500.000 Einwohner). Mittels dieser Festlegung konnten die Gemeinden eine Anlagenbilanz durchführen und somit erforderliche Planungen und langfristige Flächensicherung betreiben. Der daraufhin ermittelte Fehlbestand der Sporthallen in den neuen Bundesländern betrug 58 % (2.829.200 m²) [vgl. Deutscher Sportbund, 1992].

Während im Zuge des Goldenen Plan Osts noch einwohnerbezogene Richtwerte für die Ermittlung des Sportstättenbedarfs verwendet wurden, wird seit der Veröffentlichung des „Leitfaden für Sportstättenentwicklungsplanung“ die derzeitige

und zukünftige Sportaktivität der Bevölkerung bei der Sportstättenbedarfsermittlung berücksichtigt [vgl. BISP, 2000].

Aufgrund des Goldenen Planes wurde Deutschland als Weltmeister des Sportstättenbaus bezeichnet. Was aus diesem Weltmeister wurde, wird anhand der Bestandssituation in Deutschland in den nächsten Kapiteln erläutert.

2.3 Quantitative Bestandssituation

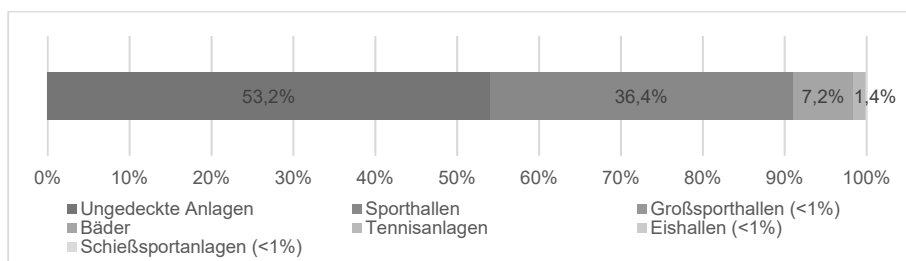
Kommunale Sporthallen bilden die Schnittmenge aus den schätzungsweise rund 176.000 kommunalen Nichtwohngebäude und den 35.438 Sporthallen in Deutschland [vgl. BMWi, 2012, dena, 2022, dena, 2018, von Hebel et al., 2011].

Innerhalb der kommunalen Nichtwohngebäude machen Sportanlagen einen Anteil von 48 % aus, während 13 % auf Verwaltungsgebäude der Kommunen entfallen und weitere 13 % auf Berufsschulen, Gebäude für Fort- und Weiterbildung, Kitas und Kindergärten sowie 21 % auf Allgemeinbildende Schulen [vgl. dena, 2018]. Unter den gedeckten, GEG-relevanten Sportanlagen³ nehmen Sporthallen den größten Anteil an und machen 36,4 % der Anlagen aus (vgl. Abbildung 2-1). Die Sporthallen werden abhängig von ihrer Größe klassifiziert, wobei solche mit einer Sportfläche kleiner als 15x27 m den größten Anteil mit 56,9 % ausmachen. Einzelhallen (15x27 m) nehmen 21,4 % ein, Eineinhalbfachhallen (18x36m) 7,9 %, Zweifeldhallen (22x45 m) 5,7 % und Dreifeldhallen (27x45 m) 8,1 % (Stand 2000) (vgl. Abbildung 2-2) [vgl. Sportministerkonferenz, 2002].

Sporthallen werden zu 84,6 % durch Kommunen betrieben. Somit existieren rund 30.000 kommunale Sporthallen in Deutschland. Lediglich 9,4 % der Sporthallen werden durch Vereine oder sonstige gemeinnützige Organisationen, 4,2 % durch sonstige öffentliche Hand und 1,2 % kommerziell betrieben (Stand 2000). In allen Bundesländern sind die Kommunen die Hauptbetreiber der Sporthallen, wobei der Anteil der Kommunen mindestens 73 % beträgt und somit keine nennenswerten Abweichungen zum Bundesdurchschnitt zu verzeichnen sind [vgl. BMWi, 2012, Sportministerkonferenz, 2002].

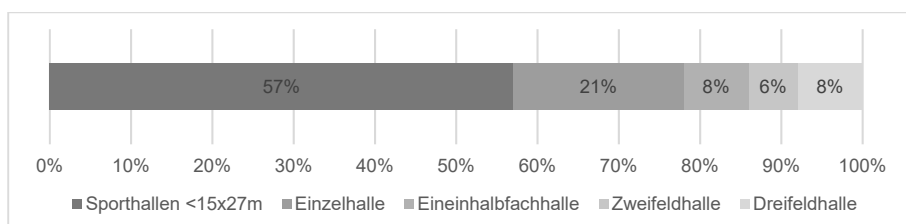
³ GEG-relevante Sportanlagen sind in der vorliegenden Arbeit als „speziell für Sport geschaffene Anlagen, beispielsweise Sporthallen“ [BISp, 2000, S.15], die in den Anwendungsbereich des § 2 Abs.1 GEG fallen, definiert.

ABBILDUNG 2-1: GLIEDERUNG SPORTANLAGEN NACH ART



Quelle: eigene Darstellung, gemäß [vgl. BMWi, 2012, Sportministerkonferenz, 2002]

ABBILDUNG 2-2: GLIEDERUNG SPORSHALLEN NACH GRÖÖE



Quelle: eigene Darstellung, gemäß [Sportministerkonferenz, 2002] und DIN 18032-1:2014-11

Eine Sporthalle besteht in der Regel aus dem eigentlichen Hallenbau und Anbauten, die Geräteräume, Umkleide- und Duschräume, Toiletten, Reinigungsräume und Ein- und Ausgangsbereiche umfassen. Der bauliche Umfang einer Halle und ihre feste Einrichtung wird ausschließlich durch ihre Nutzung bestimmt. Je größer eine Halle beziehungsweise je umfassender ihre Nutzung ist, desto größer fällt der Zuschauerbereich mit Tribünen und Aufenthaltsbereichen aus. Demnach besitzen Hallen, die sowohl zur schulischen Nutzung als auch durch Vereine genutzt werden, meist eine Tribünenanlage und separate Zuschauer- und Sportlerein- und -ausgänge, während Hallen, die ausschließlich zur schulischen Nutzung dienen, keine Zuschauerbereiche haben. Die Hallenkonstruktion besteht größtenteils aus Stahlbeton und Mauerwerk. Die Außenwände der Hallen bestehen überwiegend aus Mauerwerk mit Stahlbeton- oder Stahlstützen und als Dachkonstruktion dominieren Stahlbetonkonstruktionen [vgl. Gruhler und Deilmann, 2015].

In Deutschland wird die quantitative Nachfrage nach Sportanlagen überwiegend gedeckt. Diesbezüglich bedarf es jedoch eine differenzierte Betrachtung je Region [vgl. Wetterich et al., 2009]. Zwar besteht gemessen an der Einwohnerzahl eine gleichmäßige Verteilung der Sporthallen über das gesamte Bundesgebiet, das Verhältnis Sportler je Sporthalle weist hingegen hohe Schwankungen zwischen den

Bundesländern auf. Insgesamt wird „ein weiterer zahlenmäßiger Ausbau der Sportanlagenstruktur nicht zu erwarten sein [...], sondern [es werden] eher qualitative Fragen im Vordergrund stehen“ [Wetterich et al., 2009, S.279]. Denn die damalige Auslegung der Hallen erfolgte größtenteils am Wettkampfsport und somit an rein funktional- beziehungsweise technisch-effizienzorientierten Kriterien entsprechend der Sportstättennorm (Stand 2003-09 und früher). Während die Sporthallen die damals an sie gestellten Anforderungen erfüllten, entsprechen sie aufgrund von veränderten gesellschaftlichen Rahmenbedingungen den heutigen Bedarfen und Erwartungen überwiegend nicht mehr [vgl. BISp, 2018, Palmen, 2018, Spindler, 2000]. Ein entscheidender Faktor ist hierbei das dynamische Sportverhalten, das die Nachfrage nach Sporthallen beeinflusst. Durch den demographischen Wandel in Deutschland wird die Zahl der jungen Menschen, die überwiegend Mannschaftsportarten (Vereinssport) ausführen zurückgehen. Hingegen wird der Anteil der Erwachsenen, deren Sportverhalten durch den selbstorganisierten Sport dominiert wird (Altersklasse 20 bis 60 Jahre) ansteigen. Solche individualbasierten Sportarten, die die Top-Sportarten in Deutschland darstellen, sind nur bedingt auf regelkonforme Sporthallen angewiesen. [vgl. BMWi und BISp, 2019]. Darüber hinaus steigt durch die Alterung der Gesellschaft die Nachfrage an gesundheitlich orientierten Sportarten und geeigneten Sporträumen [vgl. Destatis, 2019]. Der demographische Faktor trägt somit zur Veränderung des Sportverhaltens bei und erhöht den Bedarf an individualbasierten Sporteinrichtungen.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Sporthallen wird anhand deren Anteil am Gesamtvolumen aller Sportstätten deutlich. Der Bau, die Modernisierung, die Pflege und der Betrieb von Sporthallen verursachen jährlich Kosten in Höhe von etwa 5,3 Mrd. EUR und somit die höchsten anteiligen Kosten am Gesamtvolumen aller Sportstätten [vgl. BMWi, 2021b, BMWi, 2018]. Ein Großteil der Kosten resultiert hierbei aus dem Betrieb der Anlagen und entfallen durch ihre Funktion als Hauptbetreiber überwiegend auf die Kommunen. Insgesamt betragen die jährlichen Betriebskosten für kommunale Liegenschaften zwischen 3,5 und 4 Mrd. EUR [vgl. BMWK, 2022, dena, 2022].

2.4 Qualitative Bestandssituation

Für den Betrieb von kommunalen Liegenschaften werden jährlich rund 31,4 TWh Endenergie verbraucht, wobei der Wärmebedarf etwa 78 % und der Strombedarf etwa 22 % ausmachen [vgl. prognos AG, 2011]. Dadurch werden durch den Betrieb und die Nutzung der kommunalen Liegenschaften jährlich rund 9,6 Mio. t CO₂-Äquiv. emittiert.⁴

Sporthallen weisen den höchsten Energieverbrauch und die meisten Treibhausgasemissionen der GEG-relevanten Sportanlagen auf [vgl. Bleher, 2016, Kuhn et al., 2002]. Insgesamt sind kommunale Sporthallen für rund 7,0 TWh/a Endenergieverbrauch und für rund 2,0 Mio. t CO₂-Äquiv./a verantwortlich⁵. Damit haben Sie einen Anteil von etwas mehr als 20 % am Endenergieverbrauch und den CO₂-Emissionen der kommunalen Liegenschaften. Der Endenergiebedarf von Sporthallen resultiert zu 75 % bis 90 % aus der Wärmebereitstellung. Der Strombedarfsanteil beträgt zwischen 10 % und 25 %. [vgl. ages GmbH, 2007, Kuhn et al., 2002, Lampersberger et al., 2017]. Der Energieverbrauch je Sporthalle variiert jedoch erheblich. Demnach weisen Sporthallen abhängig von ihrem Baujahr nach BMVBS (2011) einen Endenergiebedarf zwischen 200 kWh/m²a und 600 kWh/m²a auf. Die Energieverbrauchsvergleichswerte für Turnhallen ohne Zuschauerbereich nach BBSR (2019) betragen abhängig der Energieaufwandsklasse rund 100 kWh/m²a bis 900 kWh/m²a. Weitere mittlere Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Sporthallen sind 135 kWh/m²a und 110 kWh/m²a (gute Energieaufwandsklasse) [vgl. BBSR, 2019, BMVBS, 2011, BMWi und BMI, 2021, BMWi und BMUB, 2015] (vgl. Tabelle 2-2).

⁴ Die Emissionen, die aus dem Betrieb und der Nutzung kommunaler Liegenschaften entstehen, wurden durch eine eigene Berechnung ermittelt. Die Berechnung erfolgt anhand von Kennwerten nach [prognos AG, 2011], [IWU, 2022] und [Hertle et al., 2019].

⁵ Der Endenergieverbrauch und die Emissionen, die aus dem Betrieb und der Nutzung kommunaler Sporthallen entstehen, wurden durch eigene Berechnungen ermittelt. Die Berechnungen erfolgten anhand von Kennwerten nach [ages GmbH, 2007] und [Sportministerkonferenz, 2002].

TABELLE 2-2: VERGLEICHSWERTE FÜR DEN ENERGIEVERBRAUCH VON SPORTHALLEN

Quelle	Gebäudetyp	Energieverbrauchswerte
BMVBS (2011)	Sporthallen	differenziert nach Baujahr
		vor 1976: 400 – 600 kWh/m ² a
		1977-1983: 300 – 450 kWh/m ² a
		1984-1994: 250 – 400 kWh/m ² a
		ab 1995: 200 – 300 kWh/m ² a
BMW i und BMUB (2015)	Sporthallen	135 kWh/m ² a
BBSR (2019)	Turnhalle ohne Zuschauerbereich (800m ²)	differenziert nach Energieaufwandsklasse
		sehr hoch: 872,6 kWh/m ² a
		hoch: 599,5 kWh/m ² a
		mittel: 316,8 kWh/m ² a
		gering: 175,9 kWh/m ² a
		sehr gering: 103,87 kWh/m ² a
BMW i und BMI (2021)	Sporthallen	110 kWh/m ² a

Die Divergenzen der energetischen Qualität von Sporthallen sind primär auf das Baujahr, die davon abhängigen Sanierungszyklen und auf die bei Gebäudeerstellung gültigen Anforderungen an die Gebäudeenergieeffizienz (ordnungspolitische Instrumente) zurückzuführen. Rund 60 % der Sporthallen sind vor der ersten Wärmeschutzverordnung und somit ohne Anforderungen an einen energiesparenden Wärmeschutz erbaut worden (vgl. Kapitel 2.2). Dadurch wird unter Annahme eines 40-jährigen Gebäudesanierungszyklus und durch das Ausbleiben von Sanierungen (fortwährender Sanierungsstau) ein Großteil der Sporthallen den heutigen Anforderungen an die Qualität der Gebäudehülle und die Anlagentechnik nicht mehr gerecht. Ausgehend von dem gesamten Nichtwohngebäudesektor weisen nur 41,4 % der Gebäude eine Wärmedämmung an der Außenwand auf. Während der obere Gebäudeabschluss der Nichtwohngebäude zu 81,6 % gedämmt ist, ist bei nur 37,9 % der Nichtwohngebäude der untere Gebäudeabschluss gedämmt. Bei der differenzierten Betrachtung zwischen Alt- und Neubauten ist eine weitaus schlechtere Dämmqualität der Gebäudehülle bei Bestandsgebäuden, denen der Großteil der Sporthallen angehört, erkennbar [vgl. IWU, 2022] (vgl. Tabelle 2-3).

TABELLE 2-3: AUFTEILUNG GEG-RELEVANTE NICHTWOHNGEBÄUDEN NACH BAUALTER UND DÄMMFORTSCHRITT

GEG-relevante Nichtwohngebäude					
Aufteilung nach Baualter			Dämmfortschritt (Anteil der Gebäude)		
			Außenwand	oberer Gebäudeabschluss	unterer Gebäudeabschluss
bis 1978	Gebäude vor der 1. WärmeschutzV	58 %	30,8 %	77,1 %	22,2 %
1979 - 2009	Gebäude nach der 1. WärmeschutzV	38 %	51,9 %	86,6 %	45,5 %
ab 2010	Neubauten	4 %	91,5 %	96,1 %	87,0 %

Quelle: eigene Darstellung, gemäß [IWU, 2022]

Die Wärmeerzeugung in Sporthallen erfolgt primär durch einen zentralen, mit fossilen Energieträgern betriebenen Heizkessel (Erdgas/Öl) [vgl. BMVBS, 2011, IWU, 2022]. Fernwärme, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Holz als Energieträger kommen selten zum Einsatz. Die Wärmeübergabe in Sporthallen erfolgt hauptsächlich durch statische Heizflächen in den Nebenräumen und einer Luftheizung in dem Hallenbau. Gelegentlich kommen Flächenheizungen, wie Deckenstrahl- und Fußbodenheizungen, zum Einsatz, ebenso Lüftungsanlagen ohne Heizfunktion. Die Trinkwassererzeugung wird entweder zentral über die Heizungsanlage oder dezentral über einen elektrisch beheizten Speicher garantiert. In der Regel sind Leuchtstofflampen in den Hallen installiert (vgl. Tabelle 2-4) [vgl. BMVBS, 2011].

TABELLE 2-4: VORHANDENE ANLAGENTECHNIK IN SPORTHALLEN (ABSCHÄTZUNG)

Wärmeerzeugung	
Heizkessel Öl/Gas	überwiegend
Fernwärme	selten
Feste Biomasse	sehr selten
BHKW	sehr selten
Wärmeübergabe	
Statische Heizflächen	oft
Luftheizung	oft
Flächenheizung	gelegentlich
Trinkwassererzeugung	
Zentral	überwiegend
Kein Warmwasser	gelegentlich
Dezentral elektrisch	sehr selten
Beleuchtung	
Leuchtstoffröhre	oft
HQL/NaQL	gelegentlich
Mechanische Lüftung	
Anlage vorhanden	gelegentlich
Klimatisierung	
Anlage vorhanden	gar nicht
Abschätzung der Häufigkeit - Skala: immer – überwiegend – oft – gelegentlich – selten – sehr selten – garnicht	

Quelle: eigene Darstellung, gemäß [BMVBS, 2011]

Im Jahr 2000 wurde ein Sanierungsbedarf von 42,8 %⁶ bei Sporthallen festgestellt und für den Zeitraum von 2012 bis 2020 ein Investitionsbedarf für kommunale Sporthallen von rund 7 Mrd. EUR ermittelt [vgl. Sportministerkonferenz, 2002, von Hebel et al., 2011]⁷. Dieser Bedarf spiegelt den fortwährenden Sanierungsstau wider [vgl. DStGB et al., 2018, Jagemann, 2007, Raffer und Scheller, 2022, Reidenbach, 2009]. Obwohl das absolute Bestandmarktvolument in den vergangenen Jahren insgesamt angestiegen ist, machen energetische Sanierungsmaßnahmen nur weniger als ein Drittel des Volumens aus [vgl. BBSR, 2022a]. Demnach werden pro Jahr lediglich 0,7 % der

⁶ Die innerhalb der Sportstättenstatistik ermittelte Rate umfasst ein fünf Jahreszeitraum und Sanierungen aus bau-, sportfachlichen und/oder betriebsbedingten Gründen. Die energetische Sanierung stellt demnach nur ein Teil des ermittelten Sanierungsbedarf dar.

⁷ Ausgehend von der Abgangsrate, eines 40jährigen Sanierungszyklus (Lebensdauer) und einer annähernd gleichbleibenden Sanierungsrate von Nichtwohngebäuden in den vergangenen Jahren, wird von einer Beständigkeit bzw. einer Erhöhung des Sanierungsbedarfs (Mindestwerte) ausgegangen [vgl. Destatis, 2021, IWU, 2022, Jagemann, 2007, Singhal und Stede, 2019].

Gebäudehülle von Nichtwohngebäude beziehungsweise 1,1 % der Gebäudehülle von Nichtwohngebäuden, die vor 1978 erbaut wurden, nachträglich energetisch saniert. Demnach wurden 19,3 % (Nichtwohngebäude) bzw. 30,3 % (Nichtwohngebäude vor 1978) der Gebäudehüllfläche seit der Errichtung energetisch modernisiert. Die Modernisierungsrate der Wärmeerzeuger beträgt ca. 2,3 % der GEG-relevanten Nichtwohngebäude und bei Nichtwohngebäuden, die vor 1978 erbaut wurden, 2,5 % [vgl. IWU, 2022]. Des Weiteren werden bei Sanierungen an Nichtwohngebäuden überwiegend Teilsanierungen / Einzelsanierungsmaßnahmen (bis zu 70 %) ausgeführt [vgl. BBSR, 2022a]. Ebenso kommt bei der Modernisierung eines mit fossilen Energieträgern betriebenen Wärmeerzeugers überwiegend der gleiche Energieträger zum Einsatz. Ausgehend von einem am häufigsten in Sporthallen zum Einsatz kommenden Gas-Heizkessel, wird bei einer Sanierung zu 80,5 % diese Art der Wärmeerzeugung wieder installiert [vgl. IWU, 2022].

2.5 Betreiber: Kommunen

In Deutschland gibt es rund 11.000 Kommunen. Kommunen sind von der staatlichen Verwaltung getrennte Gebietskörperschaften, wodurch Ihnen die Hoheit in einem bestimmten Gebiet obliegt. Darüber hinaus haben alle Kommunen das Recht der Selbstverwaltung, das ihnen durch Artikel 28 des Grundgesetzes zugesprochen wird und ihnen garantiert „alle Angelegenheiten der örtlichen Gemeinschaft im Rahmen der Gesetze in eigener Verantwortung zu regeln“ (Artikel 28 Satz 2 GG) („Allzuständigkeit“). Somit verfügen die Kommunen über Personal-, Finanz-, Organisations-, Planungs-, Satzungs-, Gebiets- und Aufgabenhoheit. Die Zuständigkeiten sind jedoch nachrangig gegenüber Bundes- und Landesrecht, wodurch eine subsidiäre Allzuständigkeit besteht [vgl. Heinrich Böll Stiftung, 2022].

In den Kommunalverfassungen (Gemeindeordnungen und Landkreisordnungen) sind die kommunalen Aufgaben und Pflichten geregelt. Solche Aufgaben können zum einen Pflichtaufgaben sein, die vom Bund oder dem Land vorgeschrieben und auf die Kommunen übertragen werden und zum anderen freiwillige Aufgaben, die sich die Kommunen selbst auferlegen. Die Pflichtaufgaben der Kommunen integrieren die öffentliche Daseinsvorsorge (vgl. Art. 20 GG), die alle Aufgaben zur Grundversorgung der Einwohner umfassen. Je nach Größe der Kommune kann sich das Aufgabenspektrum unterscheiden.

Die kommunalen Aufgabenbereiche Sportstätten und Klimaschutz, die den Forschungsinhalt dieser Arbeit aufgreifen, gehören nicht zu den kommunalen Pflichtaufgaben. Da die Gewährleistung von Sportunterricht und die dafür erforderlichen äußeren Rahmenbedingungen zu schaffen zu den Pflichtaufgaben zählt, ist die Zuordnung der Aufgaben im Bereich der Sportstätten nicht ganz eindeutig. Die kommunalen Aufgabenbereiche sind dahingehend entscheidend, dass durch die Haushaltskonsolidierung Investitionen in freiwillige Aufgaben im Vergleich zu Pflichtaufgaben bei angespannter Finanz- und Haushaltslage zur Disposition stehen.

Personalsituation

Insgesamt gibt es in Deutschland rund 1,45 Mio. Beschäftigte in den Kernhaushalten der Kommunen [vgl. Destatis, 2023a]. In den letzten 10 Jahren ist die Anzahl der Beschäftigten stetig gestiegen. Trotz des allgemeinen Personalzuwachs im öffentlichen Dienst in den vergangenen Jahren herrscht ein Personalmangel, insbesondere in den technischen Berufen. Insgesamt beträgt der aktuelle Personalbedarf im öffentlichen Dienst 326.400 Beschäftigte und speziell in den

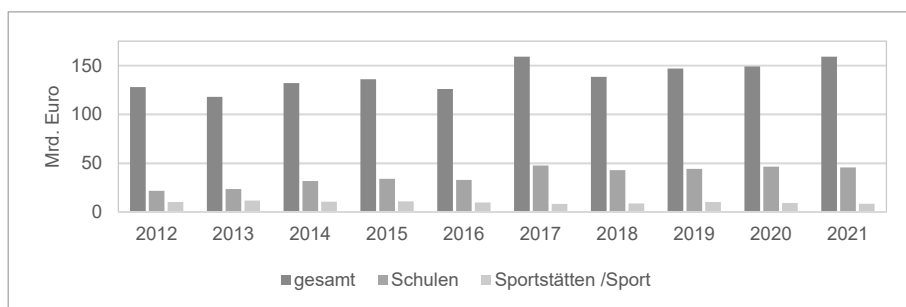
Kommunalverwaltungen etwa 145.800 Stellen [vgl. dbb, 2021b, Destatis, 2009, Destatis, 2023a, DGB, 2021, Städtetag et al., 2021]. Diese Personallücke wird in den kommenden Jahren durch den demographischen Wandel voraussichtlich weiter anwachsen [vgl. dbb, 2021a, DGB, 2021, HSL, 2022]. Zudem vergrößert sich das kommunale Aufgabenspektrum, indem den Kommunen immer mehr Aufgaben durch Bund und Länder zugewiesen werden (Kommunalisierung von Aufgaben) [vgl. Holler et al., 2017, Schmid und Wilke, 2016]. Aber auch Ereignisse aus den vergangenen Jahren wie die Flüchtlingskrise oder die Corona-Pandemie stellen die Kommunen vor neue Herausforderungen. Demnach haben etwa 43 % der Beschäftigten in der Verwaltung des öffentlichen Dienst Mehrarbeit, was Qualitätsabstriche bei der Arbeit implizieren kann [vgl. DGB, 2021, Schmid und Wilke, 2016].

Finanzensituation

Die Finanzierungssalden der Kommunen sind seit 2012 meist positiv. Trotz der Corona-Krise konnte selbst im Jahr 2021 ein Überschuss erwirtschaftet werden. Dieser Finanzierungsüberschuss konnte jedoch nur durch zahlreiche Unterstützungsmaßnahmen (z.B. Gewerbesteuerkompensation) durch den Bund und Länder erreicht werden [vgl. Boettcher et al., 2021, Raffer und Scheller, 2022]. Ohne die Entlastungsmaßnahmen hätten die Kommunen das Jahr 2020 mit einem Rekorddefizit abgeschlossen. Dementsprechend verzeichneten Bund und Länder ein Finanzierungsdefizit [vgl. Boettcher et al., 2021]. Trotz insgesamt positivem Finanzierungssaldo gibt es große Unterschiede zwischen finanzstarken und -schwachen Kommunen. Demnach besteht in den Kommunen weiterhin ein Investitionsrückstand. Der wahrgenommene Investitionsrückstand der Kommunen im Jahr 2021 betrug rund 159,4 Mrd. EUR. Den größten Anteil an dem Rückstand nimmt der Bereich „Schulen einschließlich Erwachsenenbildung“, der Schulsportstätten miteinschließt, mit etwa 29 % (45,6 Mrd. EUR) ein. Sportstätten und Bäder haben einen Anteil von 5,3 % (8,5 Mrd. EUR) am kommunalen Investitionsrückstand. Die Entwicklung der Investitionsrückstände in den vergangenen Jahren ist in Abbildung 2-3 abgebildet. Die Rückstände im Bereich Sportstätten/Sport konnten seit 2019 etwas reduziert werden, was auch auf Förderprogramme (Investitionspakt Sportstätten) zurückzuführen ist. Der Bereich „Schulen inkl. Erwachsenenbildung“ ist in den vergangenen 10 Jahren durch Schwankungen mit ansteigender Tendenz gekennzeichnet. Die kommunalen Investitionen im Jahr 2021 wurden zu 25 % über Kommunalkredite und zu 25 % über selbst zu beantragende Fördermittel finanziert, was auf eine angespannte Finanz- und Haushaltslage vieler Kommunen und auf deren

Abhängigkeit von Bund und Länder hinweist [vgl. Raffer und Scheller, 2022]. Die Investitionen in kommunale Sportstätten und Schulen sind in den vergangenen Jahren zwar angestiegen, werden allerdings durch den Anstieg der Baupreise erschwert. So wurde in den vergangenen Jahren der Anstieg der kommunalen Ausgaben in Baumaßnahmen um „gut die Hälfte [...] durch die gestiegenen Baupreise „aufgefressen“ [Raffer und Scheller, 2022, S.6].

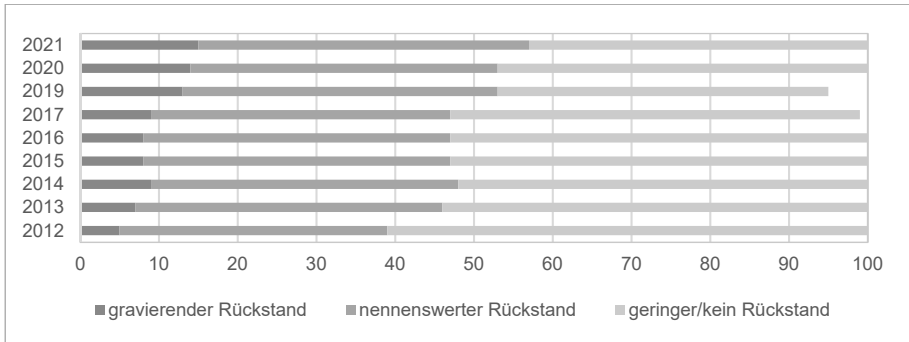
ABBILDUNG 2-3: ENTWICKLUNG DER INVESTITIONSRÜCKSTÄNDE, 2012-2021



Quelle: eigene Darstellung, gemäß [KfW, 2012-2022]

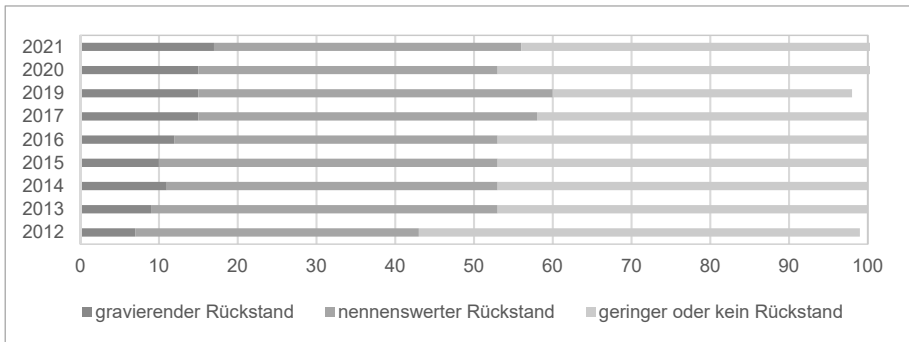
Darüber hinaus wird der Investitionsrückstau durch den Anstieg des Anteils der gravierenden Rückstände seit 2012 im Bereich Sportstätten/Sport und Schulen deutlich (vgl. Abbildung 2-4 und Abbildung 2-5). Während im Jahr 2012 unter 10 % der Kommunen einen gravierenden Rückstand sowohl im Bereich der Sportstätten und Bäder als auch im Bereich der Schulen auswies, wurde im Jahr 2021 von 15 % der Kommunen der Investitionsrückstand als gravierend eingeschätzt. Kongruent zu der Einschätzung des Investitionsrückstandes geben etwa 57 % der Kommunen an, den laufenden Unterhalt der Sportstätten und Bäder teilweise, nur in geringem Umfang oder gar nicht gewährleisten zu können. Eine etwas bessere Bestandsituation ist bei den Schulen zu verzeichnen. So können 36 % der Kommunen dem laufenden Unterhalt nur teilweise oder in geringem Umfang decken [vgl. Raffer und Scheller, 2022].

ABBILDUNG 2-4: QUALITATIVE EINSCHÄTZUNG ZUM INVESTITIONSRÜCKSTAND 2012-2021, SPORTSTÄTTEN UND BÄDER



Quelle: eigene Darstellung, gemäß [KfW, 2012-2022]

ABBILDUNG 2-5: QUALITATIVE EINSCHÄTZUNG ZUM INVESTITIONSRÜCKSTAND 2012-2021, SCHULEN INKL. ERWACHSENENBILDUNG



Quelle: eigene Darstellung, gemäß [KfW, 2012-2022]

2.6 Zwischenfazit

Bis zum Jahr 2045 soll ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand und eine Reduzierung des Gebäudeprimärenergiebedarfs um 80 % gegenüber 2008 erzielt werden. Die Sanierung von kommunalen Bestandsgebäuden nimmt eine Schlüsselrolle zum Erreichen der gebäudespezifischen Energieeinspar- und Klimaschutzziele ein. Durch Sanierungen können die Umweltwirkungen und die Betriebskosten der Gebäude reduziert sowie der Komfort der Nutzer und der Schutz der Bausubstanz gesteigert werden. Kommunen haben umfassende Handlungsmöglichkeiten, um Emissionen einzusparen. Ebenso haben sie durch ihre Vorbildfunktion die Pflicht aktiv zum Einsparen von Emissionen beizutragen. Den kommunalen Handlungsspielraum können eine angespannte Finanz- und Haushaltssituation sowie unzureichende Personalressourcen, insbesondere Fachkräfte jedoch stark eingrenzen.

Darüber hinaus haben Sporthallen eine bedeutende soziokulturelle Funktion und stellen eine der wichtigsten Ressourcen des Vereins- und Schulsport dar. Gemäß dem Prinzip „Ohne Sportstätten kein Sport“ fungieren Sportstätten zugleich als Bildungs-, Integrations- und gesundheitsfördernder Sozialraum.

Kommunale Sporthallen bilden die Schnittmenge aus den schätzungsweise rund 176.000 kommunalen Nichtwohngebäuden und den 35.428 Sporthallen in Deutschland. Es gibt es rund 30.000 kommunale Sporthallen in Deutschland, die etwa 17 % der kommunalen Liegenschaften ausmachen. Ein Großteil der Sporthallen wurde zu Zeiten des Goldenen Plans errichtet, wodurch rund 60 % Hallen vor der ersten Wärmeschutzverordnung erbaut wurden. Die damals errichteten Hallen wurden größtenteils am Wettkampfsport und somit an rein funktional- beziehungsweise technisch-effizienzorientierten Kriterien ausgelegt. Das impliziert zum einen den weitgehend ähnlichen Aufbau der Hallen, der sich in den Hallenbau und die Nebenräume unterteilt. Zum anderen entsprechen die Sporthallen dadurch meist nicht mehr den heutigen gesellschaftlichen Bedarfen, die sich aus dem demographischen Wandel und der Individualisierung des Sportverhaltens entwickelten.

Durch den damaligen Bauboom, insbesondere zu den Zeiten des Goldenen Plans, wird die quantitative Nachfrage nach regelkonformen Anlagen überwiegend gedeckt. Hingegen weist die energetische Qualität eines Großteils der kommunalen Sporthallen Mängel auf. Das ist sowohl auf das Baujahr der Hallen als auch auf den fortwährenden Sanierungsstau zurückzuführen. So werden pro Jahr maximal 1,1 % der Gebäudehüllfläche von Nichtwohngebäuden nachträglich energetisch saniert. Des

Weiteren führt die Beheizungsstruktur der Sporthallen dazu, dass diese den höchsten Energieverbrauch deutscher Sportanlagen aufweisen. Anhand von Kennwerten wurde der Endenergieverbrauch von kommunalen Sporthallen in Höhe von rund 7,0 TWh/a und CO₂-Emissionen von rund 2,0 Mio. t CO₂-Äquiv./a ermittelt. Dadurch haben sie einen Anteil von etwas mehr als 20 % am Endenergieverbrauch und an den CO₂-Emissionen der kommunalen Liegenschaften.

Die Bestandssituation der kommunalen Sporthallen begründet einen deutlichen Sanierungs- und Investitionsbedarf sowohl in baulicher als auch in energetischer Hinsicht. Der Investitionsbedarf ist zugleich die Chance, die kommunalen Sporthallen in einen bedarfs- und zukunftsorientierten sowie energetisch optimierten und funktionalen Zustand zu überführen und sie als gesellschaftliche Treffpunkte und als Bildungs-, Integrations- und gesundheitsfördernden Sozialraum zu erhalten oder zu stärken. Sporthallensanierungen bergen demnach ökologische, ökonomische und soziokulturelle Potenziale und Vorteile für die Umwelt, die Betreiber und die Nutzer.

3. Analyse von Sanierungshemmnissen bei kommunalen Sporthallen

Die Bestandssituation in Kapitel 2 stellt sowohl ein Innovations- als auch Sanierungs- und Investitionserfordernis bei kommunalen Sporthallen dar. Um diesen Bedarfen nachzukommen, erfordert es einer Analyse von Sanierungsgründen und -hemmnissen gegenüber kommunalen Sporthallen. Diese werden im folgenden Kapitel durch eine Online-Umfrage und anhand von Experteninterviews ermittelt. Für ein umfassendes Verständnis für die Hemmnisse und deren Auswirkungen bedarf es zudem einen Erkenntnisgewinn über die derzeitige Umsetzung von Sporthallensanierungen.

Im folgenden Kapitel wird ergänzend zur der in Kapitel 1.3 beschriebenen Methodik für beide Forschungsmethoden der Untersuchungsgang beschrieben und die Ergebnisse dargestellt.

3.1 Umfrage

3.1.1 Untersuchungsgang

Zur Analyse der Gründe und Hemmnisse gegenüber kommunalen Sporthallensanierungen wird eine Online-Umfrage durchgeführt. Der Umfang der Erhebung beinhaltet neben den für das Forschungsziel der vorliegenden Arbeit relevanten Inhalte weitere Fragegruppen für zukünftige Arbeiten. Diese Fragegruppen betrachten nachhaltige Sporthallensanierungen, die durch die Anwendung des Leitbilds „Nachhaltiges Bauen“ und dessen Kriterien abgebildet werden. Der gesamte Fragenkatalog ist in Anlage I. dargestellt. Im Folgenden werden nur die Fragen dargelegt und ausgewertet, die für den Forschungsinhalt der vorliegenden Arbeit von zentraler Bedeutung sind.

Die Wahl der Erhebungsmethode erfolgt aufgrund der Möglichkeit einer zeitlich und räumlich unabhängigen Analyse [vgl. Wagner-Schelewsky und Hering, 2019]. Ebenso garantiert die hohe Anonymität bei Online-Umfragen meist ehrlichere und überlegtere Antworten und die Tendenz zur sozialen Erwünschtheit wird gemindert [vgl. Häder, 2019, Wagner-Schelewsky und Hering, 2019]. Weiterhin kann der Interviewereffekt im Vergleich zu mündlichen Befragungen umgangen, eine hohe Stichprobengröße erreicht und durch die direkte Datenerfassung Fehler gegenüber einer manuellen Datenerfassung verhindert werden [vgl. Häder, 2019, Schnell, 2019]. Die Tatsache, dass nur Institutionen mit Internetzugang an der Umfrage teilnehmen können, stellt kein Nachteil dar, da alle Kommunen einen solchen besitzen.

Die Umfrage wird mit dem Programm „LimeSurvey“ erstellt und durchgeführt. Auf Grundlage den aus Kapitel 2 gewonnenen Erkenntnissen werden Hypothesen abgeleitet. Entsprechend des Forschungsziels sowie zur Hypothesenprüfung werden geeignete Fragen sowie Antworten und deren Skalierung gewählt. Die Fragebogenkonstruktion, erfolgt unter Berücksichtigung der Gütekriterien quantitativer Forschung „Objektivität, Reliabilität und Validität“ [vgl. Hollenberg, 2016, Porst, 2014, Theobald, 2017].

Zur Unterteilung der Umfrageteilnehmenden nach ihren Sanierungserfahrungen mit kommunalen Sporthallen wird zu Beginn der Umfrage die Frage „Wurden seit 2011 oder werden bis Ende 2023 in Ihrer Kommune Sporthallen saniert?“ gestellt. Durch die Eingangsfrage können die Kommunen in zwei Gruppen eingeteilt werden. Für die Kommunen, die die Frage bejahen, wird aufgrund ihrer Erfahrungen mit Sporthallensanierungen der gesamte Fragenkatalog freigegeben. Für die Kommunen,

die seit 2011 oder bis Ende 2023 keine Sporthallensanierungen durchführten, wird der Umfang der Erhebung auf zwei Fragegruppen eingegrenzt.

Die erste Fragegruppe beinhaltet Fragen zum Umfrageteilnehmenden selbst und der Kommune. Diese Fragen dienen primär als Auswertungsgrundlage der Ergebnisse der folgenden Fragegruppen. Demnach können durch die Angabe der Einwohnerzahl der Kommune Korrelationen der Forschungsergebnisse mit der Kommunengröße analysiert werden. Ebenso kann überprüft werden, ob Kommunen mehrfach an der Erhebung teilnehmen und ob die Teilnehmenden die für die Beantwortung des Fragebogens erforderliche Kompetenz aufweisen.

In der darauffolgenden Fragegruppe erfolgt die Erhebung zur Umsetzung kommunaler Sporthallensanierungen. Hierbei werden Informationen zum Sporthallenbestand der Kommunen erfragt. Darüber hinaus werden Daten zur Umsetzung von Sporthallensanierungen seit 2011 und/oder bis 2023 erhoben, wobei die jeweilige Anzahl der Sanierungen anzugeben ist. Ergänzend zu den quantitativen Aspekten der Sporthallensanierungen wird der Sanierungsumfang erfragt. Hierbei wird zwischen Teil- und Komplettanierungen unterschieden. Abschließend erfolgen Fragen zu den Gründen für Sporthallensanierungen. Hierbei werden den Teilnehmenden vordefinierte Optionen für die Gründe von Gebäudesanierungen vorgelegt, die durch die Umfrageteilnehmer ergänzt werden können. Es werden die Hypothesen aufgestellt, dass Sporthallensanierungen überwiegend zur Gewährleistung ihrer Nutzung durchgeführt werden und dass größtenteils Teilsanierungen vollzogen werden.

Weitere Fragestellungen zielen darauf ab, die Hemmnisse bei der Umsetzung kommunaler Sporthallensanierungen zu erörtern. In diesem Zusammenhang werden Fragen zu Treibern und Hemmnissen gestellt, wodurch ein direkter Bezug zu potenziellen Handlungserfordernissen geschaffen wird. Es wird die These überprüft, dass die kommunale Finanz- und Personalsituation maßgebliche Hemmnisse gegenüber Sporthallensanierungen darstellen, diese allerdings durch weitere gebäudespezifische Hemmnisse ergänzt werden.

Nach Abschluss der Fragebogenkonstruktion werden Pretests zur Gewährleistung einer zuverlässigen Datenerhebung durchgeführt [vgl. Häder, 2019]. Zunächst erfolgt eine Überprüfung des Fragebogens durch wissenschaftliches Personal. Anschließend wird die Umfrage durch kommunales Fachpersonal geprüft, um noch etwaige kommunale Spezifika zu berücksichtigen.

Die Veröffentlichung der Umfrage wird aufgrund des hohen Aufwands einer bundesweiten Erhebung und durch die Kooperation mit einer ausgewählten Kommune auf das Bundesland Hessen beschränkt. Dennoch können die Ergebnisse unter Berücksichtigung länderspezifischer Besonderheiten, wie beispielsweise Förderprogramme, auf das gesamte Bundesgebiet übertragen werden, da insbesondere solche Faktoren auf die Forschungsergebnisse Einfluss haben, die über die Landesgrenzen hinweg eine Rolle spielen, wie beispielsweise die Größe der Kommune und die finanzielle Haushaltslage (vgl. Kommunaltypen [vgl. Baur et al., 2017]). Die Umfrage wird an 447 hessische Kommunen (per E-Mail) gesendet. Der Umfragezeitraum umfasst sechs Wochen.

Die Auswertung der numerischen Daten erfolgt anhand einer statistischen Analyse. Die qualitativen, nicht numerischen Daten werden anhand einer Kategorisierung und Quantifizierung der Antworten ausgewertet.

3.1.2 Ergebnisse

Insgesamt umfasst der Rücklauf 78 Antworten (17,4 %). Davon bejahten 23 Kommunen die Eingangsfrage (5,1 %). 28 Kommunen verneinten diese (6,3 %). Weitere 27 Kommunen (6 %) sendeten Ihre Antwort, dass Sie die Eingangsfrage nicht erfüllen, per Mail zurück.

Somit weisen etwa 30 % der teilgenommenen Kommunen (23 Kommunen, davon 5 Landkreise) eine Sporthallensanierung zwischen 2011 und 2023 auf (Kommunaltyp 1, vgl. Tabelle 3-1). 55 Kommunen können keine Erfahrungen aus Sporthallensanierungen aufweisen und begründen das Ausbleiben von Sporthallensanierungen überwiegend durch ihre fehlende Betreiberfunktion (80 %) (Kommunaltyp 3). Der verbleibende Anteil an Kommunen führt „kein Bedarf“ sowie Gründe zur Personal- und Finanzsituation an (Kommunaltyp 2).

Durch das Forschungsziel dieser Arbeit wird im Folgenden ausschließlich Kommunaltyp 1 aufgrund der Betreiberfunktion und Sanierungserfahrungen berücksichtigt. Die teilnehmenden Kommunen beantworteten die ersten beiden Fragegruppen vollständig, die letzte Fragegruppe wurde zu 52 % beantwortet.

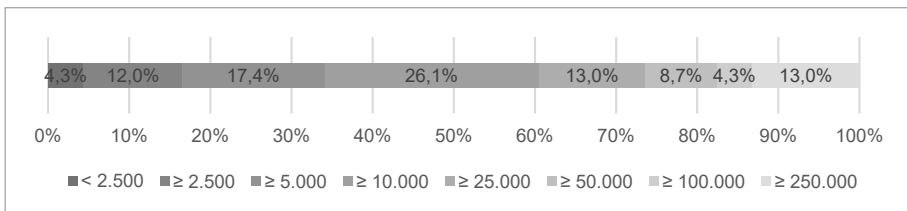
TABELLE 3-1: KOMMUNALTYPEN

	Betreiber	kein Betreiber	
Umsetzung von Sporthallensanierungen	Kommunaltyp 1 23		23
keine Umsetzung von Sporthallensanierungen	Kommunaltyp 2 11	Kommunaltyp 3 44	55
	34	44	78

Umsetzung kommunaler Sporthallensanierung

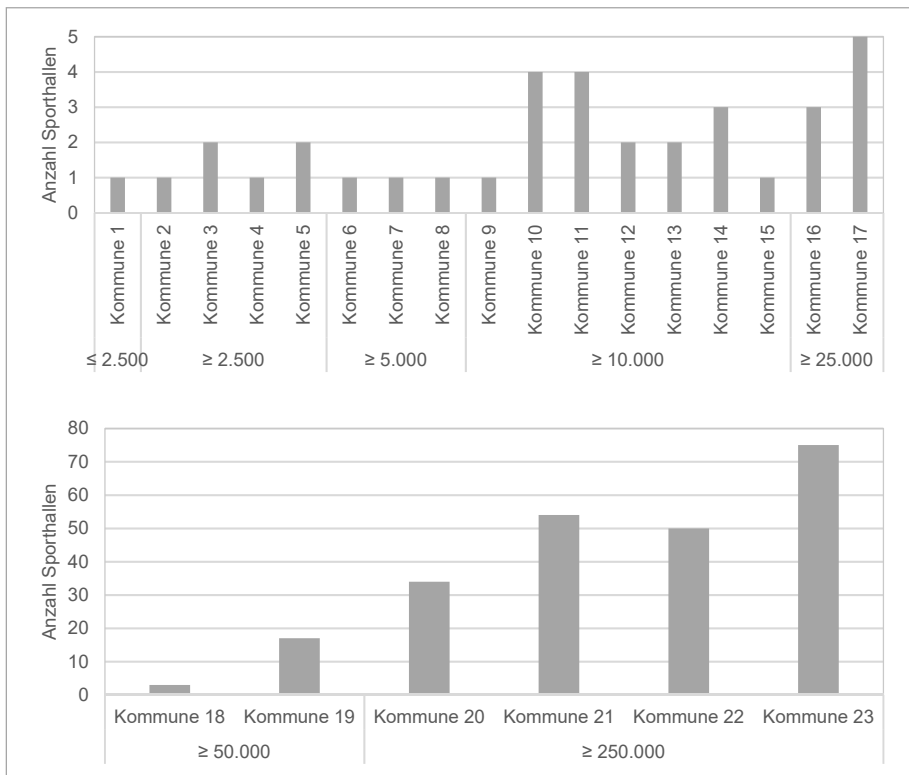
Die Kommunen, die Sanierungserfahrungen aufweisen (werden), weisen eine hohe Spannweite der Einwohnergrößenklassen auf. Die teilgenommenen Kommunen decken alle Einwohnergrößen, außer ≥ 500.000 Einwohner ab (vgl. Abbildung 3-1).

ABBILDUNG 3-1: EINWOHNERKLASSEN - KOMMUNALTYP 1



Die Kommunen gaben an zwischen einer und 75 Sporthallen zu betreiben. Anhand Abbildung 3-2 ist eine Korrelation zwischen Kommunengröße und Sporthallenanzahl erkennbar. Demnach weisen vor allem Kommunen mit mehr 50.000 Einwohner eine Vielzahl an Hallen auf. Fünf der sechs an der Umfrage teilgenommenen Kommunen mit mehr als 50.000 Einwohnern sind Landkreise, wodurch die Betreiberfunktion der Landkreise (Schulträger) verdeutlicht wird.

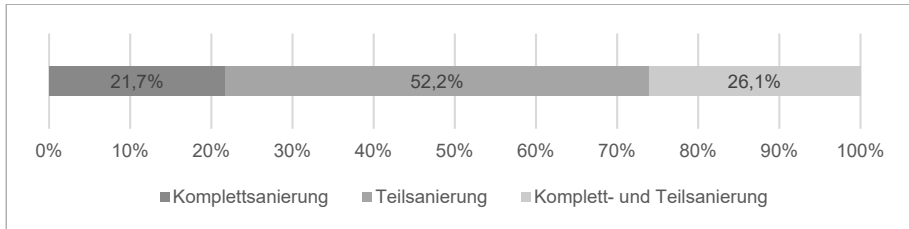
ABBILDUNG 3-2: SPORTHALLENANZAHL IN ABHÄNGIGKEIT DER EINWOHNERKLASSEN



91,3 % der Kommunen geben an, dass sie seit 2011 eine Sporthallensanierungen durchführten. Es wurden zwischen einer und 14 Sporthallen je Kommune saniert. Die verbleibenden 8,7 % der Kommunen, die seit 2011 keine Sporthallensanierungen durchführten (aber zukünftig planen), begründen dies mit der Finanzsituation der Kommune sowie mit „kein Bedarf“. Zukünftige Sanierungen (bis 2023) planen etwas mehr als die Hälfte der Kommunen (56,5 %). Hierbei sollen je Kommune zwischen einer und 15 Sporthallen saniert werden.

Der Sanierungsumfang bei kommunalen Sporthallen umfasst sowohl Teil- als auch Komplettsanierungen. Allerdings überwiegt der Anteil der Teilsanierungen (52,2 %) gegenüber dem der Komplettsanierungen (21,7 %). Bei 21,7 % der Kommunen wurden beide Sanierungsarten ausgeführt (vgl. Abbildung 3-3). Eine Korrelation zwischen dem Sanierungsumfang und der Sporthallenanzahl beziehungsweise der Kommunengröße ist nicht festzustellen.

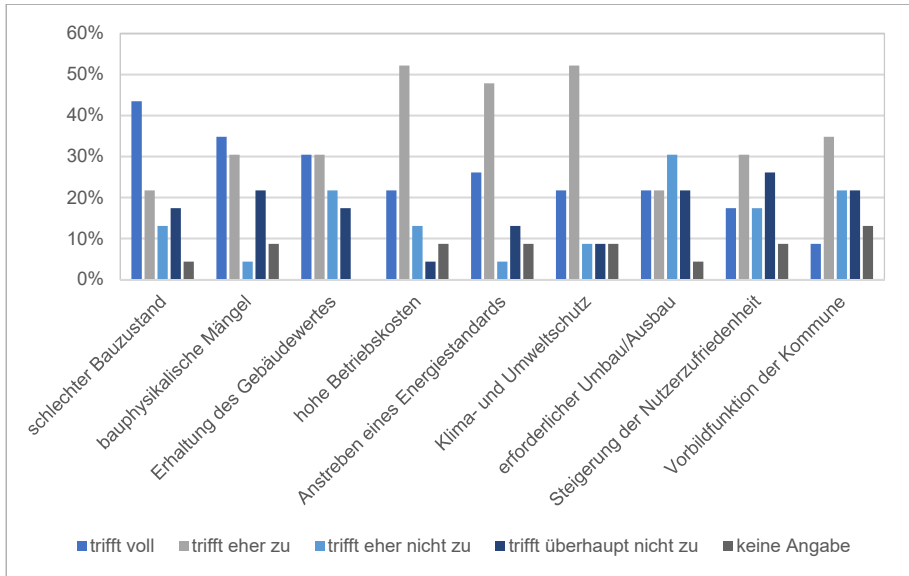
ABBILDUNG 3-3: SANIERUNGSUMFANG KOMMUNALER SPORTHALLEN (WELCHEN UMFANG HATTEN/HABEN DIE SANIERUNGSMAßNAHMEN BEI SPORTHALLEN?)



Sanierungsgründe

Ein Großteil der Sanierungsgründe wird hoch (trifft zu, trifft eher zu) bewertet. Besonders hervorgehoben wird der schlechte Bauzustand der Sporthallen, der als der maßgeblichste Grund für eine Sanierung gesehen wird. Weitere signifikante Gründe sind die hohen Betriebskosten, das Anstreben eines Energiestandards und der Klima- und Umweltschutz. Bauphysikalische Mängel und die Erhaltung des Gebäudewertes werden als nachrangige, aber dennoch zutreffende Sanierungsgründe betrachtet. Ein erforderlicher Umbau/Ausbau, die Steigerung der Nutzerzufriedenheit und die Vorbildfunktion der Kommune werden hingegen als untergeordnete Faktoren für Sporthallensanierungen angesehen (vgl. Abbildung 3-4). Die vorgegebenen Sanierungsgründen wurden durch die Umfrageteilnehmenden um die Aspekte „Probleme mit der Trinkwasserhygiene“, „die technische Gebäudeausrüstung“, „Brandschutz“ und „Übernahme des Gebäudes zur Erhaltung/Zuwendungsmaßnahmen“ (je eine Nennung) ergänzt.

ABBILDUNG 3-4: SANIERUNGSGRÜNDE BEI KOMMUNALEN SPORTHALLEN (WELCHE GRÜNDE FÜHREN/FÜHRTEN IN IHRER KOMMUNE ZUR SANIERUNG DER SPORTHALLE/N? BEWERTEN SIE.)



Die hohe Bewertung des Sanierungsgrundes „schlechter Bauzustand“ bestätigt die Hypothese, dass Sanierungen hauptsächlich durchgeführt werden, um die Nutzbarkeit der Halle sicherzustellen. Dies wird durch die zusätzlich angeführten Gründe bekräftigt. Es werden allerdings auch weitere Gründe wie „hohe Betriebskosten“, „Anstreben eines Energiestandards“ und „Klima- und Umweltschutz“ von den Befragten als wesentlich eingestuft. Darüber hinaus wird durch die Umfrageergebnisse die Hypothese bestätigt, dass Sanierungsmaßnahmen meist in Form von Teilsanierungen vollzogen werden.

Hemmnisse

Als Treiber für die Umsetzung von nachhaltigen Sporthallensanierungen⁸, geben die Befragten am häufigsten „Vorgaben“ an. Diesbezüglich werden sowohl gesetzliche, politische als auch eigene (klimapolitische) Vorgaben genannt. Ein weiterer mehrfach genannter Treiber ist das Förderprogramm (vgl. Abbildung 3-5). Von einzelnen

⁸ nachhaltige Sporthallensanierungen werden in der Umfrage über den Einsatz von Nachhaltigkeitskriterien, wie zum Beispiel die Energieeffizienz, definiert [vgl. BMI, 2019]. Die thematische Ausweitung resultiert aus dem Forschungsumfang der Umfrage (vgl. Kapitel 3.1.1). Die Übertragbarkeit auf energetische Sporthallensanierungen wird in Kapitel 3.2 überprüft.

Kommunen wurden weitere Treiber wie die Technik, die Nutzer, das Kosten/Nutzen-Verhältnis, die Gesellschaft und engagierte Mitarbeiter genannt.

Ein Hemmnis gegenüber nachhaltigen Sporthallensanierungen sehen die Kommunen primär in der Finanzsituation. Diesbezüglich nennen die Kommunen neben den allgemeinen Begriffen „Kosten“ und „Finanzen“ auch eine „unflexible Finanzgestaltung“, „Haushaltsjahr gebundenen Mittel“ und „sehr lange nicht wirtschaftliche Amortisation“. Des Weiteren werden mehrfach die Personalsituation, das Förderprogramm sowie Vorgaben als Hemmnisse definiert. Hierzu werden beispielsweise die Personalkapazitäten, der hohe Verwaltungsaufwand bei Förderprogrammen und überladene Baunormen genannt. Weitere von einzelnen Kommunen genannte Hemmnisse sind das „Anspruchsdenken der Nutzer“, „fehlende Fachkenntnisse“ und „Hürden bei öffentlichen Vergabeverfahren“. Darüber hinaus werden Probleme bei Zuständigkeiten beschrieben, da „Sporthallen meist im Besitz des Schulträgers (Landkreis) [sind]“ (vgl. Abbildung 3-6).

ABBILDUNG 3-5: UMFRAGE - KATEGORISIERUNG TREIBER

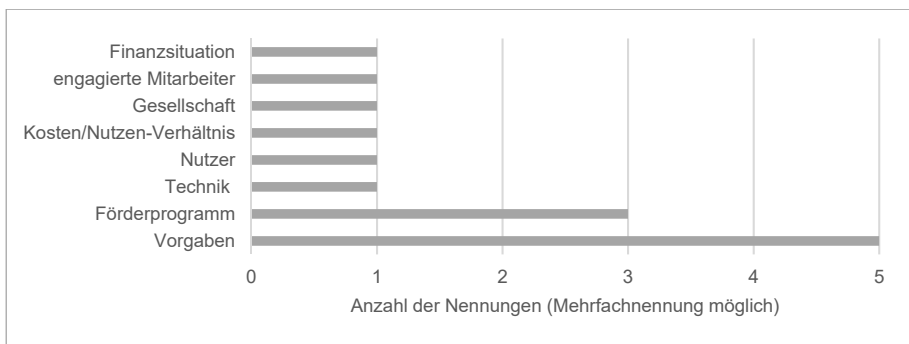
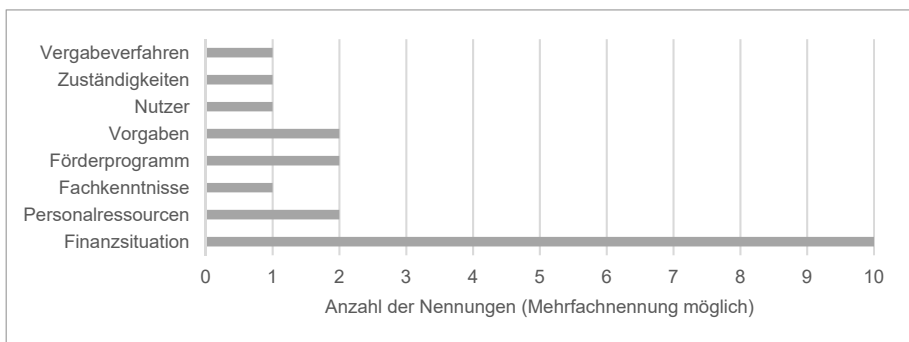


ABBILDUNG 3-6: UMFRAGE - KATEGORISIERUNG HEMMNISSE



Die Auswertung der Umfrageergebnisse, vor allem die Vielfalt an Angaben als auch die Überschneidungen zwischen Treiber und Hemmnissen, verdeutlicht die Heterogenität der Hemmnisse, die bei kommunalen Sporthallensanierungen auftreten. Das lässt Rückschlüsse auf die individuellen Herausforderungen der Kommunen zu. Die vorliegenden Umfrageergebnisse liefern eine Bestätigung der These, dass die kommunale Finanz- und Personalsituation maßgebliche Hemmnisse darstellen, jedoch durch weitere gebäudespezifische Hemmnisse ergänzt werden. Diese gebäudespezifischen Hemmnisse können fehlende politische Vorgaben oder die „nur mit viel Verwaltungsaufwand erreichbare[n] Fördermittel“ sein.

3.2 Experteninterviews

3.2.1 Untersuchungsgang

Zur Überprüfung, Strukturierung und Ergänzung der aus der Umfrage generierten Ergebnisse werden qualitative Interviews durchgeführt. Ebenso dienen die Interviews zur Überprüfung einer Übertragbarkeit der Umfrageergebnisse⁸ auf energetische Sporthallensanierungen. Zur Klärung der Forschungsfragen eignet sich die Befragung von Experten*innen, da diese „in irgendeiner Weise Verantwortung [...] für den Entwurf, die Implementierung oder die Kontrolle einer Problemlösung [tragen] oder [...] über einen privilegierten Zugang zu Informationen über Personengruppen oder Entscheidungsprozesse [...] verfügen“ [Meuser und Nagel, 1991, S.443]. Darüber hinaus können durch die Experteninterviews umfassende Einblicke in Perspektiven und Erfahrungen gewonnen werden.

Die Experteninterviews sind leitfadengestützt. Der Leitfaden wird „[s]o offen wie möglich, so strukturiert wie nötig“ [Helfferich, 2014, S.560], sodass dieser sowohl die Interviews strukturiert als auch deren Vergleichbarkeit garantiert. Entlang der Forschungsfragen der vorliegenden Arbeit gliedert er sich in vier Themenblöcke. Als Grundlage für die Analyse der Hemmnisse sowie als Einstieg in das Interview werden die Verwaltungsverfahren bei Sporthallensanierungen (-neubau) erfragt. Insbesondere sollen die Entscheidungsgrundlagen, -kriterien und -akteure erörtert werden. Ergänzend zu der Vorabanfrage im Rahmen der Expertenauswahl wird die Umsetzung von bereits realisierten und/oder geplanten energetischen Sporthallensanierungen erfragt. Der Hauptteil der Interviews dient der Darstellung von Hemmnissen und Treibern bei energetischen Sporthallensanierungen. Zum Schluss des Interviews wird die Möglichkeit gegeben, Handlungsbedarfe in Bezug auf kommunale energetische Sporthallensanierungen zu nennen (vgl. Anlage II.).

Die Auswahl der Expert*innen erfolgt anhand von Kriterien, die mit dem Forschungsziel abgestimmt sind. Die Expert*innen müssen über ausreichend Fachwissen im Bereich von Sporthallensanierungen verfügen und Kenntnisse über die kommunalen Verwaltungsstrukturen besitzen. Um sowohl die Fachexpertise als auch eine Vielfalt an Sichtweisen und Meinungen zu garantieren, werden Mitarbeiter*innen aus verschiedenen Fachabteilungen vorgesehen. Zusätzlich werden verschiedene Kommunen ausgewählt, die sich in ihrer Größe (gemessen an der Einwohnerzahl) und finanziellen Haushaltslage unterscheiden, um eine breite Perspektive zu erhalten. Um dennoch eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wird die Wahl der

Expert*innen auf Kommunen beschränkt, die analog zur Umfrage zusätzlich zu ihrer Betreiberfunktion bereits Sporthallensanierungen in den vergangenen Jahren durchführten. Insgesamt wurden vier Experten*innen gewählt, um das Forschungsfeld durch objektives Expertenwissen zu systematisieren [vgl. Wassermann, 2015] (vgl. Infobox). Der ausgewählte Expertenkreis umfasst die Gebietskörperschaften „Großstadt“, „Landkreis“ und „Gemeinde“, die Fachbereiche „Bau“, „Energie“ und „Klimaschutz“ sowie verschiedene finanzielle Haushaltslagen. Alle Kommunen führten ausschließlich Teilsanierungen am Sporthallenbestand durch.

Die Experteninterviews werden vor Ort in den Kommunalverwaltungen durchgeführt. Lediglich ein Interview erfolgt pandemiebedingt per digitalem Meeting.

INFOBOX: EXPERTEN(-INTERVIEWS)

- Experteninterview I:
Kommune 1 (Großstadt) – Abteilungsleitung Energiemanagement (Experte 1) – Interview vor Ort, ca. 90min
- Experteninterview II:
Kommune 2 (Landkreis) – Mitarbeiter*in Bauunterhaltung (Experte 2) – Interview vor Ort, ca. 60min
- Experteninterview III:
Kommune 2 (Landkreis) – Leitung und Mitarbeiter*in Fachbereich Bauen (Experte 3) – Interview per digitalen Meeting, ca. 45min
- Experteninterview IV:
Kommune 3 (Gemeinde) – Klimaschutzbeauftragte*r (Experte 4) – Interview vor Ort, ca.

Die Auswertung erfolgt anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse. Die Interviews werden transkribiert und die Auswertungseinheit in Bezug auf die Forschungsfragen reduziert [vgl. Dresing und Pehl, 2010, Kuckartz und Rädiker, 2022]. Die Sanierungsgründe und -hemmnisse werden durch ein mehrstufiges Verfahren der Kategorienbildung und Codierung [vgl. Kuckartz und Rädiker, 2022] ermittelt. Die Ergebnisse der Hemmnisanalyse werden anhand eines Kategoriensystem, bestehend aus Ober- und Subkategorien, dargestellt. Die Subkategorien werden induktiv ermittelt und anschließend gegliedert. Eine Subkategorie wird als solche bestimmt, wenn diese mindestens in zwei Fällen (Kommunen) vergeben wird. Auf Grundlage der Gliederung werden Oberkategorien gebildet.

3.2.2 Ergebnisse

Sanierungsgründe

Gemäß den Aussagen der Experten*innen stellen der mangelnde Bauzustand und die drohende Schließung beziehungsweise der Verlust der Funktionalität der Sporthallen die maßgeblichen Sanierungsgründe dar. Ein Experte betont: „Die Frage ist immer, muss schon zugemacht werden oder nicht? Das ist eigentlich der einzige wirkliche Auslöser für eine Sanierung“ (Experteninterview 1, Pos.71). Diese Aussage wird durch die Äußerung von Experte 3 gestützt, der die Nutzbarkeit der Hallen durch die Schulen als erste Priorität bezeichnet. Auch Experte 2 meint, dass „die Sanierungsaufgaben eigentlich mehr aus dem Zustand der baulichen Anlagen selbst [entstehen]. Sprich die technische Anlage hat ihre Lebenszeit erreicht.“ (Experteninterview 2, Pos. 48). Diesbezüglich beschreibt Experte 4 eine „Sowieso-Maßnahme“ im Rahmen der Abschreibung. Es herrscht Einigkeit unter den Experten*innen, dass energetische Gründe keinen Anreiz bei Sporthallensanierungen darstellen. So kann keine Kommune ein Sanierungsbeispiel vorweisen, bei dem „aus dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz“ (Experteninterview 4, Pos. 12) gehandelt wurde, denn „[I]eider ist von denen [Nutzer*innen, Betreiber*innen] meistens nicht die Motivation, dass der Energiebedarf zu hoch ist“ (Experteninterview 1, Pos. 4). Aus den Aussagen der Experten*innen lässt sich ableiten, dass bisher eine reaktive Vorgehensweise der Kommunen aufgrund akuten bautechnisch-bezogenen Handlungsbedarfs überwiegt, anstatt proaktiv einen vorausschauenden und systematischen Ansatz zur Umsetzung zu verfolgen.

Hemmnisse

Die Aussagen der Experten*innen zu den Hemmnissen gegenüber energetischen Sporthallensanierungen sind vielseitig, wodurch deren Heterogenität und die individuellen Herausforderungen der Kommunen deutlich werden. Dennoch lassen sich Schwerpunkte identifizieren (vgl. Tabelle 3-2). Das Kategoriensystem der Hemmnisanalyse gliedert sich in fünf Oberkategorien mit je zwei Subkategorien. Alle Kategorien werden durch die Experteninterviews gleichermaßen angeführt (vgl. Tabelle 3-2).

TABELLE 3-2: EXPERTENINTERVIEWS - KATEGORISIERUNG HEMMNISSE

Oberkategorie	Subkategorie	Beschreibung
Informationsdefizit	Fachexpertise	Hemmnisse in Bezug auf das Fachwissen in allen für eine Sporthallensanierung erforderlichen Akteursebenen, sowie das Engagement zur Umsetzung innovativer nachhaltiger Ideen respektive Vorurteile der Akteure
	Datengrundlage	Hemmnisse in Bezug auf Daten zum baulichen und anlagetechnischen Bestandszustand sowie Betriebsdaten durch ein Gebäude- und Energiemanagement
Finanzsituation	Finanzressourcen	Hemmnisse in Bezug auf die kommunalen Finanzmittel respektive (Investitions-)Kosten
	Finanzgestaltung	Hemmnisse in Bezug auf die kommunale Finanzgestaltung
Personalsituation	Personalkapazitäten	Hemmnisse in Bezug auf die Quantität der kommunalen Personalsituation
	Stellenbewertung	Hemmnisse in Bezug auf die finanzielle Attraktivität von kommunalen Stellen
förder-/politische Rahmenbedingungen	Förderprogramm	Hemmnisse in Bezug auf die Ausgestaltung des derzeitigen Förderprogramms
	Vorgaben	Hemmnisse in Bezug auf eigene, politische und gesetzliche Vorgaben
Sonstiges	Nutzer	Hemmnisse in Bezug auf den Einfluss der Nutzer*innen auf eine Sporthallensanierung bzw. auf die Energieeinsparung in Sporthallen
	Bestandssituation	Hemmnisse in Bezug auf die Bestandsstrukturen der Sporthallen

Die Kategorie „Informationsdefizit“ umfasst die Subkategorien „Fachexpertise“ und „Datengrundlage“. Unter „Fachexpertise“ werden die Hemmnisse in Bezug auf das Fachwissen in allen für eine Sporthallensanierung erforderlichen Akteursebenen, sowie das Engagement zur Umsetzung innovativer nachhaltiger Ideen respektive Vorurteile der Akteure verstanden. Die fehlende Fachexpertise wird auf mehreren Akteursebenen als hemmend beschrieben. Experte 4 nennt die Schwierigkeit „Unternehmen zu finden, die innovativ denken“ (Experteninterview 4, Pos.22), da „viele Handwerker noch gerne in Ihrem eigenen Gusto verweilen“ (Experteninterview 4, Pos.22). Fehlendes Engagement und Vorurteile gegenüber bestimmten Sanierungsmaßnahmen, insbesondere gegenüber Technologien, führen dazu, dass Maßnahmen entweder gar nicht oder nur mit Mindeststandard umgesetzt werden. Experte 4 nennt diesbezüglich das Beispiel von Gremienentscheidungen über den Einsatz bestimmter Wärmeerzeuger (erneuerbare Energien). Darüber hinaus mangelt es an Fachexpertise in den kommunalen (Bau-)Ämtern. Experte 1 und 4 führen fehlendes Fachpersonal (hier: Ingenieure und Architekten), „die [...] [sich] mit den

externen Planern und externen Firmen auf Augenhöhe unterhalten können“ (Experteninterview 1, Pos.58) als Hemmnis an. Experte 3 merkt an, dass Personal, das die Technik vor Ort richtig bedienen kann, vorhanden sein muss (hier: Hausmeister der Sporthallen). Aus den Aussagen lässt sich ableiten, dass sich eine fehlende Fachexpertise auf den gesamten Planungs- und Ausführungsprozess einer Sporthallensanierungen hemmend auswirken kann. Unter „Datengrundlage“ werden die Hemmnisse in Bezug auf Daten zum baulichen und anlagetechnischen Bestandszustand sowie Betriebsdaten durch ein Gebäude- und Energiemanagement verstanden. Eine unvollständig oder nicht systematisiert Datengrundlage wird als Hemmnis beschrieben. Laut Experte 4 steht die Kommune vor der Herausforderung den Status Quo zu erfassen, um „nicht mehr nur [zu]reagieren, [...] sondern auch möglich dann vorausschauend zu planen“ (Experteninterview 4, Pos.10). Experte 3 nennt in Bezug auf eine bereits durchgeführte Sporthallensanierung, ein fehlendes Monitoring der Maßnahmen als Hemmnis. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass durch eine unzureichende Datengrundlage zum kommunalen Sporthallenbestand fundierten Aussagen zu energetischen Sanierungsmaßnahmen und deren Potenziale kaum oder gar nicht getroffen werden können.

Darüber hinaus werden die „Finanzressourcen“ und die „Finanzgestaltung“ als Hemmnisse identifiziert. Diese werden in der Kategorie „Finanzsituation“ zusammengefasst. Unter „Finanzressourcen“ werden die Hemmnisse in Bezug auf die kommunalen Finanzmittel respektive (Investitions-)Kosten verstanden. Experte 2 und 4 sehen Hemmnisse in den hohen Kosten, die sich sowohl auf die Gesamtanierungskosten als auch auf die Höhe des Eigenanteils bei der Inanspruchnahme von Förderprogrammen und auf die Mehrkosten für erhöhte energetische Standards beziehen. Des Weiteren werden die Finanzierungsmöglichkeiten als Hemmnis angesehen. In diesem Zusammenhang nennt Experte 4 das „in Vorkasse treten“ und somit eine erforderliche Kreditaufnahme bei der Inanspruchnahme von Fördermitteln. Die Aussagen verdeutlichen, dass die vorhandenen kommunalen Finanzressourcen eine Sporthallensanierungen hemmen oder den Sanierungsumfang und die Sanierungstiefe einschränken können. Unter „Finanzgestaltung“ werden die Hemmnisse in Bezug auf eine die kommunale Finanzgestaltung verstanden. Die Experten 1,3 und 4 sind sich darüber einig, dass sich die kommunale Haushaltstruktur hemmend auf Sporthallensanierungen auswirkt. Das ist sowohl auf die an den kommunalen Haushalt gebundenen Mittel als auch auf die Trennung zwischen Investitions- und Verwaltungshaushalt zurückzuführen. Laut den Experten*innen „[ist] das Problem [...] tatsächlich diese langen Prozesse für

Investitionsmaßnahmen“ (Experteninterview 1, Pos. 29) beziehungsweise „dass große Investitionen in der Regel riesige Vorlaufzeiten haben“ (Experteninterview 4, Pos.2). Ergänzend dazu nennt Experte 3 als Hemmnis die Prioritäten der kommunalen Entscheidungsträger, die die Haushaltsplanung bestimmen. Die aus der Haushaltsstruktur (Vermögenshaushalt) resultierenden Vorlaufzeiten begünstigt wiederum die Umsetzung von Instandsetzungsmaßnahmen, deren Kosten in der Regel aus dem Verwaltungshaushalt gedeckt werden und somit zeitnah erfolgen können (Experteninterview 1, Experteninterview 2, Experteninterview 4). Aus den Aussagen der Experten*innen zur Finanzsituation lässt sich ableiten, dass sowohl die verfügbaren Mittel und die Investitionskosten als auch mittelbar die kommunale Haushaltsstruktur über den Umfang von Investition für eine Sporthallensanierung entscheiden und diese somit hemmen können.

Die Kategorie „Personalsituation“ gliedert sich in „Personalkapazitäten“ und in „Stellenbewertung“. Unter „Personalkapazitäten“ werden die Hemmnisse in Bezug auf die Quantität der kommunalen Personalsituation und unter „Stellenbewertung“ die Hemmnisse in Bezug auf die finanzielle Attraktivität von kommunalen Stellen verstanden. Die Experten 1, 3 und 4 bemängeln fehlendes Personal im Projektmanagement, zur Qualitätssicherung auf der Baustelle sowie bei der Koordination von Förderprogrammen. Experte 1 führt überdies an, dass die Kommune aufgrund der Priorisierung von Neubaumaßnahmen und des Mangels an ausreichendem Personal kaum dazu kommt Gesamtsanierungen durchzuführen. Zudem begründet Experte 3 ein fehlendes Monitoring von Sanierungsmaßnahmen anhand der unzureichenden Personalkapazitäten. Die Aussagen der Experten*innen verdeutlichen, dass durch den Personalmangel bestimmte Arbeiten nicht oder kaum ausgeführt werden können. Darüber hinaus sehen die Experten 1 und 4 in der Bewertung der kommunalen Stellen ein Hemmnis. Experte 1 merkt dazu an, dass „eigentlich nichts schwieriger ist, als neue volle Stellen im öffentlichen Dienst zu schaffen“ (Experteninterview 1, Pos.54). Hinzu sind sich die Experten 1 und 4 einig, dass „die Kommunen [...] die Löhne der freien Wirtschaft nicht zahlen können“ (Experteninterview 4, Pos. 54). Aus den Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass die derzeitige Bewertung kommunaler Stellen für Fachleute, wie Ingenieure, Architekten, den Ausbau der Fachexpertise in den Kommunen hemmt. Dadurch wirkt sich die Stellenbewertung mittelbar auf den gesamten Planungs- und Ausführungsprozess einer Sporthallensanierungen hemmend aus.

„Förderprogramm“ und „Vorgaben“ sind weitere identifizierte Hemmniskategorien, die der Oberkategorie förder-/politische Rahmenbedingungen zugeordnet werden. Unter der Subkategorie „Förderprogramm“ werden die Hemmnisse in Bezug auf die Ausgestaltung der derzeitigen Förderprogramme und unter „Vorgaben“ die Hemmnisse in Bezug auf eigene, politische und gesetzliche Vorgaben verstanden. Die Experten*innen zeigen auf, dass sowohl die Höhe des Eigenanteils als auch die erforderliche Vorfinanzierung bei der Inanspruchnahme von Fördermitteln als hinderlich wahrgenommen werden (Experteninterview 3, Experteninterview 4). Zudem wird die Vielzahl an verschiedenen Förderprogrammen als einschränkend und abschreckend beschrieben. Ein Experte bringt Folgendes an: „Dieser Wust, den es an Fördermitteln gibt, diese Unmengen, dass man schon völlig den Überblick verloren hat: Was gibt es denn [...] vom Land, vom Bund, für Neubau, für Sanierung oder beides?“ (Experteninterview 3, Pos. 61). Anhand der Aussagen der Experten*innen lassen sich jedoch keine eindeutigen Hemmnisse durch die Förderbedingungen oder durch politische Vorgaben identifizieren, da dies stark von den eigenen kommunalen Standards abhängig ist. Hingegen wird in Bezug auf die gesetzlichen Vorschriften von Experte 1 die Komplexität und die mangelnde Verständlichkeit des Gebäudeenergiegesetzes und der DIN 18599 genannt. Von Experte 3 wird angemerkt, dass die gesetzlichen Vorgaben (hier: GEG) „immer der Technik hinterhergehinkt“ (Experteninterview 3, Pos.59). Während sowohl Aspekte der Finanzierung als auch der Umfang der bestehenden Förderprogramme als Hemmnisse identifiziert werden können, lässt sich nicht eindeutig feststellen, dass die allgemeinen Förderbedingungen und bestehende Vorgaben als Hemmnisse gelten.

Weitere Hemmnisse werden der Oberkategorie „Sonstiges“ zugeordnet. Darunter zählen die Nutzer und die Bestandssituation der Sporthallen. Unter der Subkategorie „Nutzer“ werden Hemmnisse in Bezug auf den Einfluss der Nutzer*innen auf eine Sporthallensanierung bzw. auf die Energieeinsparung in Sporthallen verstanden. In der Kommune von Experte 2 und Experte 3 werden die Nutzer*innen an den Kosten einer Sporthallensanierung beteiligt. „Und wenn die da nicht mitmachen, dann entsteht das Projekt auch nicht“ (Experteninterview 2, Pos 113). Experte 4 bezieht sich in seinen Aussagen zur Kategorie „Nutzer“ auf die fehlende Nutzerverantwortung der Sporthallennutzer*innen. Diese resultiert aus der Nichtbeteiligung an den Betriebskosten der Sporthallen. „Wenn ich nur nutze, dann bin ich mir meiner Verantwortung gar nicht bewusst“ (Experteninterview 4, Pos. 50). Demnach weisen die Aussagen der Experten*innen darauf hin, dass die Sporthallennutzer*innen sowohl einen hemmenden Einfluss auf die Umsetzung von Sanierungen als auch auf die

Energieeinsparung im Gebäudebetrieb haben können. Unter der Kategorie Bestandsituation werden die Hemmnisse in Bezug auf die Bestandsstrukturen der Sporthallen verstanden. Das Hemmnis wird von allen vier Experten*innen genannt. Experte 1 macht anhand eines Beispiels den Einfluss der Tragfähigkeit bzw. Standfestigkeit von Bestandssporthallen auf die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen und somit auf deren Umsetzung deutlich. Das Dachtragwerk und die Dachdeckung können zudem die Installation einer Photovoltaikanlage verhindern. Hierzu können Experte 1 und Experte 2 Beispiele aufweisen. Darüber hinaus nennen Experte 2,3 und 4 weitere bauliche Merkmale, wie die Unzugänglichkeit der Bodenplatte zur nachträglichen Dämmung, den Denkmalschutz oder verwinkelte Dachformen, die Restriktionen bei dem Erreichen eines erhöhten energetischen Standards darstellen. Anhand der Aussagen und Beispiele wird deutlich, dass Restriktionen bei Bestandssporthallen einen Abriss/Neubau begünstigen oder die Sanierungstiefe einschränken und sich somit hemmend auf Sporthallensanierungen auswirken können.

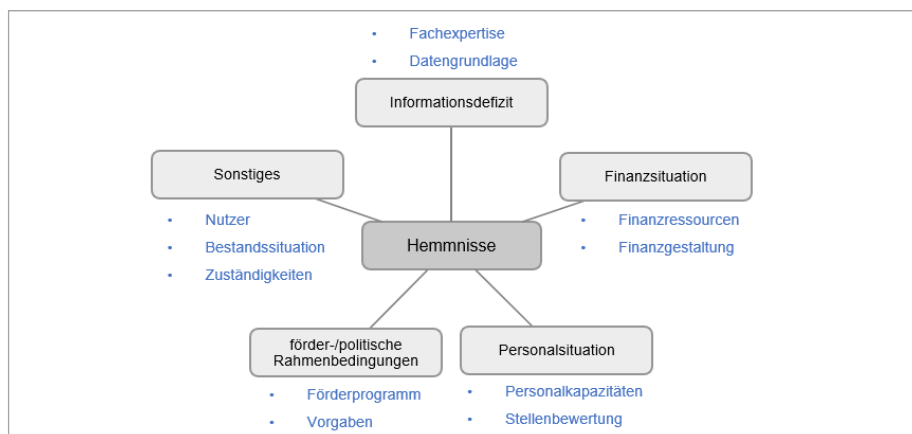
Die Hemmnisse, mit denen die einzelnen Kommunen konfrontiert sind, weisen sowohl Überschneidungen als auch Unterschiede auf. Diese Beobachtung, zusammen mit Aussagen wie „wir [haben] im Moment zwar genug Geld [...], der limitierende Faktor ist das Personal“ (Experteninterview 1, vgl. Personalsituation), verdeutlicht die Abhängigkeit der Hemmnisse von den individuellen Bestandsituationen der Kommunen, wie zu Beginn erwähnt.

3.3 Zwischenfazit und Ergebnisdiskussion

Im Folgenden werden die zentralen Erkenntnisse beider Datenerhebungen zusammengetragen und analysiert. Es wurde eine hohe Übereinstimmung festgestellt, wodurch auf eine Übertragbarkeit der durch die Umfrage identifizierten Hemmnisse auf energetische Sporthallensanierungen geschlossen werden kann. Ebenso deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Hemmnisse nicht nur gegenüber energetischen Sporthallensanierungen bestehen. Vielmehr bestehen die Hemmnisse auch gegenüber weiteren wertsteigernden Maßnahmen.

Durch die Untersuchungen konnte der schlechte Bauzustand von Sporthallen als maßgeblicher Sanierungsgrund identifiziert werden. Demnach werden Sanierungsmaßnahmen oftmals nur aus der Notwendigkeit eines dringenden bautechnisch-bezogenen Handlungsbedarfs durchgeführt. Hierbei spielen vor allem Sicherheitsaspekte (baulicher Zustand, Schadstoffe, Legionellen) und die Nutzbarkeit der Halle eine maßgebliche Rolle. Energetische Aspekte, wie ein hoher Energieverbrauch, stellen keinen ausreichenden Handlungsanreiz dar. Die Ergebnisse verdeutlichen allerdings auch, dass wenn eine Bauzustands-bedingte Sanierung erfolgt, Aspekte der Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit einen Einfluss auf weitere Sanierungsentscheidungen haben. Darüber hinaus wurden anhand der Umfrage- und Interviewergebnisse Erkenntnisse zu Aspekten des Sanierungsumfanga gewonnen. Es konnte eine deutliche Dominanz von Teilsanierungen gegenüber Komplettsanierungen festgestellt werden. Die Sanierungen stellen überwiegend Instandsetzungen anstatt energetisch umfassende Maßnahmen mit einer Wertsteigerung dar. Es lässt sich festhalten, dass bei kommunalen Sporthallensanierungen kein vorausschauender systematischer Ansatz verfolgt wird. Anhand der Ergebnisse kann zum einen auf die bisher eher reaktive kommunale Vorgehensweise als auch auf eine Sanierungsaktivität, die nicht mit den Energieeinspar- und Klimaschutzzielen vereinbar ist, geschlossen werden.

ABBILDUNG 3-7: HEMMNISSE GEGENÜBER KOMMUNALEN SPORTHALLENSANIERUNGEN



Anhand der empirischen Untersuchungen wurden Hemmnisse gegenüber kommunalen energetischen Sporthallensanierungen identifiziert und ein Kategoriensystem entwickelt (vgl. Abbildung 3-7). Eine fehlende Fachexpertise sowie eine unzureichende Datengrundlage (Kategorie: Informationsdefizit) stellen Hemmnisse dar. Die fehlende Fachexpertise sowohl bei externen Betrieben als auch innerhalb der kommunalen Verwaltungen kann im gesamten Planungs- und Ausführungsprozess einer Sporthallensanierungen durch Fehleinschätzungen die Effektivität der Maßnahmen beeinträchtigen. Ebenso besteht ein Risiko von Ausführungsfehlern und Schäden. Die unzureichende Datengrundlage ist auf mehrere Gründe zurückzuführen, etwa auf den meist weit zurückliegenden letzten Planungsstand der Hallen, die fehlende Aktualisierung und/oder Digitalisierung der Unterlagen und ein fehlendes Gebäude-/Energiemanagement. Dies führt oft dazu, dass kaum oder gar keine fundierten Aussagen zum energetischen Zustand und damit zu den Potenzialen von Sanierungsmaßnahmen getroffen werden können. Darüber hinaus sind keine Kennwert-basierten Vergleiche zwischen den Sporthallen eines Liegenschaftsbestands möglich, um beispielsweise eine Priorisierung der Maßnahmen vorzunehmen.

Entscheidende Hemmnisse sind die fehlenden Finanzressourcen und die unflexible Finanzgestaltung (Kategorie: Finanzsituation). Die Forschungsergebnisse belegen, dass die Finanzressourcen auch im Hinblick auf Sporthallensanierungen ein zentrales Hemmnis darstellen (vgl. Kapitel 2.5). Demnach verhindern hohe (Investitions-)Kosten energetische Sanierungsvorhaben oder grenzen den Sanierungsumfang bzw. die Sanierungstiefe ein. Darüber hinaus führen die an den Haushalt gebundenen Mittel als

auch die Aufteilung des kameralen Haushalts zu unflexiblen und hinderlichen Vorgaben, die insbesondere lange Vorlaufzeiten voraussetzen. Diese bürokratischen Hürden in den Finanzstrukturen hemmen umfassende energetische Sporthallensanierungen, da vermehrt nur dringende Einzelmaßnahmen ausgeführt werden, deren Umsetzung kurzfristig gewährleistet werden kann. Bohrisch et al. (2007) identifizieren die Haushaltsvorschriften dahingehend als Hemmnis, dass diese nicht mit betriebswirtschaftlichen Maßstäben vereinbar sind und somit keinen Anreiz für sparsames Wirtschaften bieten. Die Autoren begründen damit, dass „[e]ine vorausschauende, langfristige (Sanierungs- und Instandsetzungs-) Planung von Sportstätten [...] von dieser Art der Verwaltungspraxis nicht gefördert bzw. [...] mit ihr nur schwer vereinbar [ist]“ [vgl. Bohrisch, 2007, S.3-16].

Weitere Hemmnisse werden der Kategorie „Personalsituation“ zugesprochen. Die Kategorie gliedert sich in „Personalkapazitäten“ und „Stellenbewertung“. Die Ergebnisse spezifizieren den kommunalen Personalmangel als Hemmnis gegenüber Sporthallensanierungen und zeigen, dass dieser nicht nur Sanierungsmaßnahmen erschwert, sondern auch zu Qualitätsabstrichen führt. Dies kann sich etwa auf den Umfang und die Tiefe der Sanierungsmaßnahmen auswirken. Außerdem hindert die derzeitige lohnbezogene Bewertung kommunaler Stellen für Fachpersonal wie Ingenieure und Architekten den Ausbau der Fachexpertise in den Kommunen. Kommunen stehen hier in einem ungleichberechtigten Wettbewerb mit der privaten Wirtschaft. So beeinflusst die kommunale Personalsituation indirekt den gesamten Planungs- und Ausführungsprozess von Sporthallensanierungen (vgl. Hemmnis „Fachexpertise“).

Die Praxis der Förderprogramme und politische Vorgaben sind weitere identifizierte Hemmnisse, die der Oberkategorie „förder-/politische Rahmenbedingungen“ zugeordnet werden. Während sowohl die Finanzierung (Vorfinanzierung, Eigenanteil) als auch die Vielzahl der bestehenden Förderprogramme als eindeutige Hemmnisse identifiziert werden können, stellen die Förderbedingungen nur dann ein Hemmnis dar, wenn diese gegenüber den eigenen kommunalen Standards geringere Anforderungen vorsehen. Analog können (ordnungs-)politische Vorgaben ein Hemmnis darstellen. Die Komplexität beziehungsweise die Unverständlichkeit der gesetzlichen Vorgaben (Gebäudeenergiegesetz, DIN 18599, überladene Baunormen) stellt ein weiteres Hemmnis dar. Diesbezüglich unterscheiden sich die vorliegenden Erkenntnisse vom bisherigen Forschungsstand. Während die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit die Komplexität von einzelnen Vorschriften als Hemmnis ermittelt, sehen Bohrisch et al.

(2007) nur die „Komplexität des Gebäudes als Problem“ mit den „zahlreichen Vorschriften und Normen“ [vgl. Bohrisch, 2007, S.3-16].

Weitere Hemmnisse (Kategorie: Sonstige) bestehen durch die Nutzer*innen und die Bestandssituation der Sporthallen. Auch unklare Zuständigkeiten werden als ein Hemmnis identifiziert⁹. Die Sporthallennutzer*Innen haben sowohl auf die Umsetzung von Sanierungen als auch auf die tatsächlichen Energieeinsparungen im Betrieb Einfluss (Nutzerverhalten). Demnach können Nutzer*innen durch ihre Kostenbeteiligung an Sanierungsmaßnahmen diese durch eine Nichtbeteiligung hemmen. Darüber hinaus können die Nutzer*innen durch ihre fehlende Nutzerverantwortung und dem daraus resultierenden Verhalten ein Hemmnis bei der Reduzierung des Energieverbrauchs im Sporthallenbetrieb darstellen. Das identifizierte Hemmnis der Nutzerverantwortung kann auf die durch Bohrisch et al. (2007) dargelegten Nutzerhemmnisse „strukturelles Desinteresse der Nutzer an den Betriebsabläufen“ sowie „keine Identifikation von Nutzern mit der Halle“ zurückgeführt werden. Die zum Teil baualtersbedingten Bestandsstrukturen von Sporthallen führen zu Restriktionen bei energetischen Sporthallensanierungen. Solche Restriktionen, wie zum Beispiel die bestehende Tragstruktur können bei notwendigen Änderungen zur Unwirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungen führen und somit ein Abriss und ein Neubau begünstigen oder aber die Sanierungstiefe einschränken. Ein weiteres Hemmnis in Übereinstimmung mit Bohrisch et al. (2007) stellen unklare Zuständigkeiten zwischen den kommunalen Ämtern dar. Sporthallensanierungen stellen eine Querschnittsaufgabe zwischen mehreren Ämtern dar, wodurch die Zuständigkeiten nicht immer eindeutig sind. Während Bohrisch et al. (2007) lediglich den intrakommunalen Bezug darstellt, werden durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ebenso der interkommunale Austausch und die unklaren Zuständigkeiten als Hemmnis identifiziert. Das kann beispielsweise durch die Betreiberfunktion der Landkreise auftreten.

Die begrenzte Rücklaufquote der Online-Umfrage kann die Validität der Erhebung beeinflussen und die Forschungsergebnisse verzerren. Durch das breite Antwortspektrum und die durchschnittliche Bearbeitungszeit von 20 Minuten liegt eine hohe Ergebnisqualität innerhalb der Rücklaufquote vor.

⁹ Das Hemmnis „Zuständigkeiten“ wird durch den Vergleich zwischen Umfrage- und Interviewergebnisse identifiziert (mind. In zwei Fällen genannt).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit werden mit dem Forschungsstand kritisch verglichen und Übereinstimmungen sowie Abweichungen festgestellt. Im erweiterten Kreis der Akteure bestehen Hemmnisse, die die Industrie, Unternehmen sowie private Eigentümer adressieren [vgl. Hermelink et al., 2019, Ina Renz und Ulrike Hacke, 2016, Sorell et al., 2011, Thema et al., 2018]. Obwohl die Hemmnisse gegenüber Gebäudesanierungen und Effizienzmaßnahmen je nach Akteursgruppe variieren, weisen sie auch systematische Übereinstimmungen auf. Durch den Vergleich des in der vorliegenden Arbeit für die Kommunen entwickelten Kategoriensystems mit den Forschungsergebnissen der zuvor genannten Akteursgruppen, wird die Konsistenz des ermittelten Kategoriensystems bestätigt.

Eine Vollständigkeit und Verallgemeinerung der Ergebnisse kann aufgrund der individuellen Situation der Kommunen nicht gewährleistet werden¹⁰. Die Forschungsergebnisse können dennoch unter Berücksichtigung der jeweiligen kommunalen Bestandssituation und länderspezifischen Besonderheiten auf weitere außerhalb des Untersuchungsrahmens liegende Kommunen angewandt werden (vgl. Kapitel 3.1).

Die vorliegende Arbeit ergänzt den bisherigen Forschungsstand, indem sie aufzeigt, wie die Herausforderungen speziell auf die Sanierung von kommunalen Sporthallen anwendbar sind. Somit werden spezifische Hemmnisse identifiziert, die zu einem umfassenderen Verständnis beitragen.

¹⁰ Im Rahmen dieser Arbeit werden mögliche Auswirkungen und daraus resultierende Hemmnisse durch die Coronapandemie und die steigenden Energiepreise / -verfügbarkeit durch den Ukraine-Krieg nicht berücksichtigt (Umfrage im Jahr 2019, Experteninterviews im Jahr 2021).

4. Analyse von Sanierungspotenzialen bei kommunalen Sporthallen

Für die Umsetzung kommunaler Sporthallensanierungen, die vereinbar mit den Energieeinspar- und Klimaschutzzielen sind, bedarf es einem Aufzeigen von Möglichkeiten und Potenzialen verschiedener Sanierungsmaßnahmen. Hierfür erfolgt im folgenden Kapitel die Analyse von Potenzialen kommunaler Sporthallensanierungen zur Energieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung. Die Maßnahmen zielen insbesondere auf eine erneuerbare und CO₂-arme Energieversorgung, ebenso wie auf eine gebäudeintegrierte Strom- und Wärmeerzeugung ab.

Zunächst werden die für die programm-basierte Analyse erforderlichen Grundlagen dargestellt. Es erfolgt sowohl die Beschreibung der Methodik der energetischen Bilanzierung und der Wirtschaftlichkeitsberechnung als auch die Darstellung der Praxishallen und der Sanierungsvarianten. Infolgedessen werden die Ergebnisse zu den Auswirkungen der Sanierungsvarianten auf den Energiebedarf und die CO₂-Emissionen der Sporthallen (Potenzialanalyse) für beide Hallen dargestellt. Um die wirtschaftlichen Aspekte der potenziellen Energieeinsparungen zu bewerten, wird die Potenzialanalyse um eine Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuitätenmethode) ergänzt. Anschließend erfolgt eine Sensitivitätsanalyse, um mögliche Einflussgrößen auf die Forschungsergebnisse zu ermitteln. Das Kapitel schließt mit einer Ergebniszusammenfassung und -diskussion ab.

4.1 Grundlagen

4.1.1 Energetische Gebäudebilanzierung

Die energetische Bilanzierung ist eine anerkannte Methode zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden und zur Quantifizierung der Umweltwirkungen durch den Gebäudebetrieb. Die Berechnung wird in der DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ standardisiert. Durch die systematische Herangehensweise der DIN 18599 werden der Energiebedarf sowie die CO₂-Emissionen eines Gebäudes bestimmt. Darüber hinaus werden die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien bewertet. Hierzu werden die Energieaufwendungen für die Heizung, die Lüftung, die Klimatisierung, die Trinkwarmwasserversorgung und die Beleuchtung einschließlich aller Hilfsenergien berücksichtigt. Darüber hinaus wird in einer abschließenden Gebäudebewertung die Eigennutzung der gebäudeintegrierten Energieerzeugung mit bilanziert.

Auf Grundlage der ordnungsrechtlichen Anforderungen, der energetischen Kenngrößen der DIN V 18599 zur Beurteilung der Gebäudequalität sowie in Bezug auf die gebäudespezifischen Energieeinspar- und Klimaschutzziele werden im Rahmen dieser Arbeit sowohl der End- und Primärenergiebedarf als auch die CO₂-Emissionen als Bewertungsparameter festgelegt.

Die energetische Gebäudebilanzierung erfolgt nach dem Verursacherprinzip. Demnach werden für die relevanten Primärenergie- und Emissionsfaktoren die Standardwerte nach dem Gebäudeenergiegesetz und der DIN 18599 angenommen (vgl. Anlage III.).

Die Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien erfolgt bei der Potenzialanalyse gemäß §23 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) und folglich nach DIN V 18599. Durch die Monatsbilanzierung erfolgt im Rahmen dieser Arbeit die Anrechnung des selbst nutzbaren Photovoltaikstroms auf den End- und Primärenergiebedarf. Die aus der Photovoltaikanlage für außerhalb der Bilanzgrenzen bereitgestellte Endenergie wird nicht mitbilanziert. Die energetische Berechnung der Solarthermieanlage erfolgt nach der vereinfachten Abschätzung nach DIN V 18599.

Die zuvor beschriebenen Grundlagen der DIN 18599 liegen der Analyse von Sanierungspotenzialen in der vorliegenden Arbeit zugrunde. Die Potenzialanalyse erfolgt programm basiert durch die Software „Energieberater 18599 3D Plus“ (Bildungsstättenversion, 11.9.2.22 (1)). Für die Bilanzierung werden die Bezugsmaßen nach den Angaben der DIN V 18599-1 bestimmt und ein Mehrzonenmodell für die

Praxishallen entwickelt. Durch die Eingabe baulicher Kenngrößen und insbesondere bauphysikalischer Eigenschaften der Gebäudehülle und des anlagentechnischen Bestandszustands der Praxishallen erfolgen die Energiebedarfsberechnungen. Hierbei werden die klimatischen Randbedingungen sowie die Nutzungsrandbedingungen je nach Typologie nach DIN V 18599-10 berücksichtigt. Für den Bestandszustand der Praxishallen werden die vorgegebenen Nutzungsrandbedingungen für Turnhallen gemäß den vorhandenen (realen) Bedingungen angepasst (vgl. Anlage III.).

4.1.2 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ermöglicht die ökonomische Bewertung der Energieeinsparungen und in Bezug auf den Forschungsinhalt der vorliegenden Arbeit die Darstellung des kommunalen Kostenaufwands. Die Berechnung erfolgt für eine ausgewählte Sanierungsvariante (energetische Komplettsanierung) in Anlehnung an die Annuitätenmethode nach VDI 2067. Hierbei werden die Investitionskosten und laufenden jährlichen Kosten zu Jahresgesamtkosten zusammengefasst (Annuität). Die Investitionskosten (kapitalgebundene Kosten) werden durch eine Kostenschätzung nach DIN 276 bestimmt. Die Kostenkennwerte für die Kostengruppen in der zweiten Ebene der Kostengliederung werden vom Standardwerk des Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI) bezogen. Für die Schätzung der Kostengruppe 300 und 400 werden überwiegend die Kostenkennwerte der BKI-Objekte „Modernisierung Sporthalle“ angesetzt und mit einem Regionalfaktor angepasst. Planungs- und Nebenkosten werden ebenso durch die BKI-Kennwerte ermittelt. Die Investitionskosten entsprechen in dieser Arbeit den energieeffizienzbedingten Kosten (Kosten der Energieeinsparmaßnahme, keine „Sowieso“-Kosten). Diese werden durch die Annahme einer Inanspruchnahme von Fördermitteln reduziert. Demnach wird von einem nicht rückzahlbaren Zuschuss in Höhe von 50 % auf die zuwendungsfähigen Ausgaben ausgegangen (in Anlehnung an die Richtlinie des Landes Hessen nach § 3 des Hessischen Energiegesetzes (HEG) zur Förderung der Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien in den Kommunen (Kommunalrichtlinie (Energie)), Modernisierung mindestens auf einen KfW-Effizienzgebäude 100 Standard). Alle Kosten (-kennwerte) sind inklusive Mehrwertsteuer.

Die Ermittlung der bedarfsgebundenen Kosten erfolgt durch die Software „Energieberater 18599 3D Plus“. Die bedarfsgebundenen Kosten, auch

Energiekosten, werden anhand des Endenergiebedarfs (brennwertbezogen) für Raumheizung, Warmwasser, Lüftung, Beleuchtung und Hilfsenergie nach DIN 18599 für den unsanierten Zustand und für die Sanierungsvariante mit den in der Software hinterlegten Brennstoffpreisen¹¹ berechnet. Den bedarfsgebundenen Kosten werden die Erträge aus der Einspeisung der gebäudeintegrierten Stromproduktion gegenübergestellt. Der Berechnung der jährlichen Erträge liegt eine Anlagenleistung bis 1 Megawatt, die Einspeisevergütung nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (vgl. Art. 48 EEG; Anlagen bis 1 KWp) und die eingespeiste Energiemenge abzüglich des Eigennutzungsanteils zu Grunde. Es wird vereinfachend von einem Förderzeitraum entsprechend des Betrachtungszeitraums der Wirtschaftlichkeitsberechnung ausgegangen.

Zu den betriebsgebundenen Kosten (Instandsetzungskosten) zählen jährliche Kosten für Wartung, Instandsetzung und Bedienung der Anlage. Diese werden hier vernachlässigt, da sie sich durch die Sanierungsmaßnahmen speziell bei kommunalen Sporthallen nur geringfügig verändern. Diese Aufgaben werden zum Teil vom Regelpersonal übernommen.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt für einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren. Die Lebensdauer (Betrachtungszeitraum) der Teilsysteme erfolgt in Anlehnung an VDI 2067 und BBSR (2017). Innerhalb des Betrachtungszeitraums erfolgt demnach eine Ersatzsanierungsmaßnahme der Anlagentechnik nach 25 Jahren.

Für die dynamische Berechnung ist eine Vielzahl von Parametern, die insbesondere von den Annahmen über die zukünftige Preis- und Zinsentwicklung abhängig sind, zu bestimmen. Bedingt durch aktuelle kriegsbedingte Entwicklungen, eine hohe Dynamik und damit verbundene Unsicherheiten lassen sich viele Parameter nur schwer abschätzen. Dazu gehören unter anderem Energie- und Baupreissteigerungen, Zinsen, Teuerungsrate etc. So werden die Preise zunächst anhand langfristiger Standardwerte unter Berücksichtigung von Prognosen, die vor 2022 gegeben wurden (Energiekrise, Inflation) angenommen und gegebenenfalls mit Zuschlägen belegt. Demnach werden die Investitionskosten durch die statistischen Baupreissteigerungen angepasst, sodass für das Investitionsjahr 2024 eine 20 %ige Preiserhöhung angenommen wird [vgl. Destatis, 2023b]. In Bezug auf langfristige Entwicklungen

¹¹ Die Brennstoffkosten stellen vom Softwareherausgeber fiktiv angenommene Werte dar.

(Energiepreise und Zinsen) wird die aktuelle Konjunktur (1. Quartal 2023) hingegen nicht berücksichtigt. Die Steigerungsrate der Energiepreise wird anhand von Zukunftsszenarien unter Einbezug der CO₂-Bepreisung (vgl. Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)) bestimmt [vgl. BMWi, 2020, Koch et al., 2018, Prognos AG et al., 2020]. Es werden Teuerungsraten für die Ersatzsanierungsmaßnahme in Höhe von 3,0 % angesetzt. Aufgrund der zuvor genannten Entwicklungen wird ein gemittelter Kalkulationszinssatz der Jahre 2018 bis 2021 und einer Zinsfestschreibung von 30 Jahren mit 0,52 % angenommen (Angaben von Kooperationskommune) (vgl. Tabelle 4-1).

Die Berechnung erfolgt mit der Software „Energieberater 18599 3D Plus“ (Bildungsstättenversion, 11.9.2.22 (1)).

TABELLE 4-1: PARAMETER DER WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

Parameter	
Energiepreissteigerung (Ist)	3 %
Energiepreissteigerung (San.)	1 %
Teuerungsrate Ersatzmaßnahmen	3 %
Kalkulationszinssatz	0,52 %
Betrachtungszeitraum	30 Jahre

4.2 Praxishallen und Sanierungsvarianten

4.2.1 Auswahl

Die Auswahl der kommunalen Sporthallen, die als Untersuchungsobjekte (Praxishallen) dieser Arbeit dienen, erfolgt anhand mehrerer Kriterien. Aus der Gesamtheit der Sporthallen der Kooperationskommune werden geeignete Hallen ausgewählt. Ziel ist es, dass die Auswahl der Hallen ein energetisches Sanierungspotenzial aufweisen sowie die Baukonstruktion und die Anlagentechnik eines Großteils der deutschen Sporthallen und die Wirkung der unterschiedlichen ordnungspolitischen Instrumente (Wärmeschutzverordnung) widerspiegelt.

Ein Auswahlkriterium ist somit der energetische Bestandszustand der Hallen. Grundlage hierfür sind die vom Betreiber erfassten Verbrauchsdaten der Jahre 2017, 2018 und 2019. Die Werte aus 2020 werden wegen der Corona-Pandemie bedingten Schließung von Sporthallen nicht berücksichtigt. Die Daten zum heizwertbezogenen Wärmeverbrauchs sind witterungsbereinigt. Der Stromverbrauch wird durch Zähler erfasst oder durch die Betreiber geschätzt (prozentuale Annahme). Es werden die Sporthallen mit einem hohen Energieverbrauch und somit höchsten energetischen Sanierungspotenzial gewählt. Entsprechend Tabelle 4-2 weisen Halle 16 und 18 den höchsten Wärmeverbrauch, der aufgrund seines hohen Anteils am Gesamtenergieverbrauch die maßgebliche Größe zur Bewertung der energetischen Bestandssituation darstellt (vgl. Kapitel 2.4).

TABELLE 4-2: GESAMTHEIT DER PRAXISHALLEN

Bezeichnung	Baujahr	NGF [m ²]	Energieträger	Wärmeverbrauch [kWh/m ² a]	Stromverbrauch [kWh/m ² a]
SH 16	1963	519,96	Holzpellet	296,82	9,71*
SH 18	1986	701,25	Heizöl	220,58	34,85
SH 9	1967	823,57	Heizöl	205,72	11,48
SH 14	1988	1225,5	Fernwärme	195,16	25,28*
SH 21	k.A.	1159,31	Heizöl/Gas	179,59	24,33
SH 17	1962	813,06	Gas	179,35*	12,26
SH 22	1964	869,68	Gas	171,26*	12,29*
SH 15	1963	1043,9	Gas	167,13*	8,90*
SH 5	1970	1042,89	Gas	166,75	44,61
SH 1	1977	1888,39	Fernwärme	166,46	50,64
SH 6	1972	2516,51	Fernwärme	163,76	29,22
SH 11	1958	722,29	Gas	158,04	12,95
SH 7	1990	2751,47	Gas	156,40	23,93
SH 12	2002	1085,54	Gas	154,94	17,87
SH 3	1971	1787,24	Gas	152,03	23,79
SH 20	1977	1920,1	Heizöl/Gas	144,23	36,50
SH 8	1966	1185,34	Gas	138,06	21,96
SH 4	1977	1924,55	Fernwärme	117,24	35,16
SH 13	1963	514,7	Gas	115,52	18,47
SH 19	1910	615,21	Fernwärme	76,66	7,77
SH 10	1968	1395,04	Gas	63,49	9,02
SH 2	2020	1817,12	Gas	17,19	1,71

* Schätzung durch Betreiber / keinen eigenen Zähler

Weitere Auswahlkriterien sind die Größe und das Baujahr der Hallen. Ein Großteil der deutschen Sporthallen wurde zu Zeiten des ersten Memorandums des Goldenen Plans errichtet. Zwischen 1961 und 1972 wurden etwa 10.540 neue Hallen in Deutschland erbaut. Zwischen 1976 und 1991 während des zweiten und dritten Memorandums wurden weitere ca. 6.500 Hallen in Deutschland errichtet (vgl. Kapitel 2.2). Sporthalle 16 wurde während des ersten Memorandums und Sporthalle 18 während des dritten Memorandums erbaut. Darüber hinaus weisen die Sporthallen zwei unterschiedliche Wärmeschutzniveaus auf. Sporthalle 16 unterlag keinen Anforderungen an den energiesparenden Wärmeschutz, Halle 18 erfüllt die Anforderungen der ersten Wärmeschutzverordnung. Des Weiteren entsprechen beide Hallen der in Deutschland meist vertretenen Sporthallengröße (nutzbare Sportfläche $\leq 15 \times 27$ m), die unter anderem auch den höchsten Investitionsbedarf aufweist [vgl. Jagemann, 2007]. Ein weiterer Unterschied zwischen den Hallen liegt bei dem Energieträger für die Wärmebereitstellung vor. So repräsentiert Halle 16 den

Sporthallenbestand, dessen Wärmeerzeugung bereits auf eine erneuerbare Erzeugung umgestellt wurde, hingegen Halle 18 durch die Öl-betriebene Wärmeerzeugung den Großteil der Sporthallen abbildet.

TABELLE 4-3: VERGLEICHSWERTE FÜR DIE ENDENERGIEVERBRAUCHSWERTE WÄRME UND STROM FÜR SPORTHALLEN

Gebäudekategorie Sporthallen	TEK zugerechnet zu	TEK [kWh/m ² a]	Umrechnungsfaktor soweit erforderlich	Halle 16	Halle 18
TEK Heizung	Wärme	68,8	$f_{(500 > \text{ANGF} < 50.000)} = 4,53 \text{ANGF}^{0,215} + 0,27$	99,81	94,75
TEK Warmwasser	Strom	22	f = 0,9 für dezentrales WW	38,70	38,70
TEK Lüftung	Strom	4,6			
TEK eingebaute Beleuchtung	Strom	14,3			

Quelle: eigene Darstellung, gemäß [vgl. BMWi und BMI, 2021]

Für die Bewertung des Energieverbrauchs beider Hallen wird der gemessene Endenergieverbrauchswert für Wärme und Strom dem Vergleichswert nach BMWi und BMI (2021) gegenübergestellt. „Die angegebenen Teilenergiekennwerte für Heizung bilden einen energetischen Standard ab, der im Grundsatz einer für einen Altbau guten Energieaufwandsklasse entspricht“ [vgl. BMWi und BMI, 2021, Absatz 6.1]. Der Endenergieverbrauchsanteil für Wärme von Halle 16 übersteigt den Vergleichswert um rund das Dreifache und der Endenergieverbrauchsanteil für Strom (Schätzung durch Betreiber) unterschreitet den Vergleichswert. Bei Halle 18 wird der Wärmevergleichswert um das 2,3-fache überschritten und der Stromverbrauch entspricht etwa dem Vergleichswert. Beide Hallen weisen demnach gemessen an dem Vergleichswert ein Sanierungspotenzial zur Reduzierung des Energieverbrauchs und insbesondere des Wärmeverbrauchs auf (vgl. Tabelle 4-3).

Somit weisen Sporthalle 16 und 18 geeignete Rahmenbedingungen als auch ausreichend Unterschiede auf, um gemessen an den gewählten Kriterien einen Großteil des kommunalen Sporthallenbestandes abzubilden. Anhand der Einordnung in den gesamten kommunalen Sporthallenbestand wird von einer entsprechenden Übertragbarkeit unter Beachtung individueller Bestandssituationen ausgegangen und die Anzahl der Untersuchungsobjekte auf zwei Sporthallen begrenzt.

4.2.2 Praxishallen

Grundlegend für die energetische Gebäudebilanzierung ist die Ermittlung des Bestandszustands der Sporthallen. Die Bestandserhebungen erfolgen aus Unterlagen

und Besichtigungen der Hallen und werden zum Teil durch eigene Berechnungen (z.B. wärmetechnische Eigenschaften der Gebäudehülle) ergänzt. Aufgrund einer unvollständigen Datengrundlage der Praxishallen werden vereinzelt Annahmen getroffen beziehungsweise Standardwerte übernommen.

Bestandszustand Halle 1

Sporthalle 16 (folgend Halle 1) gehört einer Grundschule an und wird sowohl für den Schulsport als auch für den Vereinssport genutzt. Die Halle wurde 1962 geplant und 1963 errichtet, ist eingeschossig und weist eine Nettogrundfläche von 519,96 m² auf. Die Halle besteht aus einem Hallengebäude mit Nebenräumen, die Verkehrsflächen (Flure), ein Geräteraum, drei WCs, zwei Umkleieräume, ein Duschräum, eine Lehrerumkleide und zwei Lageräume umfassen (vgl. Anlage IV). Die Halle wird nach DIN 18032-1 zwischen einer Turnhalle und einer Einzelhalle eingeordnet.

Die Sporthalle gründet auf Stahlbetonfundamenten, die die Bodenplatte aus Spannbeton Hohlplatten tragen. Die Primärkonstruktion der Außenwände besteht überwiegend aus Mauerwerk. Die lichtdurchlässigen Bauteile bestehen aus einem Aluminium-Kunststoffrahmen mit einer 2-Scheiben-Isolierverglasung und einer Polycarbonatverglasung. Die transparenten Bauteile wurden im Jahr 1995 erneuert. Die Halle wird von einem Pfettendach auf Stahlbetonbindern und die Nebenräume von einer Holzbalkendecke mit zwei Dachfenstern überdacht (beides Flachdächer). Eine Dämmung der Bauteile wird durch die Pläne nicht ersichtlich. Allerdings ergab eine Prüfung vor Ort, dass zum Teil Dämmschichten vorhanden sind. Die detaillierten Bauteilaufbauten sind in Anlage IV. und die bauphysikalischen Eigenschaften der Bauteile der Gebäudehüllfläche sind in Tabelle 4-4 enthalten. Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient der Bauteile wird den derzeit durch das Gebäudeenergiegesetz und durch den Effizienzhaus-55-Standard vorgegebenen Anforderungen gegenübergestellt.

TABELLE 4-4: HALLE 1 – WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN DER GEBÄUDEHÜLLE

Bauteil	Bestandszustand			Anforderungen (U-Wert) an bestehende Gebäude – GEG	Anforderungen (U-Wert) an Sanierung – Effizienzgebäude 55
	Fläche	Anteil an Gebäudehüllfläche	mittlerer U-Wert		
	m ²	%	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
Dachflächen	575	33	0,685	≤ 0,24	≤ 0,22
Fenster und sonstige transparente Bauteile	147	8	2,652	≤ 1,3	≤ 1,2
Dachflächenfenster	6	0,3	3,500	≤ 1,4	≤ 2,0
Außenwände	432	25	1,001	≤ 0,24	≤ 0,22
Bodenflächen gegen Erdreich	581	33	1,784	≤ 0,50	≤ 0,22

Quelle: eigene Darstellung, u.a. gemäß GEG, [vgl. KfW, 2020]

Die Wärmeversorgung der Halle erfolgt durch einen Pelletkessel, der im Jahr 2012 in Betrieb genommen wurde und eine Nennwärmeleistung (für die gesamte Schulliegenschaft) von 101 kW aufweist. Die Wärmeübertragung erfolgt in der Halle über eine Lüftungsanlage und in den Nebenräumen über Heizkörper. Die vorhandene Lüftungsanlage besteht aus einem kombinierten Zu- und Abluftgerät (ohne Wärmerückgewinnung) in der Halle und einem Abluftventilator in dem Duschaum. Das Lüftungsgerät besteht seit Gebäudeerrichtung. Die Lüftungsanlage wird manuell durch die Nutzer ein- und ausgeschaltet. Die Heizkörper sind durch Behördenventile geregelt. Im Heizsystem der gesamten Schule sind drei Pufferspeicher enthalten. Das Warmwasser wird durch einen elektrisch betriebenen Warmwasser-Standspeicher bereitgestellt. Die Beleuchtung des Gebäudes erfolgt sowohl über Tageslicht als auch über Kunstlicht, das manuell betätigt wird. In der Halle und in den Nebenräumen sind Leuchtstoffröhren verbaut. Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Die Nutzungsrandbedingungen nach DIN 18599 werden entsprechend der vorhandenen Bedingungen angepasst (vgl. Anlage IV.).

Durch die Bestandserhebung kann auf einen dem Baujahr entsprechenden Bestandszustand (1963) geschlossen werden. Es bestehen einige Mängel, die durch Instandsetzungsmaßnahmen in den vergangenen Jahren versucht wurden zu beheben. Es ist ein deutlicher Handlungsbedarf zur Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle festzustellen. Die Lüftungs- und Beleuchtungsanlagen entsprechen nicht den anerkannten Regeln der Technik und sind größtenteils noch im Originalzustand, sodass für diese Anlagen ein hoher Sanierungsbedarf besteht. Die Heizungsanlage, die die Schule und die Sporthalle versorgt, wurde 2012 in Betrieb genommen und ist in einem dem Anlagenalter entsprechenden Allgemeinzustand.

Grundsätzlich positiv wird die Wärmeerzeugung durch Biomasse, hier Holz und somit durch einen nachwachsenden Rohstoff bewertet. Die Warmwasserversorgung durch einen elektrisch betriebenen Warmwasserspeicher entspricht dem damaligen Stand der Technik.

Bestandszustand Halle 2

Sporthalle 18 (folgend: Halle 2) wurde 1982 geplant und 1986 errichtet, ist eingeschossig und weist eine Nettogrundfläche von 669 m² auf. Die Halle gehört einer Grundschule an und wird sowohl für den Schulsport als auch für den Vereinssport genutzt. Das gesamte Gebäude umfasst eine Halle und Nebenräume, die im Süden und im Osten angeordnet sind. Die Nebenräume im Süden umfassen ein Sportgerätelager, drei WC-Räume, ein Putzmittelraum und ein Eingangsbereich. Die nach Osten ausgerichteten Nebenräume umfassen zwei Sportgerätelager, zwei Technikräume, je ein Umkleide- und Waschraum mit WC für Jungen und Mädchen, zwei WC-Räume, ein Lehrerumkleideraum, ein Sanitärraum, einen Flur mit einem Windfang (vgl. Anlage IV.). Die Halle wird entsprechend ihrer Größe nach DIN 18032 – 1 zwischen einer Turnhalle und einer Einzelhalle eingeordnet.

Die Halle gründet auf (Stahl-)Betonfundamenten. Die Primärkonstruktion der Halle besteht aus Stahlbeton bzw. Stahlbeton-Fertigteilen und zweischaligen Mauerwerkswänden. Die Dächer der Halle und der Nebenräume sind geneigt. Die Dachtragkonstruktion besteht aus Holzbindern. Die Bauteile sind gemäß dem damaligen Stand der Technik gedämmt. Die Fenster und die Außentüren bestehen aus Aluminiumrahmen mit einer Doppelverglasung. Eine Ertüchtigung der Gebäudehülle erfolgte bis dato nicht. Die genauen Bauteilaufbauten mit ihren Eigenschaften sind in Anlage IV. einzusehen. In Tabelle 4-5 sind die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteil der Gebäudehülle im Vergleich zu den derzeit durch das Gebäudeenergiegesetz und durch den Effizienzhaus-55-Standard vorgegebenen Anforderungen dargestellt.

TABELLE 4-5: HALLE 2- WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN DER GEBÄUDEHÜLLE

Bauteil	Bestandszustand			Anforderungen (U-Wert) an bestehende Gebäude – GEG	Anforderungen (U-Wert) an Sanierung – Effizienzgebäude 55
	Fläche	Anteil an Gebäudehüllfläche	mittlerer U-Wert		
	m ²	%	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K
Dachflächen	844	35	0,414	≤ 0,24	≤ 0,22
Fenster und sonstige transparente Bauteile	193	8	3,02	≤ 1,3	≤ 1,2
Außenwände	536	23	0,484	≤ 0,24	≤ 0,22
Bodenflächen gegen Erdreich	806	34	0,66	≤ 0,50	≤ 0,22

Quelle: eigene Darstellung, u.a. gemäß GEG, [KfW, 2020]

Die Sporthalle wird mit einem Öl-betriebenen Brennwertkessel beheizt, der im Jahr 2005 installiert wurde und ausgelegt für die gesamte Schulliegenschaft eine Leistung von 217 kW hat. Die Wärme wird durch eine Fußbodenheizung und mehrere Lüftungsanlagen an die Halle und die Nebenräume übergeben. Drei Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung sind in der Sporthalle für die Gewährleistung des erforderlichen Luftaustausch vorhanden. Die Regelung der Anlagen erfolgt zeitabhängig. Das Warmwasser wird durch einen Warmwasserspeicher, der von dem Heizkessel gespeist wird, bereitgestellt. Die Beleuchtung des Gebäudes erfolgt sowohl über Tageslicht als auch über Kunstlicht. Das Kunstlicht wird manuell betätigt. In der Halle und in den Nebenräumen sind Leuchtstoffröhren vorhanden. Der Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen. Die Nutzungsrandbedingungen nach DIN 18599 der Halle werden entsprechend den vorhandenen Bedingungen und Anlageneinstellungen angepasst (vgl. Anlage IV.).

Der bauliche Bestandszustand der Halle ist in einem dem Gebäudealter entsprechenden guten Zustand. Es bestehen keine sichtbaren Mängel. Es besteht jedoch ein Sanierungspotenzial sowohl bei der Gebäudehülle als auch bei der Anlagentechnik. Insbesondere die Lüftungsanlage, die 1986 eingebaut wurde, die Beleuchtung und die Ölheizung entsprechen nicht dem aktuellen Stand der Technik.

4.2.3 Sanierungsvarianten

Für die Ermittlung der Sanierungsvarianten werden die Standfestigkeit der Tragkonstruktion und die Tragfähigkeit für zusätzliche Lasten und somit die Wirtschaftlichkeit gegenüber einem Ersatzneubau angenommen. Der Einsatz einer Kühlung wird sowohl aus Sicht der Energieeffizienz als auch durch die Voraussetzung, dass der sommerliche Wärmeschutz in allen Zonen eingehalten wird, nicht

berücksichtigt. Die Sanierungsmaßnahmen der Sporthallen werden so konzipiert, dass diese vereinbar mit den Energieeinspar- und Klimaschutzzielen im Gebäudesektor sind und die Energieeinsparung und die CO₂-Emissionsminderung fokussieren. So zielen die Maßnahmen zum einen auf eine Verbesserung der baulichen Qualität (Gebäudehülle) und der betrieblichen Systeme (z.B. Beleuchtung) und vor allem auf die Verbesserung der Anlagentechnik durch den Einsatz energieeffizienter Systeme mit der Nutzung von erneuerbaren Energien ab. Die gesetzlichen Anforderungen werden bei den Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt.

Es werden sowohl Einzelmaßnahmen als auch energetische Komplettsanierungen mit dem Ziel einen ausdifferenzierten Maßnahmenkatalog zur Reduzierung des Energieverbrauch und der CO₂-Emissionen konzipiert (vgl. Anlage V.).

ABBILDUNG 4-1: ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Sanierungsvarianten	Maßnahmen		baulich		betrieblich		versorgungstechnisch				
	Austausch transparente Bauteile	Sanierung Gebäudehülle	hydraulischer Abgleich & Pumpen	Austausch Beleuchtung	Wärmeübergabe	Wärmeerzeugung	Photovoltaik	Solarthermie	Kraft-Wärme-Kopplung		
1	transparente Bauteile										
2	Gebäudehülle										
3	hydraulischer Abgleich & Pumpen										
4	Beleuchtung										
5	Wärmeübergabe										
6	Wärmeerzeugung, nachwachsender Rohstoff*										
7	Wärmeerzeugung, Kraft- Wärme- Kopplung										
8	Wärmeerzeugung, zentrale Wärmeerzeugung										
9	gebäudeintegrierte Energieerzeugung										
10	bestehende Wärmeerzeugung										
11	Kraft- Wärmekopplung										
12	zentrale Wärmeerzeugung										
13	Wärmepumpe										
Komplettmaßn.											
* entspricht Bestandszustand von Halle 1											

Energieeinsparung & CO₂-Emissionssminderung

Reduzierung Gebäudeenergiebedarf

Steigerung Gebäudeenergieeffizienz & Anteil erneuerbarer Energien

Es werden zum einen bauliche Sanierungsvarianten erarbeitet. Durch die Minderung der Transmissionswärmeverluste beeinflussen diese Maßnahmen vor allem den Gebäudeendenergiebedarf der Sporthallen. Die Maßnahmen schließen sowohl den Austausch der transparenten Bauteile (Fenster und sonstige transparente Bauteile, Sanierungsvariante 1) als auch die Ertüchtigung der gesamten Gebäudehülle (Sanierungsvariante 2) ein. Unter Berücksichtigung der Zukunftsfähigkeit der Maßnahmen und der Vorbildfunktion der Kommunen orientieren sich die Maßnahmen an dem Effizienzhaus-55-Standard [vgl. o.V., 2021]. Es wird der Austausch und/oder die Dämmbarkeit der Bauteile zum Erreichen der wärmetechnischen Anforderungen vorausgesetzt. Durch die Sanierung der Gebäudehülle wird die Luftdichtheit der Gebäudehülle verbessert und die Wärmebrücken gemindert (vgl. Anlage V.).

Des Weiteren werden Varianten, die ausschließlich betriebliche Maßnahmen umfassen, konzipiert. Die Maßnahmen umfassen die Varianten „hydraulischer Abgleich & Pumpen“ (Sanierungsvariante 3) und „Austausch Beleuchtung“ (Sanierungsvariante 4). In der Sanierungsvariante 3 wird ein hydraulischer Abgleich des Heizsystems in Verbindung mit dem Austausch der Pumpen (bedarfsausgelegt und leistungsgeregelt) zur Steigerung der Energieeffizienz des Heizsystem durchgeführt. In der Sanierungsvariante 4 wird die bestehende Beleuchtung durch LED-Leuchten mit dem Ziel der Minderung des Stromverbrauchs und der Steigerung der Energieeffizienz der Beleuchtungsanlage ersetzt. Die Regelung der Beleuchtung wird gemäß dem Stand der Technik angepasst. Somit wird in allen Zonen der Sporthallen eine Präsenzkontrolle mit Meldern und in dem Hallenbau noch eine tageslichtabhängige Kontrolle mit Kontrollart „gedimmt, nicht ausschaltend“ und einer Konstantlichtregelung vorgesehen (vgl. Anlage 2 GEG, DIN V 18599-4).

Darüber hinaus werden versorgungstechnische Maßnahmen, die vorwiegend eine Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz verfolgen, erarbeitet. Diese umfassen sowohl die Anpassung oder die Erneuerung der Wärmeübergabe und den Austausch oder eine Ergänzung des Wärmeerzeugers zu einer erneuerbaren und CO₂-armen Energieversorgung. In der Sanierungsvariante 5 „Wärmeübergabe“ wird die bestehende Wärmeübergabe in den Sporthallen erneuert, sodass die Übergabe ausschließlich über Heizflächen erfolgt. Es kommen Flächenheizungen (Halle 1: Fußbodenheizung und Deckenstrahlplatten, Halle 2: Fußbodenheizung) zum Einsatz, um eine geringe Vorlauftemperatur im Heizsystem und somit einen Umstieg auf erneuerbare Energien zu gewährleisten. Für das Sicherstellen des erforderlichen Luftwechsels in den Sporthallen werden Zu- und Abluftanlagen

(Halle 1: Halle, Duschrom, WCs; Halle 2: alle Zonen) mit einer Wärmerückgewinnung (Rückwärmezahl mind. 70 %) eingesetzt (vgl. DIN V 18599-10). Es erfolgt eine Erneuerung der gesamten Regelung und eine Anpassung der Betriebseinstellungen. In der Sanierungsvariante „Wärmeerzeugung“ (Sanierungsvariante 6-8, zzgl. hydraulischer Abgleich) wird der bestehende Heizkessel durch einen weiteren Wärmeerzeuger ergänzt oder durch einen neuen Erzeuger ersetzt. Bei der Wahl der Wärmeerzeugungsanlage wird eine marktübliche, bedarfsorientierte Anlage und ein Umstieg auf eine erneuerbare und CO₂-arme Energieversorgung präferiert. Somit werden ein Biomassekessel mit Holzpellets (Erzeuger mit nachwachsendem Rohstoff), ein Blockheizkraftwerk mit Spitzenlastenkessel (Kraft-Wärme-Kopplung, Halle 1: Holzpellets, Halle 2: Biogas) und ein Fernwärmeanschluss (zentraler Erzeuger) untersucht. Die Wärmeerzeuger werden entsprechend des Wärmebedarfs der Sporthallen ausgelegt. Die gewählte Bandbreite der Wärmeerzeuger soll eine höchstmögliche Übertragbarkeit auf den deutschen Sporthallenbestand gewährleisten, da die Verfügbarkeit und Anwendung verschiedener Energieträger und Technologien von dem Bestandszustand der Hallen (inkl. örtlicher Gegebenheiten) abhängig sind.

Des Weiteren werden Sanierungsvarianten zur Analyse der Auswirkungen einer gebäudeintegrierten Energieerzeugung (Sanierungsvariante 9) ausgearbeitet. Bei der Sanierungsvariante wird sowohl eine Photovoltaik- als auch eine Solarthermieanlage installiert. Zur Berechnung des solaren Ertrags wird die Ausrichtung mit Hilfe eines Solarkatasters bestimmt [vgl. LEA, o.J.]. Für die Photovoltaikanlage wird ein polykristallines Modul (unbelüftet) angenommen. Die Kollektorfläche der Photovoltaikanlage wird durch die maximal zur Verfügung stehende Dachfläche und weitere solargeeignete¹² Fassadenflächen bestimmt. Für Halle 1 wird eine Kollektorfläche in Höhe von 520 m² und für Halle 2 in Höhe von 317 m² ermittelt. Die Fläche der Solarthermieanlage wird hingegen bedarfsausgelegt nach der vereinfachten Berechnung nach DIN 18599-5 und DIN V 18599-8 bestimmt und beträgt für Halle 1 5 m² und für Halle 2 16 m². Bei der Solarthermieanlage wird als Solarkollektortyp ein Flachkollektor gewählt. Die Trinkwarmwassererzeugung erfolgt

¹² Solargeeignete Flächen sind in Anlehnung an §4 Abs 1 PVPf-VO Flächen, die eine zusammenhängende Mindestflächen aufweisen, hinreichend mit Sonne beschienen, hinreichend eben und keiner notwendigen Nutzung vorbehalten sind, die einer Solarnutzung entgegenstehen.

situationsbedingt durch einen bivalenten Solarspeicher, einen elektrisch beheizten Speicher oder einen indirekt beheizten Speicher.

Für die energetischen Komplettanierungen (Sanierungsvarianten 10-13) werden die baulichen, betrieblichen und versorgungstechnischen Maßnahmen kombiniert (vgl. Abbildung 4-1). Sie unterscheiden sich lediglich in der Art der Wärmeerzeugung. Zusätzlich zu den bereits als Einzelmaßnahme analysierten Wärmeerzeugern wird eine Sole-Wasser-Pumpe (Sanierungsvariante 13) untersucht. Die Berechnung der Wärmepumpe erfolgt ausschließlich im Rahmen einer Komplettanierung, um durch die Reduzierung des Heizwärmebedarfs und ein geeignetes Wärmeübergabesystem einen effizienten Betrieb zu garantieren [vgl. Günther et al., 2020, Prinzig et al., 2020]. Die Sanierungsmaßnahme mit einer Wärmepumpe unterscheidet sich in der gebäudeintegrierten Energieerzeugung von den anderen Komplettanierungsmaßnahmen, indem ausschließlich eine Photovoltaikanlage eingeplant wird. Hingegen wird bei den anderen Komplettanierungsvarianten zusätzlich eine Solarthermieanlage geplant.

4.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Potenzialanalyse wiedergegeben. Eine tabellarische Ergebnisdarstellung ist in Anlage VI. enthalten.

4.3.1 Halle 1

Bestandszustand

Der Vergleich zwischen den gemessenen Verbrauchsdaten und den durch das Programm ermittelten Wärme- und Strombedarfswerten des Bestandszustands zeigt eine durchschnittliche Abweichung des Energie- und Wärmebedarf von maximal 17 %. Der berechnete Strombedarf ist hingegen doppelt so hoch als der Verbrauchswert (absolut 10 kWh). Während die Abweichungen des Energie- und Wärmebedarf Standardwerte darstellen, kann die Abweichung zwischen dem Bedarfs- und Verbrauchswert des Stroms unter anderem auf den fehlenden Stromzähler der Halle und den hohen Nutzereinfluss zurückgeführt werden [vgl. Hörner et al., 2014, Oschatz, 2009]. Der Vergleich zwischen den berechneten Energiekosten und den durch den Betreiber dokumentierten Verbrauchskosten ergab eine 25 %-ige Abweichung (vgl. Tabelle 4-6). Die höheren programmbasierten Energiekosten resultieren zum einen aus dem höheren Energiebedarf als auch auf den standardisierten Energiepreisen.

TABELLE 4-6: HALLE 1 – AUSWERTUNG BESTANDSZUSTAND

Halle 1	Endenergieverbrauch/-bedarf (auf Heizwert bezogen)	Wärmeverbrauch/-bedarf (witterungsbereinigt)	Stromverbrauch/-bedarf (inkl. Hilfsstrom)	Energiekosten
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	EUR/a
Verbrauchsdaten (Mittelwert 2017-2019)	306	297	10	7.073
Bedarfswerte gemäß Programm	357	338	19	9.396

Der brennwertbezogene Endenergiebedarf beträgt 383,3 kWh/m²a. Der Primärenergiebedarf beträgt rund 101,4 kWh/m²a und durch den Betrieb der Sporthalle entstehen jährlich rund 17,3 kg/m²a CO₂-Emissionen. Der im Vergleich zum Endenergiebedarf niedrige Primärenergiebedarf ist auf den Energieträger Holz ($f_p = 0,2$) zurückzuführen. Holz als Energieträger impliziert zudem, dass der Anteil am Wärmeenergiebedarf (Heizung und Warmwasser) um über 90 % durch erneuerbare Energien gedeckt wird.

Vergleichsvariante

Es wird eine Vergleichsvariante mit einem Erdgaskessel generiert (Bestandskessel vor Sanierung im Jahr 2012), wodurch die Auswirkungen auf die Berechnungsergebnisse durch den bereits erfolgten Austausch des Wärmeerzeugers (2012) verdeutlicht werden können. Der Bestandszustand von Halle 1 mit einem Erdgas-Brennwertkessel weist einen Endenergiebedarf von 364 kWh/m²a, einen Primärenergiebedarf von rund 376 kWh/m²a und CO₂-Emissionen in Höhe von 85 kg/m²a auf. So konnten durch den Austausch des Wärmeerzeugers bereits rund 70 % Primärenergie und 80 % CO₂-Emissionen jährlich eingespart werden.

Sanierungsvarianten

TABELLE 4-7: HALLE 1 – ENERGIE- UND EMISSIONSEINSPARPOTENZIALE

Sanierungsvarianten	Einsparungen		
	Endenergie	Primärenergie	CO ₂ -Emissionen
1	7,8%	7,1%	6,4%
2	54,8%	40,7%	27,2%
3	1,9%	3,2%	4,0%
4	1,1%	12,7%	24,0%
5	24,4%	7,5%	-8,7%
6	-	-	-
7	8,7%	39,3%	8,1%
8	15,6%	-142,3%	-275,1%
9	5,6%	33,9%	61,3%
10	60,5%	72,3%	83,8%
11	62,5%	81,8%	84,4%
12	68,6%	16,8%	-25,4%
13	95,5%	69,3%	43,9%

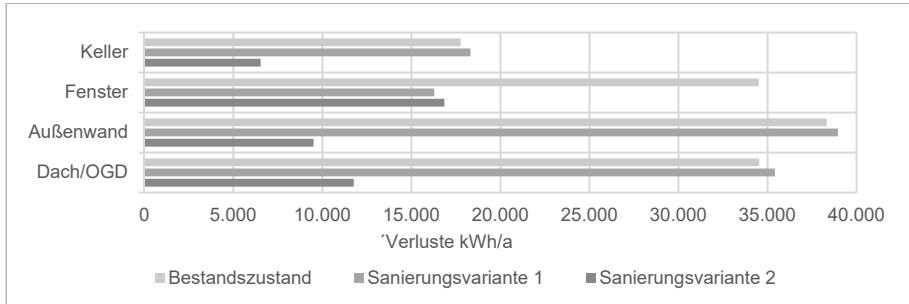
Bauliche Maßnahmen

Der Bestandszustand von Halle 1 weist hohe Wärmeverluste über die Gebäudehülle auf (vgl. Abbildung 4-2). Durch den Austausch der transparenten Bauteile (Sanierungsvariante 1), die rund 9 % der Gebäudehülle einnehmen, werden die Wärmeverluste um 53 % reduziert. Dadurch sinkt der Endenergiebedarf der Sporthalle um rund 8 %. Der Primärenergiebedarf und die CO₂-Emissionen reduzieren sich zwischen 6 % und 7 %.

Werden alle Bauteile der Gebäudehülle durch zusätzliche Dämmmaßnahmen nach dem Effizienzhaus-55-Standard ertüchtigt (Sanierungsvariante 2), sinken die Wärmeverluste soweit (vgl. Abbildung 4-2), dass sich der Endenergiebedarf um 55 %

und der Primärenergiebedarf um 41 % reduziert. Die CO₂-Emissionen sinken um rund 27 %.

ABBILDUNG 4-2: HALLE 1- VARIANTENVERGLEICH – WÄRMEVERLUSTE ÜBER DIE GEBÄUDEHÜLLE



Betriebliche Maßnahmen

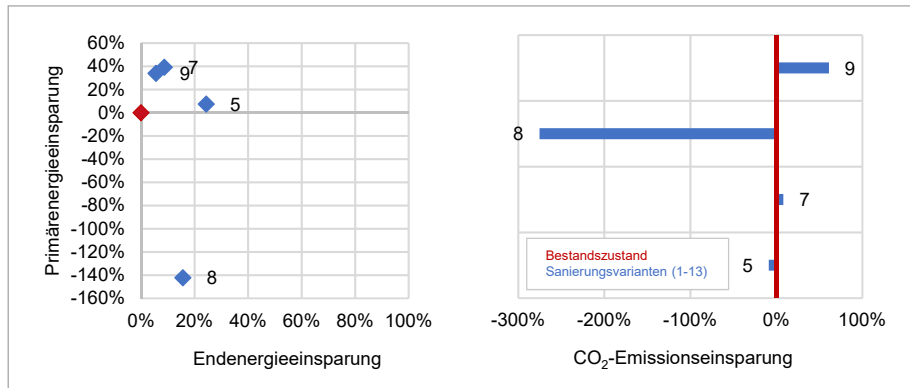
Die betrieblichen Sanierungsvarianten weisen im Vergleich zu den baulichen Maßnahmen geringere Energie- und Emissionseinsparpotenziale auf. Der hydraulische Abgleich und die Erneuerung der Pumpen (Sanierungsvariante 3) bewirken eine Reduzierung des Endenergieverbrauch um 2 %. Dies resultiert aus der Verringerung des Wärmebedarfs und der Hilfsenergie (Strom) für die Heizungsanlage. Der Primärenergiebedarf und die CO₂-Emissionen sinken geringfügig (3 % / 4 %).

Durch den Austausch der Beleuchtung (Sanierungsvariante 4) wird der Endenergiebedarf für die Beleuchtung um fast 85 % reduziert. Das impliziert eine Einsparung des Strombedarfsanteils am Gesamtendenergiebedarf in Höhe von rund 60 %. In der Gesamtheit werden jedoch kaum Einsparungen des Endenergiebedarfs erreicht (ca. 1 %). Aufgrund der energetischen Bewertung¹³ des Energieträgers Strom beträgt die Primärenergieeinsparung ca. 13 % und die CO₂-Emissionsminderung 24 %.

¹³ Unter „energetische Bewertung“ wird in der vorliegenden Arbeit die Bewertung der Energieträger in Bezug auf ihre Energieaufwendungen (Primärenergiefaktor) und Emissionen (Emissionsfaktor) verstanden.

Versorgungstechnische Maßnahmen

ABBILDUNG 4-3: HALLE 1 – VARIANTENVERGLEICH – AUSTAUSCH DER WÄRMEERZEUGUNG



Die Sanierungsvariante 5 „Wärmeübergabe“ bewirkt durch die Erneuerung der Heizflächen und der Lüftungsanlage eine Endenergieeinsparung von 24 %, eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs von 7,5 % und CO₂-Mehraufwendungen von rund 9 % (vgl. Abbildung 4-3). Die Ergebnisse sind auf die Reduzierung des Wärmebedarfs und dem Anstieg des Strombedarfs zurückzuführen.

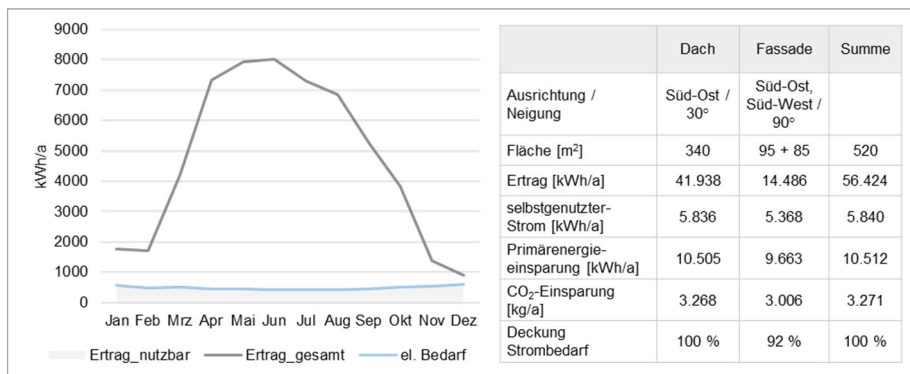
Durch die Inbetriebnahme eines Blockheizkraftwerks mit dem bestehenden Holzpelletkessel (Spitzenlastkessel) (Sanierungsvariante 7) erhöht sich die Anlageneffizienz. Durch die Kopplung der Strom- und Wärmeerzeugung reduziert sich der Bedarf von eingesetzter Energie, wodurch sich der Endenergiebedarf und die Emissionen um 9 % sowie der Primärenergiebedarf um 39 % verringert (vgl. Abbildung 4-3). Die vergleichsweise hohe Primärenergieeinsparung ist auf die Anrechnung des erzeugten Stroms bei der energetischen Bewertung der KWK-Anlage zurückzuführen ($f_p = 0$) (vgl. DIN 18599-9).

Ein Fernwärmeanschluss (Sanierungsvariante 8) bewirkt eine Endenergieeinsparung von rund 16 % (vgl. Abbildung 4-3), die unter anderem aus der Verringerung der Energieverluste in der Wärmeerzeugungsanlage im Vergleich zum Bestandszustand resultiert. Durch die energetische Bewertung der Fernwärme im Vergleich zum Bestandskessel steigt der Primärenergiebedarf (2,4-fache) und die CO₂-Emissionen (3,75-fache) hingegen an. Ausgehend von der Vergleichsvariante können durch einen Fernwärmeanschluss allerdings Energie- und Emissionsminderungen erreicht werden. So weist die Wärmeerzeugung durch „Fernwärme“ im Vergleich zu einem Erdgas-

Brennwertkessel eine Endenergieeinsparung von 9 %, eine Primärenergieeinsparung von 35 % und eine Emissionsminderung von 24 % auf.

Durch die Installation einer Photovoltaik- und einer Solarthermieanlage (Sanierungsvariante 9) wird der Strombedarf zu 100 % und der Wärmebedarf (Warmwasser) zu 56 % gedeckt. Der Endenergiebedarf reduziert sich dadurch um 6 %, der Primärenergiebedarf um 34 % und die CO₂-Emissionen um 61 % (vgl. Abbildung 4-3). Die Photovoltaikanlage mit einer Kollektorfläche von 340 m² auf dem Dach und 180 m² solargeeigneten Fassadenflächen erzeugt 56.424 kWh/a, wovon rund 5.840 kWh/a selbst genutzt werden. Dadurch steht ein Großteil des Stromertrags für weitere Verwendungen (Speicherung, Einspeisung, Abgabe an Liegenschaften) zur Verfügung (vgl. Abbildung 4-4). Der Einfluss der Photovoltaikanlage auf den Gebäudeenergiebedarf und die CO₂-Emissionen wird durch die Höhe des Strombedarfs begrenzt (vgl. Monatsbilanzierung nach GEG §23 Abs.2). Die Solarthermieanlage mit einer Kollektorfläche von etwa 5 m² erzeugt 1831 kWh/a Energie.

ABBILDUNG 4-4: HALLE 1 – PHOTOVOLTAIKANLAGE – ERTRAG UND BEDARF (SANIERUNGSVARIANTE 9)



Energetische Komplettanierungen

Durch die energetischen Komplettanierungen werden unabhängig des eingesetzten Wärmeerzeugers Energieeinsparungen erreicht. Emissionseinsparungen werden durch alle Varianten außer durch die Komplettmaßnahme „Fernwärme“ erzielt (vgl. Abbildung 4-5).

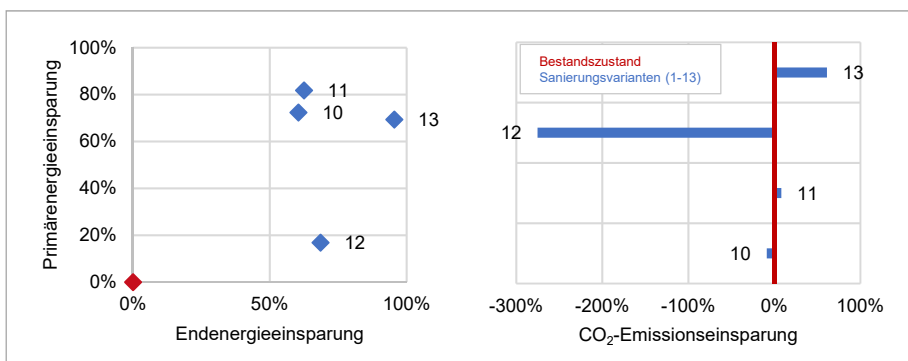
Die Kombination baulicher, betrieblicher und versorgungstechnischer Sanierungsmaßnahmen ohne Austausch des Wärmeerzeugers

(Sanierungsvariante 10) bewirkt eine Endenergieeinsparung von 61 %, eine Primärenergieeinsparung von 72 % und eine Emissionseinsparung von 84 %. Diese Einsparungen werden durch die Kombination mit einem Blockheizkraftwerk (Sanierungsvariante 11), wenn auch nur geringfügig, gesteigert. Durch die Komplettsanierung mit einem Fernwärmeanschluss (Sanierungsvariante 12) reduziert sich der Endenergiebedarf um 69 %. Der Bedarf an Primärenergie sinkt allerdings nur um etwa 17 % und es werden im Vergleich zum Bestandszustand 26 % mehr Emissionen ausgestoßen (vgl. Sanierungsvarianten 7 und 8).

Die höchste Endenergieeinsparung wird durch die Komplettsanierung mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (96 %) erreicht (Sanierungsvariante 13). Durch die Nutzung der Erdwärme reduziert sich der Primärenergiebedarf um 69 % und die Emissionen um 44 %. Die hohen Einsparungen der Endenergie sind auf den „Wegfall“ des Wärmeenergiebedarfs zurückzuführen. Die geringeren Einsparungen der Primärenergie und der CO₂-Emissionen (im Vergleich zum Endenergiebedarf) sind auf die Erhöhung des Strombedarfanteils und der energetischen Bewertung des Energieträgers zuzuschreiben.

Bei den energetischen Komplettsanierungen werden durch die Photovoltaikanlage 100 % des Strombedarfs und durch die Solarthermieanlage 56 % des Wärmebedarfs (Warmwasser) gedeckt. Lediglich bei Sanierungsvariante 13 wird der durch die Wärmepumpe erhöhte Strombedarf der Halle nur zu 61 % durch die gebäudeintegrierte Stromerzeugung gedeckt.

ABBILDUNG 4-5: HALLE 1 – VARIANTENVERGLEICH – ENERGETISCHE KOMPLETTSANIERUNGEN



4.3.2 Halle 2

Bestandszustand

Der Vergleich zwischen den gemessenen Verbrauchsdaten und des rechnerisch ermittelten Energiebedarfs weist ein ähnliches Muster wie bei Halle 1 auf. Der berechnete Wärmeenergiebedarf überschreitet den Verbrauchswert um 5 %. Der berechnete Stromenergiebedarf beträgt dagegen fast das Doppelte (1,78-fache) im Vergleich zu dem gemittelten Verbrauchswert der Jahre 2017 bis 2019. Der Endenergiebedarf von Halle 2 beträgt 289,7 kWh/m²a und somit das 1,14-fache des Verbrauchswerts (vgl. Tabelle 4-8). Die Differenz zwischen Stromverbrauch und -bedarf lässt zusätzlich zu den üblichen Abweichungen durch betriebliche Rahmenbedingungen auf weitere Unstimmigkeiten zwischen den Berechnungsgrundlagen und den Betriebsverhältnissen schließen¹⁴ [vgl. Hörner et al., 2014, Oschatz, 2009]. Die höheren programmbasierten Energiekosten von rund 7 % resultieren aus dem höheren Energiebedarf und den standardisierten Energiepreisen.

TABELLE 4-8: HALLE 2 – AUSWERTUNG BESTANDSZUSTAND

Halle 2	Endenergieverbrauch/ -bedarf (auf Heizwert bezogen)	Wärmeverbrauch/ -bedarf (witterungs- bereinigt)	Stromverbrauch/ -bedarf (inkl. Hilfsstrom)	Energiekosten
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	EUR/a
Gemessene Verbrauchsdaten (Mittelwert 2017-2019)	255	221	35	15.508
gemäß Programm	290	233	57	16.621

Der brennwertbezogene Endenergiebedarf beträgt 303,6 kWh/m²a. Der Primärenergiebedarf der Halle beträgt 358,2 kWh/m²a und der Betrieb der Sporthalle ist für 103,9 kg/m²a CO₂-Emissionen verantwortlich.

¹⁴ 74 % des berechneten Strombedarfs ist auf den nicht optimierten Betrieb der Lüftungsanlage zurückzuführen. Die Angaben zur Lüftungsanlage erfolgten durch Bestandsbesichtigungen, der Aufnahme der Produktdaten und Anlageneinstellungen und Rücksprachen mit dem Betreiber. Die ggf. zu hohe Bewertung des Energiebedarfs der Lüftungsanlage wird bei der Ergebnisinterpretation berücksichtigt.

Sanierungsvarianten

TABELLE 4-9: HALLE 2 – ENERGIE- UND EMISSIONSEINSPARPOTENZIALE

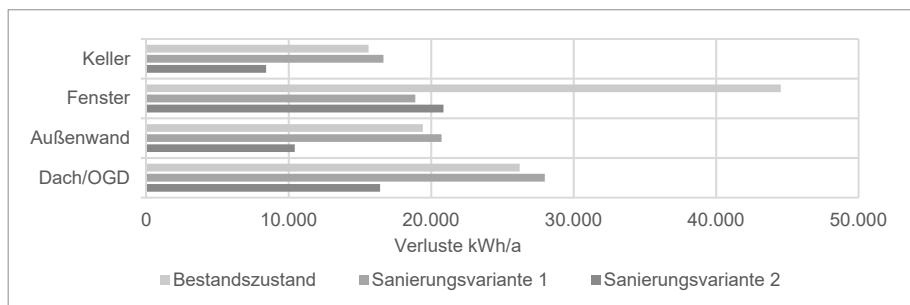
Sanierungs- variante		Einsparungen		
		Endenergie	Primärenergie	CO ₂ -Emissionen
1	Einzelmaßnahmen	11,5%	10,2%	9,9%
2		31,3%	27,7%	26,9%
3		1,7%	1,6%	1,6%
4		1,4%	3,3%	3,7%
5		21,1%	25,5%	26,4%
6		-4,3%	57,5%	64,2%
7		2,0%	56,0%	43,7%
8		4,5%	26,3%	29,5%
9		17,7%	24,1%	25,5%
10	Komplettm.	59,6%	64,4%	65,4%
11		59,8%	91,7%	86,2%
12		60,9%	76,7%	79,3%
13		93,3%	89,8%	89,0%

Bauliche Maßnahmen

Durch den Austausch der transparenten Bauteile (Sanierungsvariante 1) werden die Wärmeverluste um 25.653 kWh/a (58 %) reduziert (vgl. Abbildung 4-6). Daraus resultiert eine Endenergieeinsparung von etwa 11 % und eine Primärenergie- und CO₂-Emissionseinsparungen von rund 10 %.

Durch die gesamte Sanierung der Gebäudehülle (Sanierungsvariante 2) werden die Wärmeverluste um 47 % gesenkt (vgl. Abbildung 4-6), wodurch sich der Endenergiebedarf um 31 % reduziert und sich der Primärenergiebedarf als auch die CO₂-Emissionen um 27 bis 28 % senken.

ABBILDUNG 4-6: HALLE 2 – VARIANTENVERGLEICH – WÄRMEVERLUSTE ÜBER DIE GEBÄUDEHÜLLE



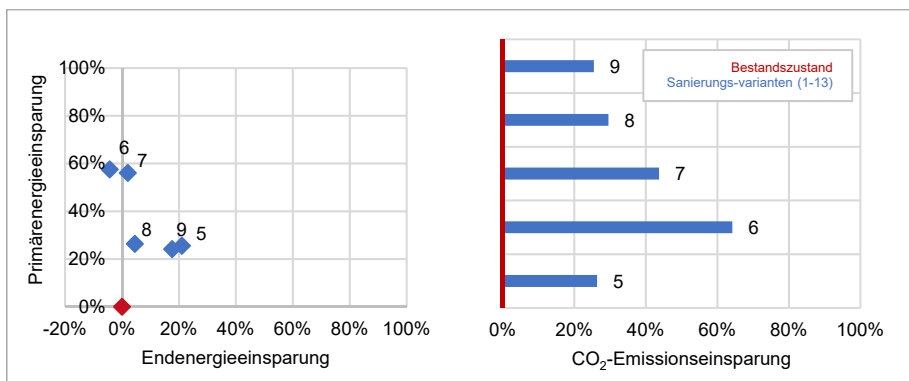
Betriebliche Maßnahmen

Die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs und die bedarfs- und leistungsgerechte Anpassung der Pumpen im Heizsystem (Sanierungsvariante 3) erreichen durch die Reduzierung des Wärmebedarfs und der Hilfsenergie (Strom) für die Heizungsanlage eine Minderung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen um bis zu 1,6 %. Durch den Einsatz von LED-Leuchten (Sanierungsvariante 4) wird der Endenergiebedarfsanteil für die Beleuchtung um 80 % reduziert. Der Strombedarfsanteil am Gesamtendenergiebedarf wird um knapp 17 % gesenkt, woraus eine Endenergieeinsparung um 1,4 %, eine Primärenergieeinsparung in Höhe von 3,3 % und eine Minderung der Emissionen um 3,7 % resultiert.

Versorgungstechnische Maßnahmen

Durch die Anpassungen der Wärmeübergabe (Sanierungsvariante 5), die vor allem die Erneuerung der Fußbodenheizung und der Lüftungsanlagen umfassen, werden sowohl der Wärme- als auch der Strombedarf der Sporthalle reduziert. Der Strombedarfsanteil wird vor allem durch die bedarfsorientierte Auslegung der neuen Lüftungsanlagen um fast 60 % gesenkt. Die Maßnahmen reduzieren den Endenergiebedarf um 21 % und den Primärenergiebedarf sowie die CO₂-Emissionen um 26 % (vgl. Abbildung 4-7). Die Höhe der Einsparung sowie die Reduzierung der Wärmerückgewinnung im Vergleich zur Bestandssituation stehen im direkten Zusammenhang mit dem hohen Energiebedarf der Lüftungsanlage im Bestandszustand.

ABBILDUNG 4-7: HALLE 2 – VARIANTENVERGLEICH – AUSTAUSCH DER WÄRMEEERZEUGUNG



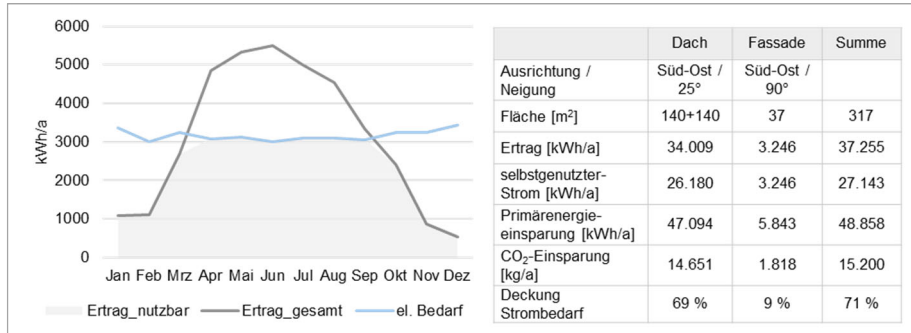
Durch den Austausch des bestehenden Heizkessels durch einen mit Holzpellets betriebenen Brennwertkessel (Sanierungsvariante 6), erhöht sich der Endenergiebedarf aufgrund des geringeren Wirkungsgrads des Biomassekessels um 4 %. Hingegen sinkt durch den Einsatz des nachwachsenden Rohstoffs der Primärenergiebedarf und die CO₂-Emissionen zwischen 57,5 % und 64 % (vgl. Abbildung 4-7).

Durch die Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW) mit einem Biogas betriebenen Spitzenlastenkessel (Sanierungsvariante 7) werden 2 % Endenergie, 56 % Primärenergie und 44 % CO₂-Emissionen eingespart. Die geringe Erhöhung der Anlageneffizienz durch die Kopplung von Wärme- und Stromerzeugung impliziert die Endenergieeinsparung (vgl. Abbildung 4-7). Die Primärenergie- und Emissionseinsparungen sind unter anderem auf die Berücksichtigung der Stromproduktion bei der energetischen Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage zurückzuführen ($f_p = 0$) (vgl. DIN 18599-9).

Ein Fernwärmeanschluss (Sanierungsvariante 8) bewirkt, dass 5 % Endenergie, 26 % Primärenergie und 30 % Emissionen eingespart werden (vgl. Abbildung 4-7). Das ist unter anderem auf die Reduzierung der Energieverluste in der Wärmeerzeugungsanlage im Vergleich zum Bestandszustand zurückzuführen.

Die Sanierungsmaßnahme zur gebäudeintegrierten Energieerzeugung (Sanierungsvariante 9) umfasst die Installation von 280 m² Photovoltaikanlage auf den Dachflächen und 37 m² auf solargeeigneten Fassadenflächen. Diese wird ergänzt durch eine rund 16 m² große Solarthermieanlage. Die Photovoltaikanlage kann 37.255 kWh Strom pro Jahr erzeugen. Durch die Eigennutzung des gesamten erzeugten Stroms werden rund 71 % des elektrischen Bedarfs der Halle gedeckt (vgl. Abbildung 4-8). Durch die Solarthermieanlage werden insgesamt 5.482 kWh/a Wärme gewonnen, womit 56 % des Energiebedarfs für Warmwasser gedeckt wird. Daraus resultiert eine Endenergieeinsparung von rund 18 %, eine Primärenergieeinsparung von rund 24 % und eine CO₂-Emissionsminderung von 25,5 % (vgl. Abbildung 4-7). Die Einsparpotenziale der gebäudeintegrierten Energieerzeugung werden durch die solargeeigneten Flächen begrenzt. In den Sommermonaten (April bis September) kann die Halle als Energieerzeuger fungieren und einen Teil des selbsterzeugten Stroms innerhalb der Liegenschaft oder an das öffentliche Netz weitergeben.

ABBILDUNG 4-8: HALLE 2 – PHOTOVOLTAIKANLAGE – ERTRAG UND BEDARF (SANIERUNGSVARIANTE 9)



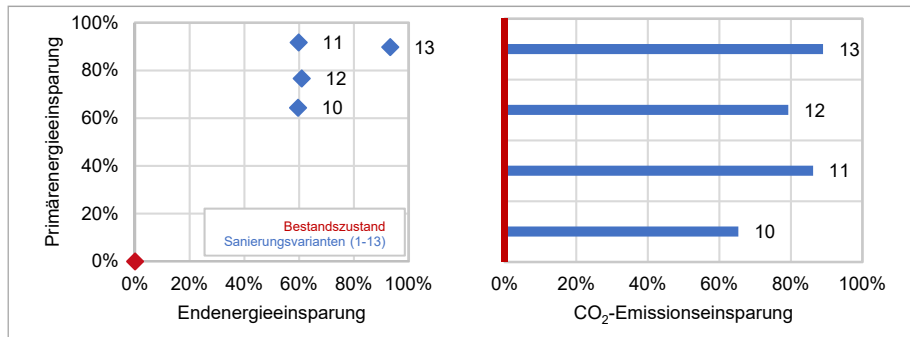
Energetische Komplettanierungen

Alle energetischen Komplettanierungen weisen Energie- und Emissionseinsparungen auf (vgl. Abbildung 4-9). Die Sanierung mit dem Erhalt des Öl-Brennwertkessels (Sanierungsvariante 10) bewirkt eine Reduzierung des Endenergiebedarfs um rund 60 % und des Primärenergiebedarfs und der CO₂-Emissionen um rund 65 %. Die Komplettanierungen 11 und 12 bewirken ähnlich hohe Endenergieeinsparungen. Hingegen werden bei dem Austausch des Öl-Brennwertkessels durch eine Biogas-KWK-Anlage mit Spitzenlastkessel eine Primärenergieeinsparung von 91 % und eine Emissionsminderung von 86 % erreicht. Durch die Komplettanierung mit einem Fernwärmeanschluss wird eine Primärenergieeinsparung in Höhe von 77 % und eine Emissionsminderung von 80 % erzielt.

Die höchsten Einsparungen werden durch die Maßnahmenkombinationen mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (Sanierungsvariante 3) erreicht. Der Endenergiebedarf wird um 93 %, der Primärenergiebedarf um 90 % und die CO₂-Emissionen um 89 % reduziert.

Bei allen Komplettanierungen werden durch die Photovoltaikanlage 96 % des Strombedarfs und durch die Solarthermieanlage 56 % des Wärmebedarfs (Warmwasser) gedeckt. Lediglich bei der Sanierungsvariante mit der Wärmepumpe wird durch den Anstieg des Strombedarf nur eine 47 %ige Bedarfsdeckung durch die gebäudeintegrierte Stromerzeugung erreicht.

ABBILDUNG 4-9: HALLE 2 – VARIANTENVERGLEICH – ENERGETISCHE KOMPLETTSANIERUNGEN



4.3.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird für die energetische Komplettsanierung mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (Sanierungsvariante 13) durchgeführt, da diese in der Gesamtheit die höchsten Energie- und Emissionseinsparungen erzielt. Demnach liegt der Auswahl der Gedanke zu Grunde, dass die Kommunen eher Maßnahmen ergreifen, wenn die Einsparpotenziale die Investitionen rechtfertigen können. Die Sanierungsvariante ermöglicht darüber hinaus, im weiteren Schritt einen Sanierungsfahrplan aufzustellen, um schrittweise die Maßnahmen umzusetzen oder Teile davon zu kombinieren.

Halle 1

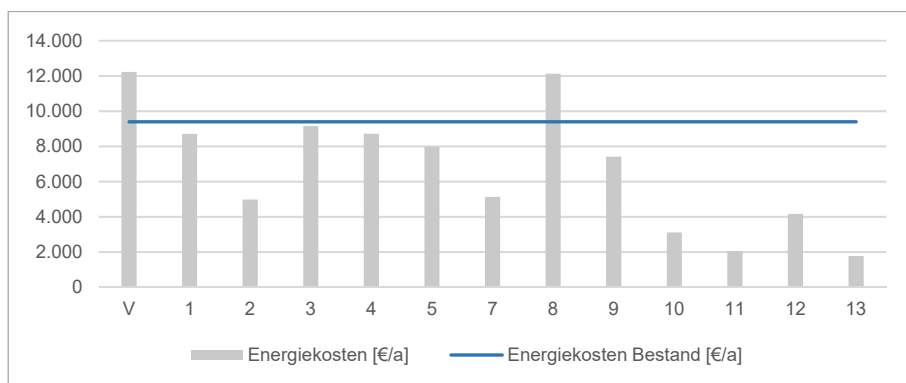
Die Investitionskosten für die baulichen Maßnahmen an der Gebäudehülle (Investitionskosten KG 300) und für die Erneuerung der Anlagentechnik (Investitionskosten KG 400) als auch die Planungskosten (KG 700) sind der Tabelle 4-10 zu entnehmen. Die Gesamtkosten zur Umsetzung der Sanierungsvariante 13 bei Halle 1 betragen rund 1.028.000 EUR.

TABELLE 4-10: HALLE 1 – INVESTITIONSKOSTEN

KG-Nr.	Bezeichnung	Kosten [EUR]
	Gesamtkosten	1.028.148
300	Bauwerk – Baukonstruktionen	568.583
330	Außenwände/Vertikale Baukonstruktionen, außen	281.468
350	Decken/Horizontale Baukonstruktionen	175.950
360	Dächer	111.165
400	Bauwerk – Technische Anlagen	291.348
420	Wärmeversorgungsanlagen	147.435
430	Raumlufttechnische Anlagen	46.980
440	Elektrische Anlagen	96.934
700	Baunebenkosten	168.217
730	Objektplanung	114.817
740	Fachplanung	53.400

Die Energiekosten berechnen sich aus dem Endenergiebedarf und den Brennstoffkosten des jeweiligen Energieträgers. Im Bestandszustand beträgt der Wärmeendenergiebedarf 189.329 kWh/a und der Stromendenergiebedarf 9.795 kWh/a. Für den Energieträger Holzpellets wird ein Arbeitspreis von 3,89 cent/kWh mit einer Lagerverzinsung in Höhe von 2,5 % und für den Strompreis ein Grundpreis von 50 EUR/a und ein Arbeitspreis in Höhe von 19,20cent/kWh angesetzt. Die jährlichen Kosten betragen somit rund 9.396 EUR (vgl. Abbildung 4-10). Nach der Sanierung werden die jährlichen Energiekosten auf rund 1.772 EUR reduziert. Durch den Einsatz der Wärmepumpe resultieren diese Kosten ausschließlich aus dem Stromendenergiebedarf in Höhe von 9795 kWh. Die Energiepreissteigerungen werden entsprechend Kapitel 4.1.2 angenommen. Den Energiekosten stehen ökonomische Gewinne durch die Einspeisung des erzeugten Photovoltaikstroms gegenüber. Die gebäudeintegrierte Photovoltaikanlage generiert jährlich 57.657 kWh. Abzüglich des selbst genutzten Anteils werden jährlich 43.519 kWh in das Stromnetz eingespeist. Die Einspeisevergütung nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz beträgt 6,2 cent/kWh für die Anlage, sodass der jährliche Ertrag rund 2.700 EUR beträgt.

ABBILDUNG 4-10: HALLE 1 – VARIANTENVERGLEICH – ENERGIEKOSTEN



Unter Annahme einer Inanspruchnahme von Fördermitteln reduzieren sich die Investitionskosten um 50 % (vgl. Kapitel 4.1.2). Die Gesamt-Investitionskosten betragen demnach 514.074 EUR. Für einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren mit einem Kalkulationszinssatz von 0,52 % entstehen jährliche Kapitalkosten in Höhe von 19.557 EUR/a. Aus der Summe der jährlichen Kapitalkosten, den jährlichen Energiekosten sowie der Einspeisevergütung ergeben sich Gesamtkosten in Höhe von 18.924 EUR/a. Die mittleren Energiekosten der Halle ohne Energieeinsparmaßnahmen betragen 15.174 EUR/a, wodurch eine jährliche Differenz (Annuität) in Höhe von -3.750 EUR/a entstehen. Demnach können die Energiekosteneinsparungen die Investitionskosten innerhalb des Betrachtungszeitraums nicht ausgleichen, sodass die Investition unwirtschaftlich ist

Halle 2

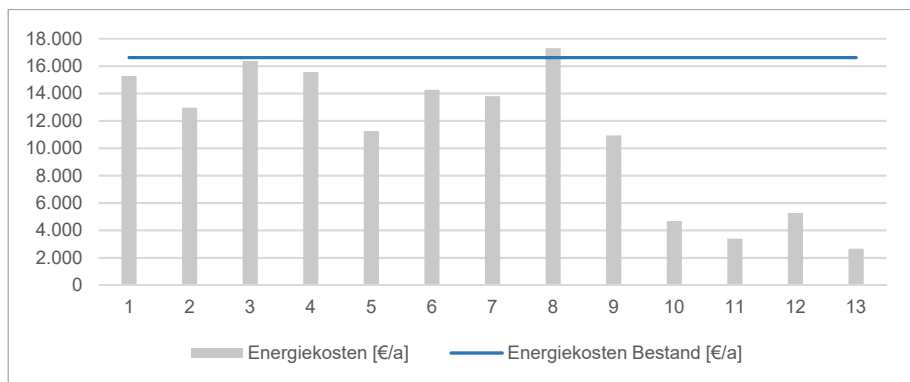
Für Halle 2 werden zur Umsetzung der Sanierungsvariante 13 Gesamt-Investitionskosten in Höhe von rund 1.285.026 EUR ermittelt. Die ermittelten Investitionskosten für die Sanierung der Gebäudehülle (KG 300) und für die Erneuerung der Anlagentechnik (KG 400), ebenso wie die Kosten der Planungsleistung (KG 700) sind der Tabelle 4-11 zu entnehmen.

TABELLE 4-11: HALLE 2- INVESTITIONSKOSTEN

KG-Nr.	Bezeichnung	Kosten [EUR]
	Gesamtkosten	1.518.388
300	Bauwerk – Baukonstruktionen	865.834
330	Außenwände/Vertikale Baukonstruktionen, außen	361.285
350	Decken/Horizontale Baukonstruktionen	279.698
360	Dächer	224.851
400	Bauwerk – Technische Anlagen	419.193
420	Wärmeversorgungsanlagen	236.746
430	Raumlufttechnische Anlagen	64.802
440	Elektrische Anlagen	117.644
700	Baunebenkosten	233.361
730	Objektplanung	159.282
740	Fachplanung	74.079

Die Energiekosten im Bestandszustand betragen 16.613 EUR. Für die Bereitstellung des Wärmeenergiebedarfs in Höhe von 165.177 kWh sind Energiekosten von 9.349 EUR pro Jahr erforderlich. Hierbei wird von einem Öl-Preis mit einer 2 %igen Lagerverzinsung und einem Arbeitspreis von 5,59 cent/kWh ausgegangen. Zur Deckung des Strombedarfs in Höhe von 37.838 kWh/m²a werden Kosten in Höhe von 7.265 EUR^{7a} erforderlich. Durch die Sanierungsvariante 13 werden die jährlichen Energiekosten auf 2.663 EUR reduziert (vgl. Abbildung 4-11). Die Kosten resultieren aus einem Endenergiebedarf für Strom in Höhe von 13.610 kWh und einem Preis von 19,20 cent/kWh zuzüglich 50 EUR Grundpreis. Die Energiepreissteigerungen werden entsprechend Kapitel 4.1.2 angenommen. Der jährliche Ertrag durch die Einspeisung des nicht selbstnutzbaren Photovoltaik-Stroms beträgt unter Berücksichtigung einer Einspeisung in Höhe von rund 23.800 kWh und einer Einspeisevergütung von 6,2 cent/kWh etwa 1.475 EUR/a.

ABBILDUNG 4-11: HALLE 2 – VARIANTENVERGLEICH – ENERGIEKOSTEN



Für die Berechnung der Annuität der Sanierungsmaßnahme an Halle 2 werden die Gesamt-Investitionskosten unter Berücksichtigung einer 50 %-Förderung in Höhe von 759.194 EUR, ein Kalkulationszinssatz von 0,52 % und ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren angesetzt. Die Kapitalkosten bei Halle 2 betragen dadurch 30.326 EUR/a. Zuzüglich der jährlichen Energiekosten und abzüglich der Erträge durch die Einspeisung des nicht selbstnutzbaren Photovoltaikertrags werden Gesamtkosten in Höhe von 31.957 EUR/a ermittelt. Durch die Gegenüberstellung mit den mittleren Energiekosten, die ohne Energieeinsparmaßnahmen entstehen würde, wird eine negative Annuität in Höhe von – 5.127 EUR/a ermittelt. Demnach reichen die Energiekosteneinsparungen nicht aus, um die die Investitionskosten zu decken. Die Investition ist nicht rentabel.

4.4 Sensitivitätsanalyse

Für die energetische Gebäudebilanzierung sind zahlreiche Eingabedaten erforderlich, die insbesondere bei Bestandsgebäuden zum Teil auf Annahmen oder Standardwerten basieren. Ebenso ist eine Festlegung auf bestimmte Anlagentypen, -eigenschaften und -einstellungen für die Berechnung der Sanierungsvarianten erforderlich. Die folgende Auswertung stellt den Einfluss ausgewählter baulicher, betrieblicher und versorgungstechnischer Parameter auf die Berechnungsergebnisse dar. Ebenso wird der Einfluss der für die Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnung relevanten Parameter aufgezeigt.

4.4.1 Bauliche Parameter

Wärmetechnische Eigenschaften

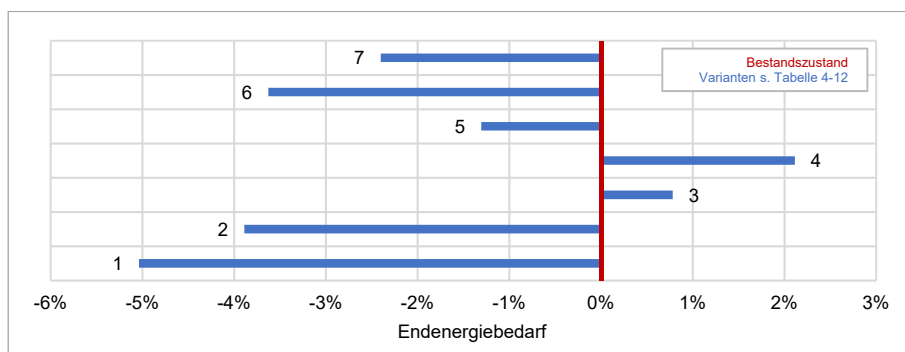
Bei Bestandgebäuden müssen oftmals aufgrund fehlender Planungsunterlagen und unzureichender Dokumentation von Instandsetzungsmaßnahmen Annahmen zum Bauteilaufbau getroffen werden. Insbesondere bei Halle 1 war dies für die Potenzialanalyse erforderlich, da zu Baubeginn keine Anforderungen an den energiesparenden Wärmeschutz gestellt wurden (kein Wärmeschutznachweis).

Die folgende Analyse verdeutlicht die Auswirkungen unterschiedlicher Annahmen zur Wärmedämmung der Gebäudehülle. Für die Analyse werden an verschiedenen Bauteilen von Halle 1 die Dämmstärke im Bestandszustand verändert (geringe Abweichungen, z.B. um 2 cm) und der Einfluss auf den Endenergiebedarf bewertet (vgl. Tabelle 4-12).

TABELLE 4-12: VERÄNDERLICHE PARAMETER – WÄRMEDÄMMUNG

	Bauteil	Flächenanteil (Gebäudehülle)	Differenz (Dämmstärke bzw. U-Wert)
1	Dach, gesamt	33%	2 cm
2	Dach, Halle	19%	2 cm
3	Boden, gesamt	33%	5 cm
4	Boden, Halle	19%	5 cm
5	Außenwand, West	4%	2 cm
6	Randbalken, Ost	2%	4 cm
7	PC-Verglasung	4%	0,9 W/m ² K

ABBILDUNG 4-12: EINFLUSS WÄRMETECHNISCHE EIGENSCHAFTEN BEI GERINGEN ABWEICHUNGEN



Für die in Tabelle 4-12 dargestellten Varianten zeigt sich, dass eine abweichende Annahme zu den Wärmedämmeigenschaften einzelner Bauteile die Ergebnisse zum Endenergiebedarf (absolut) um maximal 5 % beeinflusst (vgl. Abbildung 4-12). Hierbei ist allerdings die Abhängigkeit des Flächenanteils des jeweiligen Bauteils an der Gebäudehüllfläche und das Delta der Dämmstoffdicke entscheidend. Mit einem Anstieg der beiden zuvor genannten Parameter können sich die Auswirkungen auf den Endenergiebedarf und sekundär auf den Primärenergiebedarf und die CO₂-Einsparungen erhöhen.

4.4.2 Betriebliche und versorgungstechnische Parameter

Raumsolltemperaturen

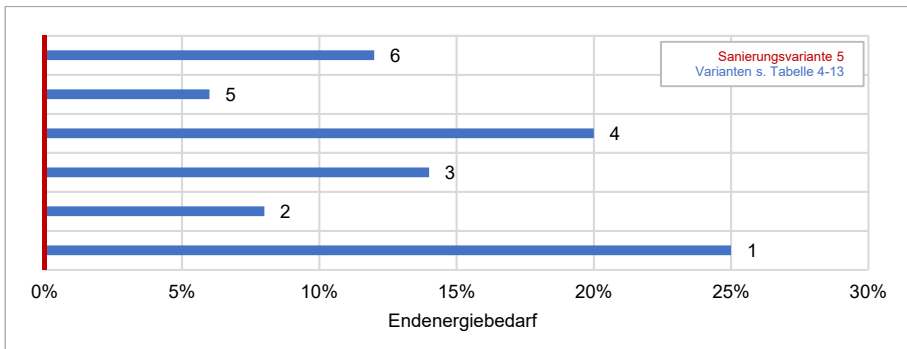
An Sporthallen werden unterschiedliche Anforderungen an die Raumsolltemperaturen durch die DIN 18032-1, die DIN V 18599-10 und durch den Betreiber gestellt. Die verschiedenen Anforderungen, eigene Standards oder eine fehlerhafte Einstellung der Anlagentechnik zur Regelung der Raumtemperaturen können Auswirkungen auf den Energiebedarf von Sporthallen haben.

Die folgende Auswertung stellt dar, welchen Einfluss die Raumsolltemperatur der Zonen auf den Endenergiebedarf beider Praxishallen hat. Ausgehend von einer Sanierung der Wärmeübergabe (Sanierungsvariante 5) und den Vorgaben des Betreibers zur Raumsolltemperatur wird diese für alle Zonen um 2 °C und zusätzlich speziell in der Zone „Sporthalle“ um 1 °C und 2 °C verändert (vgl. Tabelle 4-13).

TABELLE 4-13: VERÄNDERLICHE PARAMETER – RAUMSOLLTEMPERATUR

	Halle	Zone/n	Δ Raumtemperatur
1	Halle 1	alle	+ 2°C
2	Halle 1	Sporthalle	+ 1°C
3	Halle 1	Sporthalle	+ 2°C
4	Halle 2	alle	+ 2°C
5	Halle 2	Sporthalle	+ 1°C
6	Halle 2	Sporthalle	+ 2°C

ABBILDUNG 4-13: EINFLUSS RAUMSOLLTEMPERATUREN BEI GERINGEN ABWEICHUNGEN



Eine Erhöhung der Raumsolltemperaturen bewirkt einen deutlich höheren Energiebedarf. Die Erhöhung der Raumtemperatur um 2 °C in allen Zonen erhöht den Endenergiebedarf um 20 % (Halle 2) bzw. 25 % (Halle 1). Eine Erhöhung der Raumsolltemperatur nur im Hallenteil um 1 °C bewirkt einen um 6 % bis 8 % höheren Endenergiebedarf, eine Erhöhung um 2 °C bedarf 12 % bis 14 % mehr Endenergie (vgl. Abbildung 4-13). Demnach hat die Auslegung der Raumsolltemperaturen und vor allem die des Hallenteils Einfluss auf den Energiebedarf der Sporthallen. Der Einfluss der Raumtemperaturen der jeweiligen Zonen ist von deren Flächenanteil an der Gesamtfläche der Sporthalle abhängig.

Energieträger Blockheizkraftwerk mit Spitzenlastenkessel

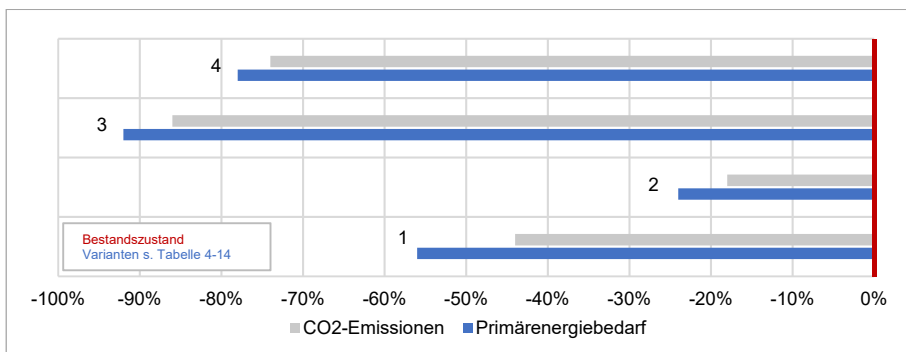
In der Potenzialanalyse wird ein Blockheizkraftwerk mit Spitzenlastenkessel analysiert (Sanierungsvariante 5 und 11). Beide Erzeuger werden bei Halle 2 mit Biogas betrieben, um einen hohen Anteil erneuerbarer Energieträger bei der Wärmeerzeugung sicher zu stellen. Wenn ein erneuerbarer Energieträger während des Sanierungszeitpunkts (noch) nicht zur Verfügung steht oder die Sanierung schrittweise in Einzelmaßnahmen erfolgt (Sanierungsfahrplan), kann das Erfordernis bestehen, dass vorübergehend ein fossiler Energieträger zum Einsatz kommt.

Die folgende Analyse stellt dar, welchen Einfluss Restriktionen durch die örtliche Verfügbarkeit von Energieträgern auf den Energiebedarf und die Emissionen haben. Es erfolgt ein Vergleich zwischen den Energieträgern Biogas und Erdgas anhand der Sanierungsvarianten 7 und 11 bei Halle 2. Es erfolgt lediglich die Anpassung des Energieträgers, alle weiteren Rahmenbedingungen bleiben bestehen (vgl. Tabelle 4-14).

TABELLE 4-14: VERÄNDERLICHE PARAMETER – BHKW

	Sanierungsvariante	Energieträger
1	Sanierungsvariante 7	Biogas
2	Sanierungsvariante 7	Erdgas
3	Sanierungsvariante 11	Biogas
4	Sanierungsvariante 11	Erdgas

ABBILDUNG 4-14: EINFLUSS ENERGIETRÄGER BHKW



Der Endenergiebedarf unterscheidet sich zwischen den beiden Energieträgern nur geringfügig. Im Vergleich zum Bestandszustand (Öl-Brennwertkessel) weist die Wärmeerzeugung durch ein Erdgas betriebenes BHKW mit Spitzenlastenkessel Primärenergie- und Emissionseinsparpotenzial auf (vgl. Abbildung 4-14). Jedoch können aufgrund der energetischen Bewertung des fossilen Energieträgers ($f_p=1,1$) nicht so hohe Primärenergie- und Emissionseinsparungen wie durch die biogasbetriebene Anlage ($f_p=0,4$) erreicht werden.

Der Einsatz fossiler Energieträger ist bei einem Heizungsaustausch zwar nicht mit den gebäudespezifischen Energieeinspar- und Klimaschutzzielen vereinbar, jedoch kann der Austausch der Wärmeerzeugungsanlage durch eine Kraft-Wärme-Kopplung eine geeignete Maßnahme innerhalb eines Sanierungspfads darstellen. Vorausgesetzt weitere in ihrer Wirkung abgestimmten Maßnahmen folgen. Denn das

Blockheizkraftwerk ermöglicht sowohl die Reduzierung des Bedarfs von eingesetzter Energie als auch eine zukünftige Umstellung auf erneuerbare Energieträger (mögliche Umrüstung) (vgl. Kapitel 4.3). So weist ein BHKW ein Adaptionspotenzial auf eine zukünftige Transformation der Energieinfrastruktur auf. Ausblickend kann dies zum Beispiel für den Einsatz von Wasserstoff (reiner Wasserstoff/Erdgas-Wasserstoffgemisch) entscheidend sein.

Wärmepumpen

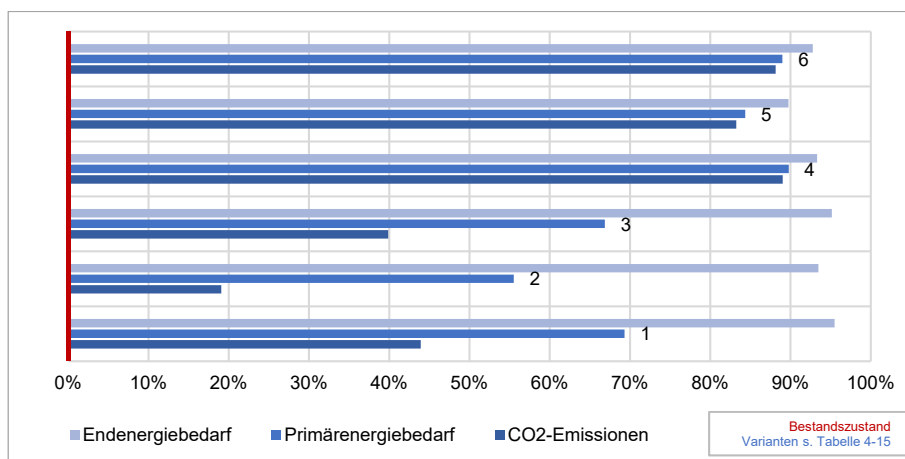
In der Potenzialanalyse wird eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden als Wärmeerzeuger gewählt (Sanierungsvariante 13). Die Wärmepumpen werden mit einer monovalenten Betriebsweise ausgelegt. Für die Warmwasserbereitstellung wird eine elektrische Nacherhitzung erforderlich. Aufgrund von Boden- und Grundstücksverhältnissen können jedoch Restriktionen bei der Ausführung von Sole-Wasser-Wärmepumpen auftreten.

Die folgende Analyse zeigt den Einfluss der Auslegung und der Art der Wärmepumpe auf den Energiebedarf und die CO₂-Emissionen beider Praxishallen (vgl. Tabelle 4-15).

TABELLE 4-15: VERÄNDERLICHE PARAMETER – WÄRMEPUMPE

	Halle	Wärmepumpe	Wärmeerzeuger (Spitzenlast)
1	Halle 1 (SV 13)	Sole-Wasser	Heizstab
2	Halle 1	Luft-Wasser	Heizstab
3	Halle 1	Sole-Wasser	bivalent
4	Halle 2 (SV 13)	Sole-Wasser	Heizstab
5	Halle 2	Luft-Wasser	Heizstab
6	Halle 2	Sole-Wasser	bivalent

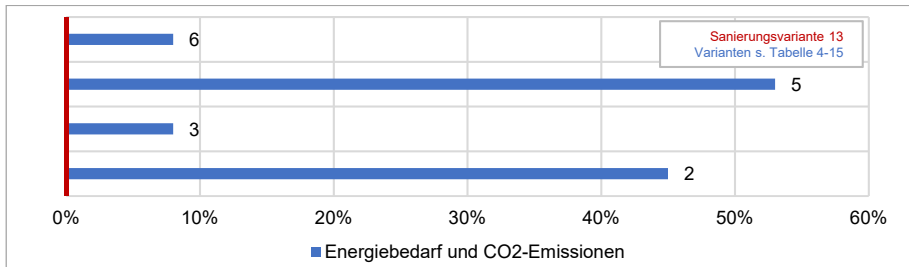
ABBILDUNG 4-15: EINFLUSS AUSLEGUNG WÄRMEPUMPE (BESTANDSZUSTAND)



Durch den Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe, anstatt der oben genannten Sole-Wasser-Wärmepumpe, verringert sich die Anlageneffizienz. In Bezug auf den Bestandszustand weisen die verschiedenen Wärmepumpenauslegungen durch die hohen Einsparungen weitestgehend ähnlich Einsparungen auf (vgl. Abbildung 4-15). Bei einer Gegenüberstellung einer Sole-Wasser- mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe anhand der Sanierungsvariante 13 werden hingegen die höheren Umweltwirkungen letzter genannter deutlich. Dabei erhöht sich der Energiebedarf und die CO₂-Emissionen um etwa 50 %. Werden die Spitzenlasten des Wärmebedarfs anstatt mit einem Heizstab (elektrische Nacherhitzung) durch ein bivalent-parallelen Betrieb versorgt, steigt der Energiebedarf und die Emissionen der Sporthallen um etwa 8 % (vgl. Abbildung 4-16).

Demnach erreicht die in der Potenzialanalyse gewählte Wärmepumpe innerhalb des Variantenvergleichs die höchsten Einsparungen. Dem hohen Energieeinsparpotenzial stehen mögliche Restriktionen bei der Ausführung entgegen.

ABBILDUNG 4-16: EINFLUSS AUSLEGUNG WÄRMEPUMPE (SANIERUNGSVARIANTE 13)



Photovoltaikanlage

Die Energie- und Emissionseinsparungen durch eine Photovoltaikanlage werden durch die Sanierungsvariante 9 analysiert. Hierfür werden polykristalline Solarzellen angenommen. Die Zelltypen einer Photovoltaikanlagen beeinflussen die Effizienz und damit auch den Stromertrag, der insgesamt in die Endenergie-, Primärenergie- und CO₂-Bilanz eingeht.

Die folgende Analyse stellt die Auswirkungen der Solarzellenart auf den Stromertrag und auf den Energiebedarf und die CO₂-Emissionen beider Praxishallen dar.

Bei monokristallinen Modulen erhöht sich der Stromertrag um ca. 10 %. Bei Halle 1 besteht kein Bedarf, den zusätzlichen Photovoltaikertrag selbst zu nutzen, sodass der Überschuss eingespeist werden kann. Die Energie- und Emissionseinsparungen der Halle bleiben demnach unverändert. Bei Halle 2 steigt der selbst nutzbare Anteil des Photovoltaikstroms geringfügig um 3 %. Der Einfluss auf die Energie- und CO₂-Kennwerte ist mit 1 % ebenfalls gering.

Die Wahl des Photovoltaikmoduls ist demnach von den örtlichen Gegebenheiten, der Größe der zur Verfügung stehenden Fläche zur Stromerzeugung sowie von den Kosten und der damit verbundenen Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen abhängig.

4.4.3 Parameter für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Kapitalzinssatz

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung in Kapitel 4.3.3 liegt ein Kapitalzins von 0,52 % zu Grunde. Im Folgenden wird der Einfluss unterschiedlicher Zinssätze auf die Wirtschaftlichkeit untersucht. Es werden der mittlere Zinssatz der letzten sechs Jahre (1,34 %) und der derzeitige Zinssatz (3,63 %, 03.2023) angesetzt.

TABELLE 4-16: HALLE 1 – EINFLUSS KALKULATIONSZINSSATZ

Kalkulationszinssatz	Kapitalkosten	Gesamt-kosten	mittl. Energiekosten ohne Energiesparmaßnahme	Annuität
0,52%	19.557 EUR	18.924 EUR	15.174 EUR	- 3.750 EUR
1,34%	21.923 EUR	21.278 EUR	14.904 EUR	- 6.374 EUR
3,63%	29.353 EUR	28.674 EUR	14.191 EUR	- 14.483 EUR

TABELLE 4-17: HALLE 2 – EINFLUSS KALKULATIONSZINSSATZ

Kalkulationszinssatz	Kapitalkosten	Gesamt-kosten	mittl. Energiekosten ohne Energiesparmaßnahme	Annuität
0,52%	30.326 EUR	31.957 EUR	26.830 EUR	- 5.127 EUR
1,34%	33.813 EUR	35.426 EUR	26.354 EUR	- 9.072 EUR
3,63%	44.706 EUR	46.269 EUR	25.093 EUR	- 21.176 EUR

Durch einen höheren Zinssatz steigen die Kapitalkosten, die Wirtschaftlichkeit wird reduziert (vgl. Tabelle 4-16 und Tabelle 4-17). Demnach stellt die Annahme des Kalkulationszinsses in der Wirtschaftlichkeitsberechnung in Höhe von 0,52 % eine eher günstige Ausgangssituation dar. Unter Berücksichtigung des aktuellen Zinssatzes würden durch die energetische Sporthallenkomplettsanierung (vgl. Sanierungsvariante 13) erheblich höhere Mehrkosten pro Jahr für die Kommune anfallen.

Förderung

Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung werden Fördermittel in Höhe von 50 % berücksichtigt. Durch die Inanspruchnahme von Fördermitteln reduzieren sich die kapitalgebundenen Kosten, was die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme beeinflusst. Die folgende Auswertung verdeutlicht die Auswirkungen unterschiedlicher Annahmen zur Förderung.

TABELLE 4-18: HALLE 1 – EINFLUSS FÖRDERUNG

Förderung	Kapitalkosten	Gesamtkosten	mittl. Energiekosten ohne Energiesparmaßnahme	Annuität
50 %	19.557 EUR	18.924 EUR	15.174 EUR	- 3.750 EUR
65 %	13.690 EUR	13.057 EUR	15.174 EUR	2.117 EUR
keine	39.114 EUR	38.481 EUR	15.174 EUR	- 23.307 EUR

TABELLE 4-19: HALLE 2 – EINFLUSS FÖRDERUNG

Förderung	Kapitalkosten	Gesamtkosten	mittl. Energiekosten ohne Energiesparmaßnahme	Annuität
50 %	30.326 EUR	31.957 EUR	26.830 EUR	- 5.127 EUR
65 %	18.280 EUR	19.912 EUR	26.830 EUR	6.918 EUR
keine	60.651 EUR	62.283 EUR	26.830 EUR	- 35.453 EUR

Erhöht sich zum Beispiel durch das Erreichen von höheren energetischen Anforderungen der Anteil der förderfähigen Ausgaben (hier: 65 %), können jährliche Einsparungen erreicht werden. Die Maßnahmen sind somit wirtschaftlich umsetzbar. Kommen hingegen keine Fördermittel zum Tragen, erzielt die Sanierungsmaßnahme bei beiden Hallen hohe jährliche Kapitalkosten, sodass die Investition nicht rentabel ist (vgl. Tabelle 4-18 und Tabelle 4-19). Die Gewährung von Fördermitteln kann somit einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen haben, stellen jedoch keine Garantie zum Erreichen einer Rentabilität dar.

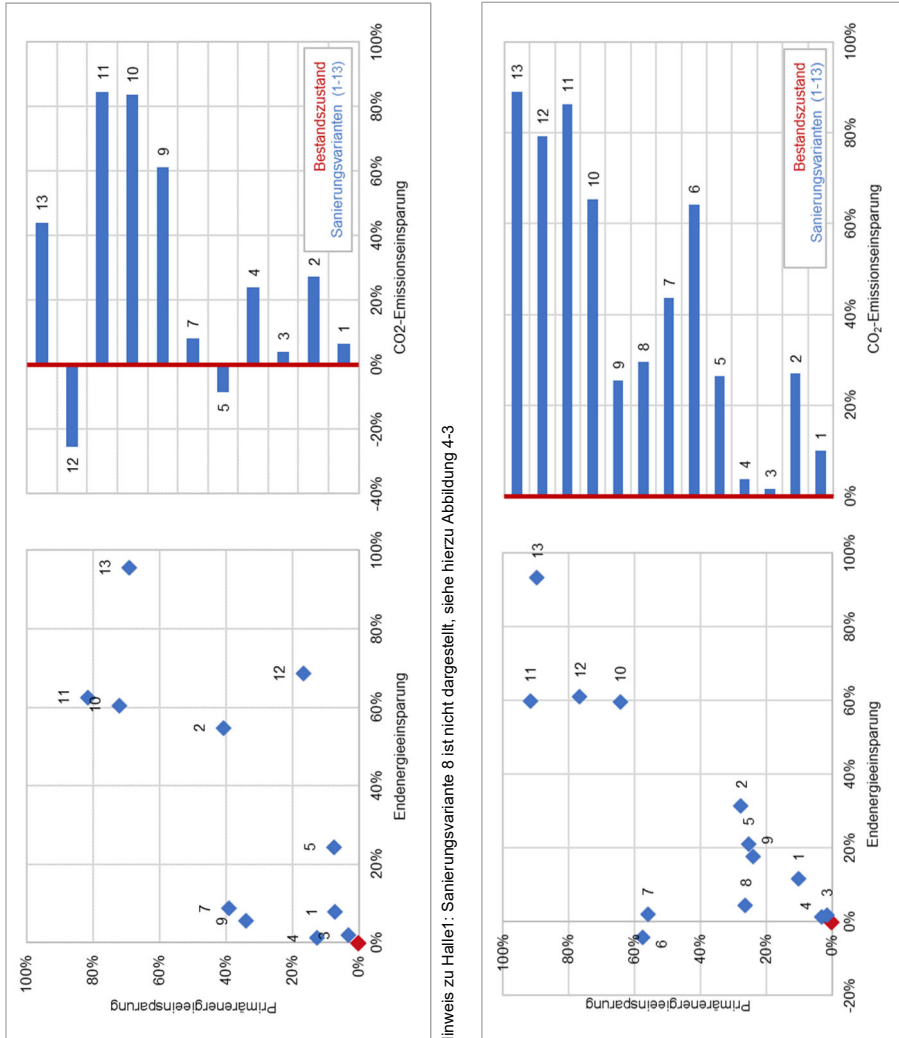
4.5 Zwischenfazit und Ergebnisdiskussion

Durch die Potenzialanalyse wurden die Energieeinspar- und Emissionsminderungspotenziale von kommunalen Sporthallensanierungen ermittelt. Die Potenzialanalyse erfolgte für zwei Sporthallen. Die Untersuchungsobjekte wurden anhand ausgewählter Parameter sowie der Einordnung in den gesamten kommunalen Sporthallenbestand ausgewählt. Dadurch gewährleistet die Untersuchung die Praxisnähe und einen Bezug zur konkreten Bestandssituation.

Als Grundlage für die Bewertung der Einsparpotenziale der Sanierungsvarianten wurde zunächst die konkrete bauliche, gebäudetechnische und energetische Bestandssituation der Hallen erhoben bzw. vervollständigt. Die Energiekennwerte der Bestandshallen weisen eine Abweichung zwischen den berechneten Bedarfswerten und den gemessenen tatsächlichen Verbrauchswerten auf. Diese eher Standardabweichungen können im Nutzerverhalten, einer nicht optimal eingestellten Anlagentechnik oder in Annahmen begründet sein. Letztere betreffen einzelne bauliche und anlagentechnische Kennwerte und sind aufgrund der unzureichenden Datengrundlage erforderlich. Der Einfluss dieser Annahmen auf die Höhe des Energiebedarfs wurde anhand einer Sensitivitätsanalyse nachgewiesen und analysiert. Die Ergebnisse legen dar, dass geringfügig abweichende Angaben zu den Dämmschichten einzelner Bauteile der Gebäudehülle den errechneten Energiebedarf um maximal 5 % beeinflussen. Wesentliche Einflussgrößen sind dabei der Flächenanteil des Bauteils an der Gebäudehüllfläche und die Dämmstoffvariablen. Abweichungen bei betrieblichen und versorgungstechnischen Parametern, wie die Raumsolltemperatur, wirken sich deutlicher auf den Energiebedarf aus. So kann eine um 2 °C erhöhte Raumsolltemperatur bis zu 25 % Mehrbedarf an Energie zur Folge haben. Hierbei lassen sich der Flächenanteil sowie die Raumtemperatur der jeweiligen Zone als maßgebliche Einflussparameter identifizieren. Demnach ist in Sporthallen vor allem die Raumsolltemperatur ein entscheidender Einflussfaktor bei der Höhe des tatsächlichen Energiebedarfs.

Für die Potenzialanalyse der Sanierungsmaßnahmen wurde ein ausdifferenzierter Maßnahmenkatalog zur Reduzierung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen erarbeitet. Dabei zielen Einzel- und Komplettmaßnahmen auf eine Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle, eine bessere Effizienz der betrieblichen und versorgungstechnischen Systeme sowie auf den Einsatz erneuerbare und CO₂-arme Energieversorgung ab.

ABBILDUNG 4-17: HALLE 1 UND HALLE 2 - ERGEBNISSE POTENZIALANALYSE



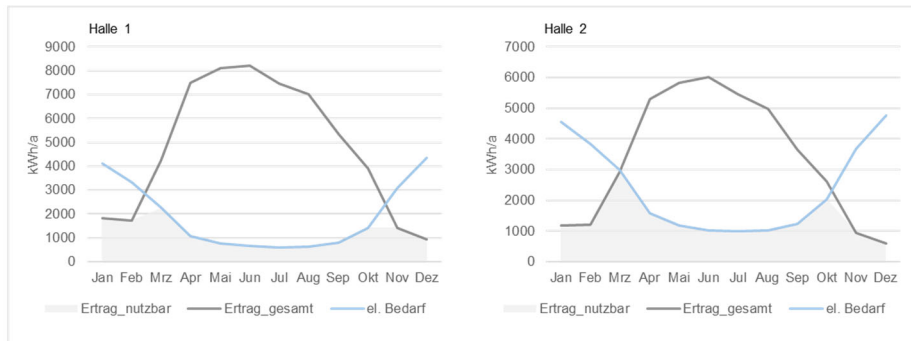
Die Ergebnisse der energetischen Bilanzierung des Bestandszustands und der Sanierungsvarianten sind in Abbildung 4-17 dargestellt. Diese verdeutlichen zunächst erwartungsgemäß die Abhängigkeit der möglichen Energieeinsparungen und Emissionsminderungen vom Bestandszustand der Sporthallen.

Ein hohes Endenergieeinsparpotenzial ist insbesondere durch die verbesserte Wärmedämmung der Gebäudehülle entsprechend des Anteils der sanierten Fläche festzustellen. Ebenso liegen bei den versorgungstechnischen Maßnahmen hohe Einsparpotenziale vor. Für rein betriebliche Optimierungen (hier: hydraulischer

Abgleich und Austausch der Beleuchtung) konnte nur ein geringes Einsparpotenzial festgestellt werden.

Zusammenfassend belegen die Ergebnisse der Sanierungsvarianten zur Erneuerung der Wärmeerzeugung, dass eine erneuerbare und CO₂-arme Wärmeerzeugung deutliche Potenziale zur Energieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung aufweisen. Die Ergebnisse stellen eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Wahl von Wärmeerzeuger und Wärmequelle dar. Jedoch ist die Priorisierung einer bestimmten Wärmeerzeugung und -quelle von der örtlichen Verfügbarkeit und eventuell vorhandenen kommunalen Vorgaben zur zukünftigen Energiebedarfsdeckung (kommunale Klimaschutzziele, kommunale Wärmepläne) abhängig. Dadurch kann der Einsatz von bestimmten Wärmeerzeugern und Energieträgern gefördert oder eingeschränkt werden. Ein Variantenvergleich zwischen einer Sole-Wasser- und einer Luft-Wasser-Wärmepumpe sowie zwischen einem biogas- und erdölbetriebenen Blockheizkraftwerk konnte die Auswirkungen solcher Rahmenbedingungen vor Ort auf den Primärenergiebedarf und die CO₂-Emissionen der Sporthallen darlegen. Zur Ermittlung der Potenziale einer gebäudeintegrierten Strom- und Wärmeproduktion bei Sporthallen wurden die für die Gewinnung von Solarenergie geeigneten Dach- und Fassadenflächen ermittelt. Sporthallen verfügen in der Regel über große Dachflächen sowie weiteren solargeeigneten Fassadenflächen und weisen somit ein großes Potenzial zur Gewinnung von Sonnenenergie (Strom durch Photovoltaik und Wärme durch Solarthermie) auf. Je nach Höhe des Energieertrags und des Selbstnutzungsanteils wurden Energie- und Emissionseinsparungen ermittelt. Überdies konnte aufgezeigt werden, dass Sporthallen Energielieferanten sein können, die den eigens erzeugten Strom innerhalb der kommunalen Liegenschaften, etwa an anliegende Schulgebäude, weitergeben können (vgl. Abbildung 4-18). Eine weitere Möglichkeit den Anteil des selbsterzeugten Stroms zu erhöhen, ist die Umstellung auf eine strombasierte Wärmeerzeugung. Hierbei sind die Diskrepanzen zwischen Bedarfs- und Gebotszeiten zu berücksichtigen (vgl. Abbildung 4-18), sowie der Sanierungszustand der Sporthallen

ABBILDUNG 4-18: HALLE 1 UND 2 - PHOTOVOLTAIKANLAGE - ERTRAG UND BEDARF (SANIERUNGSVARIANTE 13)



Der Vergleich der Einsparpotenziale der Einzel- und Komplettmaßnahmen verdeutlicht, dass nur durch eine synergetische Kombination von baulichen, betrieblichen und versorgungstechnischen Maßnahmen diejenigen Energie- und Emissionseinsparpotenziale erreicht werden, die mit den gebäudespezifischen Einspar- und Klimaschutzziele vereinbar sind (vgl. Abbildung 4-17). Die untersuchten Komplettmaßnahmen erreichen im Vergleich zum Bestandszustand in der Regel eine Energie- und Emissionseinsparungen von mindestens 60 %. Einzelmaßnahmen können als Teil eines Sanierungspfades sinnvoll sein. Als maßgebliche Einflussfaktoren auf die Höhe der Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotenziale lässt sich demnach zusätzlich zum Bestandszustand der Sporthallen insbesondere der Sanierungsumfang und die Sanierungstiefe identifizieren.

Mithilfe der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die Kosten ermittelt, die den Energieeinsparungen der Sanierungsvariante mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe gegenüberstehen. Die Ergebnisse sind von verschiedenen Parametern und teils Annahmen abhängig, die Veränderungen unterliegen (Baukostensteigerungen, pandemiebedingte Entwicklungen etc.). Eine Übertragbarkeit oder langfristige Aussagen sind jedoch nach einer Neujustierung ausgewählter Parameter möglich.

Es konnte festgestellt werden, dass die Jahresgesamtkosten nach der Sanierung die mittleren Energiekosten des Bestandszustand übersteigen. Hierdurch wird die Unwirtschaftlichkeit der Maßnahmen an beiden Sporthallen belegt. Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung verdeutlichen somit, dass trotz der hohen Energiekosteneinsparungen und der eher günstigen Berechnungsgrundlagen eine Wirtschaftlichkeit von Komplettansanierungen schwer erreichbar ist (50 %-Förderung, Kapitalzins). Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass die Gewährung von

Fördermitteln einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen haben kann, jedoch keine Garantie dafür darstellt. Es wird deutlich, dass weitere Anreize und Voraussetzungen erforderlich sind.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung stellt allerdings eine rein ökonomische Betrachtung dar. Bei einer Sanierungsentscheidung können weitere sozio-kulturelle Aspekte eine Rolle spielen und die Abwägung entscheidend beeinflussen, etwa ein Umbau, eine Umnutzung, eine Erweiterung des Sportangebots oder Öffnung gegenüber anderen Veranstaltungen (soziokulturelle Vorteile, Anpassung an geänderte Bedarfe). Diese Aspekte sind insbesondere bei Sporthallen mit ihrer Funktion als Bildungs-, Integrations- und gesundheitsfördernder Sozialraum insbesondere als kultureller und künstlerischer Mehrzweckraum von Bedeutung.

Die Potenzialanalyse wurde unter Annahme sanierungsgünstiger Bedingungen durchgeführt, um die potenziellen Energie- und Emissionseinsparungen darzustellen. So wurden bei der Erarbeitung der Sanierungsvarianten keine Restriktionen durch bestehende Bestandsstrukturen angenommen. Es wurden demnach hohe Energieeinspar- und CO₂-Emissionsminderungspotenziale insbesondere durch die energetischen Komplettsanierungen möglich. Dennoch ermöglicht die Analyse eine fundierte Bewertung der Sanierungsvarianten, da potenzielle Einsparpotenziale identifiziert und bewertet werden können. Die Annahme von sanierungsgünstigen Bedingungen ermöglicht es, verschiedene Szenarien zu simulieren und die Auswirkungen unterschiedlicher Maßnahmen zu bewerten.

5. Handlungsempfehlungen

Um die in Kapitel 4 ermittelten Energie- und Emissionseinsparungen für einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 zu erschließen, ist ein Abbau der in Kapitel 3 kontrastierten Hemmnissen gegenüber kommunalen Sporthallensanierungen erforderlich. Hierfür werden in dem folgenden Kapitel geeignete Instrumente erarbeitet. Des Weiteren werden die Ergebnisse der Forschungsteile zusammengefasst, Forschungsbedarfe dargelegt sowie ein Ausblick gegeben.

5.1 Handlungsempfehlungen

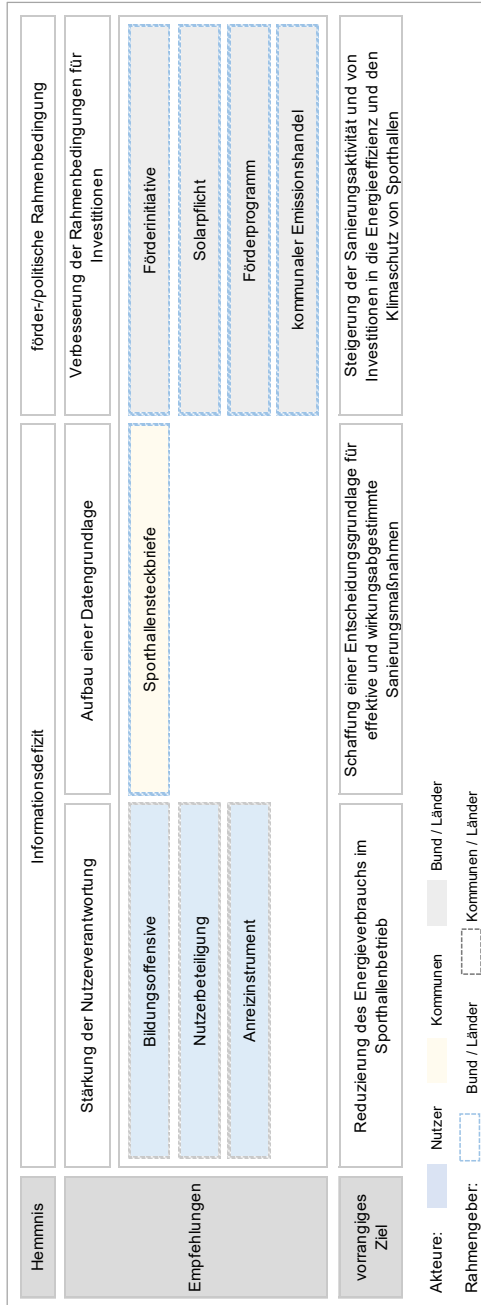
Ausgehend von einer nicht mit den Energieeinspar- und Klimaschutzziele vereinbarenden Sanierungsaktivität bei kommunalen Sporthallen (vgl. Kapitel 3) und einer unzureichenden Ambition der bestehenden Maßnahmen zum Erreichen der gebäudespezifischen Ziele kommunaler Ebene (vgl. Kapitel 2.1) werden nachfolgend Handlungsempfehlungen zur Erschließung der Energie- und Emissionseinsparpotenziale (vgl. Kapitel 4) gegeben. Es werden sowohl die Kommunen als Sporthallenbetreiber sowie der Bund und die Länder als Rahmengeber für kommunale Investitionen adressiert. Denn ohne eine Unterstützung durch die Landes- und Bundesebene können die Kommunen ihrer zugewiesenen Rolle als entscheidender Akteur zum Erreichen der Energieeinspar- und Klimaschutzziele nicht gerecht werden. Darüber hinaus zielen die Handlungsempfehlungen auf die Steigerung der soziokulturellen Funktion der Sporthallen ab (vgl. Kapitel 2.1).

Grundlegend für die Handlungsempfehlungen sind die in Kapitel 3 identifizierten Hemmnisse gegenüber kommunalen energetischen Sporthallensanierungen. Darüber hinaus werden die Hemmnisse gegenüber den Energieeinsparungen im Gebäudebetrieb berücksichtigt. Es werden Maßnahmen empfohlen, die vor allem dem Informationsdefizit und den Hemmnissen bei förder-/politischen Rahmenbedingungen entgegenwirken. Die Handlungsempfehlungen gründen auf den bestehenden Empfehlungen zur Reform der Förderprogramme durch Bund und Länder, zur Festlegung von eigenen verbindlichen Klimaschutzziele und zur Informations- und Wissenssteigerung (z.B. durch den Aufbau von Netzwerken) durch die Kommunen [vgl. Baur et al., 2017, Bongers-Römer et al., 2018, dena, 2018, Jahn et al., 2015, UBA, 2007, UBA, 2022b]. Somit sind die für den Forschungsinhalt der vorliegenden Arbeit ermittelten Handlungsempfehlungen als Ergänzungen zu den bestehenden, allgemeingültigen Empfehlungen insbesondere zur Verbesserung der kommunalen Finanz- und Personalsituation zu verstehen [vgl. Bongers-Römer et al., 2018, dena, 2018, Jahn et al., 2015, UBA, 2022b, UBA, 2022c].

Für die Erschließung der Potenziale bedarf es einer Interaktion verschiedener Maßnahmen auf unterschiedlichen Handlungs- und Akteursebenen, sodass die Empfehlungen die „Stärkung der Nutzerverantwortung“, den „Aufbau einer Datengrundlage“ und die „Verbesserung der Rahmenbedingungen für Investitionen“ sowie aufgrund der Handlungsdringlichkeit überwiegend kurz- bis mittelfristig umzusetzende Maßnahmen umfassen. Die Gliederung der Empfehlungen ist

unter anderem auf die Akteure und Rahmengeber der jeweiligen Empfehlung zurückzuführen.

ABBILDUNG 5-1: HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN



5.1.1 Stärkung der Nutzerverantwortung

Für eine Reduzierung des Energieverbrauchs im Sporthallenbetrieb ist eine Einbindung und eine Verhaltensänderung der Sporthallennutzer*innen unerlässlich, da dieser maßgeblich durch das Nutzerverhalten beeinflusst werden kann. Durch die fehlende Nutzerverantwortung, die sowohl aus der mangelnden Identifikation mit den Sporthallen (geringe Aufenthaltsdauer) als auch aus der Nichtbeteiligung an den Betriebskosten resultiert, werden mögliche Energieeinsparpotenziale durch die Nutzer*innen jedoch oftmals nicht ausgeschöpft.

Eine Verhaltensänderung der Nutzer*innen kann sowohl durch den Abbau des Informationsdefizits als auch durch verschiedene Anreize erwirkt werden. Solche Anreize können Feedback (zum Energieverbrauch), soziale (Vergleiche) und monetäre Anreize sein.

Zur Umsetzung der folgenden Maßnahmen sind auf Länder- und/oder Bundesebene entsprechende Voraussetzungen und insbesondere die notwendige finanzielle Unterstützung zu schaffen.

Bildungsoffensive

Die örtliche Verbindung zwischen kommunalen Sporthallen und Bildungsstätten sollte für eine Bildungsoffensive für Schüler*innen genutzt werden, um somit deren Bewusstsein zum Energieeinsparen zu stärken. Die Schüler*innen sollten über das Erfordernis der gebäudespezifischen Energie- und CO₂-Emissionsminderungen und ihrer möglichen Einflussnahme (Nutzereinfluss) aufgeklärt werden. Zusätzlich zu den informativen Maßnahmen und dem Aufzeigen eines zielführenden Verhaltens sollte die Verhaltensänderung durch die Visualisierung einer einfachen energetischen Bilanzierung anhand eines Energiemanagements verstärkt werden (Feedback per Monitor/App, ggf. mit Vergleichen aus vergangenen Zeiträumen). Es ist allerdings anzumerken, dass ein solches Energiemanagementsystem in Sporthallen kaum gegeben ist, wodurch Alternativen zur Darstellung als auch personelle und zeitliche Kapazitäten (u.a. Integration in den Sportunterricht) zu prüfen sind.

Nutzerbeteiligung an Sporthallenbetriebskosten

Um die Eigenverantwortung und das Bewusstsein der Sporthallennutzer*innen zu steigern, sollten diese (Vereine) an den Betriebskosten (monetärer Anreiz) beteiligt werden. Die Beteiligung sollte in Form einer Betriebskostenumlegung auf die Nutzer*innen oder durch eine finanzielle Beteiligung jener an den

Kosteneinsparungen, die durch die Reduzierung des Energieverbrauch entstehen, erfolgen. Bei Ersterem ist der Kostenanteil der Nutzer*innen am Energie- und Wasserverbrauch zu bemessen. Hierfür sind die Kosten entweder durch eine nutzerabhängige Aufzeichnung der Verbräuche zu bestimmten oder anhand der anteiligen Nutzungszeiten festzulegen. Allerdings können die Nutzer*innen durch ihr Verhalten nur begrenzt auf den Energieverbrauch der Sporthallen Einfluss nehmen. Das ist bei der Berechnung des Nutzeranteils an den Betriebskosten zum Beispiel durch eine Abminderung in Abhängigkeit der energetischen Qualität der Sporthallen (z.B. Primärenergiebedarf) zu berücksichtigen. Je höher der Bedarf ist, desto geringer ist der Nutzereinfluss und desto geringer sind die anteiligen Betriebskosten anzusetzen. Hierzu bedarf es jedoch einer Einordnung der energetischen Qualität von Sporthallen, zum Beispiel in Form einer Typologisierung. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, die Nutzer*innen an den durch die Anpassungen ihres Verhaltens erreichten Betriebskosteneinsparungen zu beteiligen. Die jährlichen Kosteneinsparungen sind jeweils zur Hälfte auf den Betreiber und die Nutzer*innen aufzuteilen. Ein regelmäßiges Feedback (Abrechnungen, mobile App) zum Energieverbrauch an die Nutzer*innen sollte zur Motivationssteigerung umgesetzt werden. Die Beteiligung der Nutzerinnen und Nutzer an den Betriebskosten von Sporthallen kann je nach Ausführung eine zukünftige Nutzerpartizipation bei Investitionsentscheidungen (neue Anlagentechnik, etc.) implizieren (Mitspracherecht, vgl. Hemmnis in Kapitel 3.2.2). Die sollte auf kommunaler Ebene diskutiert und mit den Nutzern*innen abgestimmt werden.

Anreizinstrument Energieeinsparen

Auf Landesebene wird ein Anreizinstrument zum Energieeinsparen in Sporthallen empfohlen. Die Länder sollten die Kommunen, die die höchsten nutzungsbedingten Energieeinsparungen ihres gesamten Sporthallenbestands innerhalb eines Jahres erzielen, prämiieren. Hierbei ist eine Differenzierung nach Kommunengröße und Sporthallenbestand vorzunehmen. Woher die Mittel zur Finanzierung der Prämierung bezogen werden, sollte auf Bundes- und Länderebene entschieden werden. Es sollte ein angemessener Zeitraum für das Programm festgelegt werden, um einen mehrjährigen Anreiz zu schaffen. Die Prämie sollte an eine Reinvestition im Sportbereich geknüpft werden, die sowohl für die sportliche Infrastruktur als auch für Maßnahmen zur Steigerung der soziokulturellen Funktion des Sports beziehungsweise der Sportstätten verwendet werden können. Dadurch können auch die Sporthallennutzer*innen entlohnt werden, die überwiegend für die

Energieeinsparungen verantwortlich sind (Akteure, vgl. Bildungsoffensive und Beteiligung Betriebskosten). Weitere Rahmenbedingungen, wie die zuvor genannten Differenzierungen, Bilanzgrenzen und eine Berücksichtigung von etwaigen Sanierungsmaßnahmen innerhalb des Bilanzierungszeitraums, sollten durch die Länder festgelegt werden.

5.1.2 Aufbau einer Datengrundlage

Der Bestand des kommunalen Sporthallenportfolios ist oftmals nicht ausreichend dokumentiert (vgl. Kapitel 3). Gründe dafür sind der zumeist weit zurückliegende letzte Planungsstand der Hallen (vgl. Goldener Plan) und die fehlende Aktualisierung oder Digitalisierung der Unterlagen. Durch eine unzureichende Dokumentation des baulichen und anlagentechnischen Bestandszustand sowie der Verbrauchsdaten von Sporthallen können fundierte Aussagen zu energetischen Sanierungsmaßnahmen und deren Potenziale kaum oder gar nicht getroffen werden (Informationsdefizit).

Zur Bewertung des Sporthallenbestands und für eine effektive und wirkungsabgestimmte Planung von Sanierungsmaßnahmen wird eine digitale Datenerhebung des Sporthallenbestands empfohlen. Die Datenerhebung in Form von umfassenden digitalen Sporthallensteckbriefen sollte bauliche Kennwerte als auch anlagentechnische Daten umfassen. Ebenso sollten bereits erfolgte Instandsetzungs- und/oder Sanierungsarbeiten hinterlegt werden. Die Steckbriefe sollten außerdem die Verbrauchswerte für Wärme, Strom und Wasser beinhalten (ggf. Verknüpfung mit Energiemanagementsystem). Ergänzend könnten Daten zur soziokulturellen Funktion, wie die Nutzerzufriedenheit, die Nutzerheterogenität sowie die Bedeutung der Halle für den Schul- und Vereinssport erhoben, quantifiziert und eingepflegt werden.

Aufbauend auf der umfassenden Datenerhebung sollte eine Bewertung des Bestandszustands vorgenommen werden. Die Bewertungsparameter sollten die Qualität der Gebäudehülle und der Anlagentechnik darstellen. Geeignete Parameter können der Transmissionswärmeverlust, der Endenergieverbrauch, der Primärenergieverbrauch, die CO₂-Emissionen und die Betriebskosten sein. Ebenso können soziokulturelle Kennwerte etabliert werden. Eine Bewertung der Einzelgebäude ermöglicht wiederum einen Vergleich zwischen dem gesamten Sporthallenbestand. Durch die Sporthallensteckbriefe kann eine Entscheidungsgrundlage entstehen, die dem kommunalen reaktiven Vorgehen entgegenwirken und somit den ersten Schritt hin zu einem proaktiven Handeln ebnet (vgl. Kapitel 3).

Um die in Kapitel 4.3 ermittelten Potenziale von erneuerbaren Energien erschließen und bewerten zu können, ist eine Verknüpfung von Informationen des energetischen Bestandszustandes mit dem vor Ort vorhandenen erneuerbare-Energien-Potenzial erforderlich. Hierfür sollten GIS-basierte Daten in den Steckbriefen hinterlegt werden. Ein geeignetes Instrument zur Umsetzung der Steckbriefe ist ein digitales Gebäudemodell. Im Hinblick auf eine ansteigende Digitalisierung bieten solche Modelle umfassende Möglichkeiten zur Datenerhebung und -ergänzung. Die präzise Darstellung der Sporthallen ermöglicht eine Genauigkeit der Datenerfassung und -analyse. Die Präzision und die Komprimierung der Daten garantieren eine einfache und schnelle Abrufbarkeit von detaillierten Gebäudekennwerten und deren Transparenz. Die hohe Datenqualität hängt jedoch auch von der Eingabegenauigkeit ab. Ebenso sind für die Einführung solcher digitalen Gebäudemodelle Fachexpertise und hohe Investitionskosten erforderlich. Eine Alternative stellen bestehende digitale Tools (z.B. Tek-Tool [vgl. IWU, 2014], EnerCalc [vgl. Lichtmeß, 2010], Finsa-Tool [vgl. Jahn et al., 2015], „OfDataLyse“ [vgl. BBSR, 2022b]) dar. Es sollte die Chance, dass derzeit kaum eine umfangreiche digitale Bestandsaufnahme der Sporthallen existiert, genutzt werden, um ein einheitliches Instrument und Standards (zumindest auf Landesebene) einzuführen.

Durch die Aufnahme und Bewertung der Bestandsituationen der Sporthallen kann der Sanierungsbedarf und eine Sanierungsrangfolge ermittelt werden. Anhand dessen können Komplettmaßnahmen oder Sanierungspfade festgelegt werden, um die Wirkungen der Maßnahmen optimal abzustimmen. Darüber hinaus besteht das Potenzial die durch die Sporthallen erzeugten Emissionen zu ermitteln und anhand dessen geeignete Zielpfade zum Erreichen eines nahezu klimaneutralen kommunalen Sporthallenbestands festzulegen. Durch eine Erweiterung auf Landesebene und durch weitere Sportstättendaten kann eine Sportstättendatenbank generiert werden. Eine Übertragbarkeit auf den gesamten kommunalen Liegenschaftssektor ist gegeben. Es sind vom Bund und Land entsprechende Voraussetzung zu schaffen.

5.1.3 Verbesserung der Rahmenbedingungen für Investitionen (Bund & Länder)

Von den Kommunen werden die hohen Investitionskosten und die fehlenden kommunalen Mittel als Hemmnis für eine energetische Sporthallensanierung gesehen. Aber auch förder-/politische Rahmenbedingungen, wie die Komplexität des Förderprogramms und unzureichende politische Vorgaben stellen Hürden dar (vgl. Kapitel 3). Demnach sind zur Gewährleistung von kommunalen Investitionen in die

eigenen Sporthallen von Bund und Länder geeignete Voraussetzungen zu schaffen. Das betrifft sowohl die Gewährleistung von Finanzierungen durch eine zielgerichtete Förderung als auch die Festlegung von ambitionierten politischen Vorgaben. Da die Finanzsituation eine allgemeine Herausforderung in den Kommunen darstellt, adressieren die Instrumente, die einen finanziellen Anreiz für kommunale Sporthallensanierungen geben sollen, oftmals auch den gesamten Liegenschaftsbestand.

Ein bereits bestehendes Instrument ist die Kommunalrichtlinie. Durch diese werden kommunale Maßnahmen gefördert, „die Anreize zur Erschließung von Treibhausgasminderungspotenzialen im kommunalen Umfeld verstärken, die Minderung von Treibhausgasemissionen zu beschleunigen und messbare Treibhausgaseinsparungen mit Blick auf das Ziel der Treibhausgasneutralität zu realisieren“ (Kommunalrichtlinie (KLR), S. 5). Die Kommunalrichtlinie wird durch die Einbindung der Richtlinie in die Nationale Klimaschutzinitiative durch das Sondervermögen „Klima- und Transformationsfonds“ finanziert. Der Fonds des Bundesfinanzministeriums fördert Maßnahmen für eine „umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung und Klimaschutz“ und wird unter anderem durch die Erlöse aus dem europäischen und nationalen Emissionshandel gespeist.

Förderinitiative Sanierung kommunaler Liegenschaften

Es wird eine Förderinitiative zur Sanierung kommunaler Liegenschaften empfohlen, die durch den Klima- und Transformationsfonds finanziert werden sollte. Die Kopplung an das bestehende Sondervermögen ergibt sich aus deren gleichen Zielausrichtung und Finanzierung (Erlöse Emissionshandel). Alternativ könnte die Förderinitiative auch als eigenständiges Sondervermögen ausgestaltet werden [vgl. Jahn et al., 2015].

Die Förderinitiative sollte sich an der bestehenden Kommunalrichtlinie orientieren. Diese stellt aufgrund ihrer Langfristigkeit (Laufzeit seit 2008 bis aktuell 2027) ein geeignetes, auf den kommunalen Planungsablauf abgestimmtes Förderinstrument dar. Ebenso positiv wird die Förderung von strategischen und investiven Vorhaben gewertet. Allerdings werden überwiegend Einzelmaßnahmen gefördert. Hier sollte die Förderinitiative Sanierung kommunaler Liegenschaften ansetzen, indem durch diese vor allem Sanierungen als Gesamtmaßnahme oder als Sanierungspfade gefördert werden.

Förderbausteine sollten unter anderem ein Programm zur Finanzierung der Solarpflicht für Sporthallen als auch das Förderprogramm für Sporthallensanierungen sein.

Solarpflicht für Sporthallen

In den vergangenen Jahren erfolgte bereits auf Landesebene die partielle Umsetzung einer Solarpflicht, die bei Parkplätzen, Neubauten oder Dachsanierungen (Bestandsgebäude) und somit ausschließlich bei waagrechten, neuen Gebäudeflächen in Kraft tritt. Sowohl durch die auf einige Bundesländer beschränkte Einführung als auch durch weitere Rahmenbedingungen werden die Potenziale der gebäudeintegrierten Energieerzeugung von Sporthallen allerdings nicht ausgeschöpft. Demnach weisen rund 87 % der GEG-relevanten Nichtwohngebäude keine Solaranlage auf [vgl. IWU, 2022].

Wie in Kapitel 4.3 dargelegt, bestehen Synergieeffekte bei der Nutzung von erneuerbaren Energien an der Sporthallenhüllfläche. Kommunen sollten daher und aufgrund ihrer Vorbildfunktion in der Pflicht stehen das erneuerbare-Energien-Potenzial ihrer Liegenschaften umfassend zu nutzen. Ein geeignetes Instrument ist die Einführung einer Solarpflicht für Sporthallen auf Landesebene. Alternativ könnten Kommunen sich auch selbst diese Pflicht auferlegen (kommunale Satzung; schnellere Umsetzung). Bei der Ausweitung der Pflicht auf alle (kommunalen) Gebäude könnte eine bundesweite Solarpflicht positiv unterstützen (Nutzung von Synergieeffekten durch Öffnungsklausel analog zum Klimaschutzgesetz).

Die Solarpflicht bei kommunalen Sporthallen sollte sowohl im Neubau als auch im Bestand eingeführt werden. Ebenso sollten alle Gebäudehüllflächen (Dach- und Fassadenflächen), die eine effiziente Energiegewinnung gewährleisten, für eine maximale Strom- und Wärmeertragsleistung genutzt werden. Bei Bestandsgebäuden sollte bei der Umsetzung der Solarpflicht eine Prüfung des Sanierungsbedarf der Gebäudehülle vorgeschrieben werden, um bei Bedarf eine solche Sanierung wirkungsabgestimmt mit der Installation einer Solaranlage zu verbinden.

Ziel sollte es sein, durch geeignete finanzielle Unterstützung durch Bund und Länder eine Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen (zur Umsetzung der Solarpflicht) zu erreichen, sodass die Kommunen unmittelbar der Pflicht nachkommen können. Mittelbar kann aber auch eine Verpachtung der Flächen für die Installation einer Solaranlage erfolgen (Versorger, Energiegenossenschaft, etc.). Demnach sollten attraktive Rahmenbedingungen für die gebäudeintegrierte Stromerzeugung (z.B. Gesetze, Finanzierung für die Umsetzungspflicht) geschaffen werden. Die Refinanzierung der investiven (und gegebenenfalls personellen) Mehraufwendungen sind zu klären (Förderinitiative Sanierung kommunaler Liegenschaften). Darüber hinaus sollten geeignete regulatorische Anpassungen geschaffen werden, um die Rolle der Sporthallen als Energieerzeuger zu stärken.

Eine Übertragbarkeit der Solarpflicht auf den gesamten kommunalen Liegenschaftssektor ist gegeben. Es sind jedoch erschwerte Verhältnisse bei anderen Bestandgebäuden im Vergleich zu Sporthallen (u.a. Kubatur) zu berücksichtigen. Darüber hinaus muss eine geeignete Infrastruktur (Speicherung, Weiterleitung) geschaffen werden, um eine maximale Eigennutzung der gebäudeintegrierten Stromversorgung durch die Kommunen zu erreichen.

Förderprogramm für Sporthallensanierungen

Das bundesweite Förderprogramm „Investitionspakt Sportstätten“, das zu einem Anstieg der Investitionen führte (vgl. Kapitel 2.5), wurde Ende des Jahres 2022 eingestellt. Demnach sind explizit auf Sporthallensanierungen ausgerichtete Förderprogramme derzeit ausschließlich auf Landesebene vorhanden. Die förderfähigen Maßnahmen von einem Großteil dieser Programme stellen allerdings keine Anforderungen an die energetische Sanierungsqualität und sind demnach nicht mit den gebäudespezifischen Energieeinspar- und Klimaschutzzielen vereinbar. Darüber hinaus haben die meisten Programme, die die Sanierung von Gebäude umfassen, lediglich ein Förderziel, wodurch eine Kombination von ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Aspekten kaum Fördergegenstand ist. Der Status Quo der Förderprogramme als auch der Reformbedarf der Fördersystematik verdeutlichen das Erfordernis einer Anpassung der Förderlandschaft im Bereich der kommunalen Sportstätten.

Es wird ein Förderprogramm für kommunale Sporthallensanierungen empfohlen, das die vorhandenen Programme (auf Landesebene) bündelt und an die kommunalen Rahmenbedingungen ausgerichtet ist. Das ist vor allem für die Planungs- und Investitionssicherheit der Kommunen und für die Überschaubarkeit der Förderprogramme entscheidend. Das Förderprogramm sollte eine kontinuierliche zielkonforme Umsetzung von Sporthallensanierungen gewährleisten und die Synergieeffekte zwischen den Energieeinspar- und Klimaschutzpotenzialen und der soziokulturellen Funktion stärken. Das Ziel der Förderung sollte demnach die Umsetzung effektiver und wirkungsabgestimmter Sanierungsmaßnahmen sein, die durch eine Steigerung der Attraktivität, der Flexibilität und der Nutzerzufriedenheit (soziokulturelle Aspekte) eine langjährige Auslastung der Sporthallen unter Berücksichtigung der Energieeinspar- und Klimaschutzziele gewährleisten.

Im Rahmen der Förderung sollten sowohl Einzelmaßnahmen, die in einen Sanierungsfahrplan eingebettet sind, als auch Komplettanierungen gefördert werden. Alle Maßnahmen sollten in ihrer Wirkung abgestimmt und zielführend sein. Die

investive Förderung sollte durch eine Förderung von strategischen Maßnahmen ergänzt werden. Diese könnten entweder in das Förderprogramm integriert werden, um alle förderfähigen Maßnahmen in einem Programm zu bündeln, oder im Rahmen einer Kumulierbarkeit mit der Kommunalrichtlinie erfolgen.

Die Zuwendungen für Sanierungsmaßnahmen sollten durch nicht rückzuzahlende Zuschüsse gewährleistet werden, da diese einen positiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen haben (Finanzierung durch Förderinitiative/Fonds) (vgl. Kapitel 4.4.3). Die Höhe der Förderung sollte entsprechend der Klimawirksamkeit der Maßnahmen bestimmt werden. Die eingesparten CO₂-Emissionen werden quantifiziert und mit einem Festbetrag je Einheit verrechnet (vgl. Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG), KfW-Förderprogramme Klimafreundlicher Neubau-Kommunen). Darüber hinaus sollten soziokulturelle Kriterien bei den Fördersätzen berücksichtigt und die Fördersätze für finanzschwache Kommunen erhöht werden.

Kommunaler Emissionshandel

Die bereits bestehenden Emissionshandel (EU-ETS, nEHS) implizieren höhere Klimaschutzinvestitionen, indem der Ausstoß von Treibhausgasen bepreist wird. Die Ambition zur Reduzierung der Emissionen steigt mit Anstieg des CO₂-Preises und der Begrenzung des maximalen CO₂-Budgets. Der EU-ETS funktioniert nach dem Downstream-Prinzip und berücksichtigt die Emissionen von Kraftwerken, Industrieanlagen und des Luftverkehrs, hingegen stellt der nationale Emissionshandel ein Upstreammodell dar. Letzterer umfasst die Emissionen der Wärmeerzeugung und des Verkehrs (ab 2024 Abfall). Im Jahr 2027 ist die Einführung eines EU-ETS II geplant, der die Emissionen aus den zuvor genannten Sektoren miteinschließen soll. Analog zu der Systematik des EU-ETS sollte ein Emissionshandel für kommunale Liegenschaften eingeführt werden. Das Downstream-Prinzip adressiert die Endverbraucher von fossilen Energieträgern, wodurch diese (hier: Kommunen) zertifizierungspflichtig sind. Ein Vorteil des Systems ist, dass das System dort ansetzt, wo die Entscheidungen zu klimaschonenden Investitionen getroffen werden. Der Nachteil des Downstream-Emissionshandels, dass durch die Menge der Teilnehmer (im Vergleich zum Upstreammodell) ein hoher administrativer Aufwand besteht, besteht durch die begrenzte Anzahl an Kommunen nur bedingt. Durch die direkte Teilnahme der Kommunen an einem Emissionshandel wird der finanzielle Anreiz CO₂-Emissionen zu vermeiden größer. Das wiederum impliziert eine höhere Motivation und Investition in energetische Sanierungsmaßnahmen der eigenen Liegenschaften. Die

Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen wird durch die Verrechnung mit den CO₂-Kosten erhöht. Der Anreiz wird sowohl durch die Reduzierung des Budgets (ab einem festzulegenden Zeitpunkt) als auch durch den Anstieg der CO₂-Kosten in den kommenden Jahren verstärkt. Über die Erlöse des Emissionshandels sollten Sanierungen der kommunalen Liegenschaften refinanziert werden (Förderung).

Durch den kommunalen Emissionshandel würden die kommunalen Liegenschaften bzw. Kommunen direkt in die Verantwortung genommen werden, um Emissionen zu reduzieren. Dies würde zu einer größeren Sensibilisierung und Verantwortlichkeit der Kommunen für die Emissionen durch die Liegenschaften führen, da sie direkt für ihre Emissionen zahlen müssten und nicht nur indirekt über den Upstream-Emissionshandel. Ein weiterer Vorteil wäre, dass er zu einer größeren Transparenz und Kontrolle der Emissionen führen und somit die Wirksamkeit des Handels verbessern würde. Nachteilig ist, dass ein weiteres Emissionshandelssystem parallel zu den zwei bestehenden Systemen existieren würde. Dadurch wird die Überschaubarkeit erschwert. Ob sich dadurch jedoch auch Synergieeffekte entwickeln können, ist zu untersuchen.

Im Rahmen dieser Arbeit war es nicht möglich ein detailliertes Konzept für die Rahmenbedingungen eines solchen Emissionshandels zu entwickeln. Eine einheitliche Methode zur Messung der Emissionen als auch die Verwaltung des Emissionshandelssystems für den gesamten kommunalen Liegenschaftsbestand ist erforderlich. Es ist zu prüfen, ob die Teilnehmer am kommunalen Emissionshandel (kommunale Liegenschaften) ausreichend sind, um den Handel effektiv umzusetzen und den Aufwand zurechtfertigen. Darüber hinaus ist der Umgang mit der Doppelbelastung durch den nationalen und kommunalen Emissionshandel ist zu klären. Möglich wäre der Entfall der CO₂-Kosten bei dem Kauf von Brennstoffen für die Anlagen in kommunale Liegenschaften (Absprache mit BEHG-Verantwortlichen) [vgl. Deutscher Bundestag, 2023]. Darüber hinaus sind für die Umsetzung als auch für den Verkauf und den Handel der Zertifikate zuständige Institutionen und einheitliche Bilanzierungsgrenzen festzulegen. Ein angemessener CO₂-Preis, der zu Klimaschutzinvestitionen anregt, muss festgelegt werden. Aufgrund der Vorbildfunktion der Kommunen sollte eine Erhöhung des im Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) festgelegten Preis angestrebt werden.

Der kommunale Emissionshandel stellt langfristig ein geeignetes Instrument dar, jedoch ist für einen nahezu klimaneutralen kommunalen (Nichtwohn-) Gebäudebestand eine unverzügliche Umsetzung von zielführenden Maßnahmen erforderlich. Als Alternative oder Übergangslösung sollte eine kommunale CO₂-

Abgabe für die Liegenschaften eingeführt werden (vgl. für gesamten Gebäudesektor: [vgl. Pehnt et al., 2012, Pehnt et al., 2021, UBA, 2013]). Die Systematik entspricht der des Emissionshandels. Es wird ein Preis je Tonne CO₂ und ein maximal zulässiger Ausstoß je Gebäude bestimmt (Zielwert). Innerhalb der Laufzeit wird sich der CO₂-Preis erhöhen und der Maximalbetrag an zulässigen Gebäudeemissionen reduziert. Der Preis für die ausgestoßene Tonne CO₂ ist so festzulegen, dass dieser einen ausreichenden Anreiz für die Kommunen zur Umsetzung von Gebäudesanierungen darstellt.

Die CO₂-Abgabe kommt zum Tragen, wenn die CO₂-Emissionen eines Gebäudes den Zielwert überschreiten. Die Höhe der Abgabe ergibt sich aus der Differenz zwischen Ist- und Zielwert. Im Vergleich zu dem kommunalen Emissionshandel wäre die CO₂-Abgabe durch eine freiwillige Teilnahme der Kommunen und einer möglichen Begrenzung auf Landesebene schneller umsetzbar und der administrative Aufwand wäre geringer. Langfristig sollte jedoch die kommunale gebäudebezogene CO₂-Abgabe auch verpflichtend werden, um die Wirksamkeit der Maßnahme zu erhöhen. Hierfür müssen jedoch weitere Rahmenbedingungen (Umgang mit finanzschwachen Kommunen etc.) geklärt werden.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Der Gebäudesektor verantwortet einen wesentlichen Anteil am deutschen Energieverbrauch und an den nationalen Emissionen. Bisher wird er im Kontext der Energieeinspar- und Klimaschutzziele vor allem in seiner Gesamtheit oder differenziert nach Wohn- und Nichtwohngebäude betrachtet und weniger nach unterschieden Gebäudetypologien hinsichtlich der Nutzung. Die vorliegende Arbeit setzt hier an und analysiert die Gebäudetypologie Sporthalle. Es wurden die Gründe für und gegen kommunale energetische Sporthallensanierungen identifiziert (Analyse der Hemmnisse). Die Potenziale solcher Sanierungen zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen wurden ermittelt (Potenzialanalyse) sowie ihre Kosten erfasst und beurteilt (Wirtschaftlichkeitsberechnung). Darüber hinaus wurden konkrete Handlungsempfehlungen zur Überwindung der Hemmnisse formuliert, um die Energieeinspar- und Klimaschutzpotenziale zu erschließen. So wurden verschiedene Lösungsansätze aufgezeigt, um die Nutzerverantwortung zu stärken, eine Datengrundlage aufzubauen und Investitionen zu steigern.

In der vorliegenden Arbeit wurde zunächst eine umfassende Literaturanalyse zum Bestandszustand von kommunalen Sporthallen durchgeführt (vgl. Kapitel 2). Es konnte festgestellt werden, dass sich Deutschland als einstiger Weltmeister im Sportstättenbau derzeit eher in der Bezirksliga wiederfindet. Für die rund 30.000 kommunalen Sporthallen in Deutschland, die zu etwa 60 % vor der ersten Wärmeschutzverordnung erbaut wurden, konnte ein Endenergieverbrauch von rund 7 TWh/a und CO₂-Emissionen von rund 2 Mio. t CO₂-Äquiv. ermittelt werden. Die Bestandssituation der kommunalen Sporthallen begründet einen deutlichen Sanierungs- und Investitionsbedarf sowohl in baulicher als auch in energetischer Hinsicht. Der Bedarf ist zugleich die Chance, die kommunalen Sporthallen in einen bedarfs- und zukunftsorientierten sowie energetisch optimierten und funktionalen Zustand zu überführen, ebenso sie als gesellschaftliche Treffpunkte und als Bildungs-, Integrations- und gesundheitsfördernden Sozialraum zu erhalten oder zu stärken. Sporthallensanierungen bergen demnach ökologische, ökonomische und soziokulturelle Potenziale und Vorteile für die Umwelt, die Betreiber und die Nutzer.

Auch wenn der Sanierungsbedarf hoch ist, stagniert die allgemeine Sanierungsrate in Deutschland bei etwa einem Prozent pro Jahr. Im empirischen Teil der Arbeit erfolgt daher die Analyse von Sanierungsgründen und -hemmnissen (vgl. Kapitel 3).

Anhand der Online-Umfrage und der Experteninterviews konnte festgestellt werden, dass kommunale Sporthallen oftmals nur bei dringendem Handlungsbedarf aus

bautechnischen Gründen heraus (schlechter Bauzustand) instandgesetzt werden. Energiebezogene Aspekte, wie ein hoher Energieverbrauch im Betrieb mit entsprechend hohen Energiekosten, werden nicht oder nicht ausreichend als Handlungsanreiz gesehen. Die Ergebnisse verdeutlichen allerdings auch: Wenn eine Bauzustand-bedingte Sanierung erfolgt, Aspekte der Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit einen Einfluss auf weitere Sanierungsentscheidungen haben. Darüber hinaus konnten anhand der Umfrage- und Interviewergebnisse Erkenntnisse zu Aspekten des Sanierungsumfangs gewonnen werden. Es konnte eine deutliche Dominanz von Teilsanierungen gegenüber Komplettsanierungen festgestellt werden. Die Sanierungen stellen überwiegend Instandsetzungen anstatt energetisch umfassende Maßnahmen mit einer Wertsteigerung dar. Sowohl der ermittelte Sanierungsgrund als auch die Dominanz von Teilsanierungen bzw. die unzureichende Sanierungstiefe weisen auf eine bisher eher reaktive Vorgehensweise der Kommunen hin. Ein proaktives Handeln, das auf einen vorausschauenden und systematischen Ansatz abzielt, wird selten verfolgt.

Ebenso wurden die Hemmnisse gegenüber kommunalen energetischen Sporthallensanierungen identifiziert. Es wurde ein Kategoriensystem entwickelt, das unterschiedliche Hemmniskategorien umfasst: Informationsdefizit, Finanzsituation, Personalsituation, förder-/politische Rahmenbedingungen und Sonstiges.

Als Hemmnisse konnten die fehlende Fachexpertise und die unzureichende Datengrundlage zum Bestandszustand der Sporthallen identifiziert werden (Kategorie: Informationsdefizit). Um die Datengrundlage zum kommunalen Sporthallenbestand zu verbessern, wird in der Arbeit der Aufbau von digitalen Sporthallensteckbriefen empfohlen (vgl. Kapitel 5.1.2). Anhand der Steckbriefe kann der Sanierungsbedarf und die -rangfolge erarbeitet und somit effektive wirkungsabgestimmte Sanierungsschritte entwickelt werden.

Die Ergebnisse bestätigen, dass die Finanz- und Personalressourcen der Kommunen auch im Hinblick auf Sporthallensanierungen und trotz steigender Energiepreise zentrale Hemmnisse darstellen. Darüber hinaus konnten das Hemmnis „Finanzgestaltung“, das die bürokratischen Hürden in den Finanzstrukturen beschreibt und das Hemmnis „Stellenbewertung“, das die Schwierigkeiten der Kommunen, qualifizierte Projektleitungen unter den Randbedingungen der Tariflöhne zu gewinnen, umfasst, konstatiert werden (Kategorie: Finanzsituation und Personalsituation). Um trotz der unzureichenden Finanzressourcen die kommunalen Investitionen in die eigenen Liegenschaften zu erhöhen und somit dem fortwährenden Sanierungsstau entgegenzuwirken, wird eine Förderinitiative und die Einführung eines kommunalen

Emissionshandel empfohlen. Die Förderinitiative „Sanierung kommunaler Liegenschaften“ soll eine langfristige und unbürokratische Finanzgestaltung ermöglichen. Die Einführung des kommunalen Emissionshandel soll den finanziellen Anreiz zur CO₂-Emissionenminderung geben und Investitionen in energetische Sanierungsmaßnahmen der eigenen Liegenschaften erhöhen (vgl. Kapitel 5.1.3).

Des Weiteren wurden die Finanzierung (Vorfinanzierung, Eigenanteil) und die Vielzahl der bestehenden Förderprogramme und etwaige Vorgaben (Kategorie: förder-/politische Rahmenbedingungen) als Hemmnisse identifiziert. In Bezug auf das Hemmnis „Förderprogramm“ wird in der vorliegenden Arbeit der Aufbau eines neuen Förderprogramms für Sporthallensanierungen empfohlen (vgl. Kapitel 5.1.3). Das Förderprogramm, soll auf das kommunale System abgestimmt werden und die Umsetzung effektiver und wirkungsabgestimmter Sanierungsmaßnahmen (kommunale Sanierungspfade) gewährleisten, die durch eine Steigerung der Effizienz, der Attraktivität, der Flexibilität und der Nutzerzufriedenheit eine langjährige Auslastung der Sporthallen unter Berücksichtigung der Energieeinspar- und Klimaschutzziele gewährleisten. Unzureichenden politischen Vorgaben soll die Empfehlung einer Solarpflicht für Sporthallen durch die verpflichtende Umsetzung von Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen auf geeignete Flächen von Neu- und Bestandsbauten entgegenwirken (vgl. Kapitel 5.1.3).

Darüber hinaus wurden sowohl die Nutzer und der Bestandszustand der Sporthallen als auch unklare inter- und intrakommunale Zuständigkeiten als Hemmnisse ermittelt (Kategorie: Sonstiges).

Um konkrete Sanierungsmaßnahmen hinsichtlich ihres Einsparpotenzials zu bewerten, wurde eine Potenzialanalyse für zwei existierende Sporthallen durchgeführt (vgl. Kapitel 4). Die Untersuchungsobjekte wurden anhand ausgewählter Parameter sowie der Einordnung in den gesamten kommunalen Sporthallenbestand ausgewählt. Als Grundlage für die Ermittlung der Energie- und Emissionseinsparpotenziale der jeweiligen Sanierungsvarianten wurde zunächst die konkrete bauliche, gebäudetechnische und energetische Bestandssituation der Hallen erhoben bzw. vervollständigt. Des Weiteren wurde ein ausdifferenzierter Maßnahmenkatalog zur Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen ermittelt. Dabei zielen Einzel- und Komplettmaßnahmen auf eine Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle, eine bessere Effizienz der betrieblichen und versorgungstechnischen Systeme sowie auf den Einsatz einer erneuerbaren und CO₂-

armen Energieversorgung ab. Es wurden bauliche, betriebliche und versorgungstechnische Maßnahmen adressiert.

Anhand der Analyse konnte belegt werden, dass eine erneuerbare und CO₂-arme Wärmeerzeugung sowie eine gebäudeintegrierte Energieerzeugung an Sporthallen deutliche Potenziale zur Energieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung aufweisen. Diese Potenziale sind eine maßgebliche Entscheidungsgrundlage für die Priorisierung eines Wärmeerzeugers und einer Wärmequelle. Jedoch ist eine solche Priorisierung von der örtlichen Verfügbarkeit und eventuell vorhandenen kommunalen Vorgaben zur zukünftigen Energiebedarfsdeckung (kommunale Klimaschutzziele, kommunale Wärmepläne) abhängig. Durch die Berechnungen zur Integration einer Photovoltaik- und Solarthermieanlage an der Gebäudehüllfläche der Sporthallen konnte dargelegt werden, dass Sporthallen bei Standorten mit entsprechender Strahlungsenergie ein großes Potenzial zur Gewinnung von Sonnenenergie (Strom durch Photovoltaik und Wärme durch Solarthermie) aufweisen. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Sporthallen als aktive Energielieferanten fungieren können, die den eigens erzeugten Strom innerhalb der kommunalen Liegenschaften, etwa an anliegende Schulgebäude, weitergeben können. Speziell die Vernetzung von Liegenschaften untereinander sowie mit Gewerbe und Industrie hinsichtlich erneuerbarer Energiegewinnung und -nutzung, kann eine wichtige Rolle bei der zukünftigen kommunalen Energieleitplanungen spielen.

Die Forschungsergebnisse verdeutlichen, dass nur durch eine Kombination von baulichen, betrieblichen und versorgungstechnischen Maßnahmen und der Nutzung der damit verbundenen Synergieeffekte die Energie- und CO₂-Einsparpotenziale erreicht werden, die vereinbar mit den gebäudespezifischen Energieeinspar- und Klimaschutzzielen im Gebäudesektor sind. Einzelmaßnahmen können als Teil eines abgestimmten und passgenauen Sanierungspfads ihre Wirkung entfalten. Maßgebliche Einflussfaktoren auf die Höhe möglicher Energieeinsparung und CO₂-Minderung sind der Sanierungsumfang, die Sanierungstiefe und der Bestandszustand der Sporthallen.

Mithilfe der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden abschließend die Kosten einer energetischen Sanierungsmaßnahme ermittelt, die den Energieeinsparungen einer Sanierungsmaßnahme (Sanierungsvariante 13) gegenüberstehen (vgl. Kapitel 4.3.3). Die Berechnung unterliegt einer Vielzahl von Parametern und Annahmen, die weiteren dynamischen Veränderungen unterliegen (Baupreise, Energiepreise, ggf. Zinsen).

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass trotz der hohen Energiekosteneinsparungen durch die Sanierungsmaßnahme und der angenommenen sanierungsgünstigen

Berechnungsgrundlagen (50 %-Förderung, Kapitalzins) eine Wirtschaftlichkeit der untersuchten energetischen Komplettsanierung nur schwer erreichbar ist. Dadurch wird deutlich, dass die förderpolitischen und strukturellen Rahmenbedingungen mehr Anreize schaffen müssen, um den Sanierungsstau bei kommunalen Sporthallen abzubauen. Zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für kommunale Investitionen wurden in Kapitel 5.1.3 verschiedene Instrumente erarbeitet. Die Potenzialanalyse wurde unter Annahme sanierungsgünstiger Bedingungen durchgeführt. Eine solche Annahme ermöglicht es, verschiedene Szenarien zu simulieren und die Auswirkungen unterschiedlicher Maßnahmen zu bewerten. Bei der Planung und Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen im Bestand bleibt eine detaillierte Analyse der vorhandenen Strukturen und eine Bewertung möglicher Restriktionen erforderlich. Ein Vorschlag zu einer umfassenden Datenaufnahme findet sich in Kapitel 5.1.2 wieder.

Die Darstellung der Bestandssituation kommunaler Sporthallen in der vorliegenden Arbeit legt weiteren Forschungsbedarf zur kommunalen und bundesweiten Bestandssituation von Sporthallen offen (vgl. „Schätzverfahren zu Deutschen Sportstätten“ [vgl. Hochschule Koblenz, 2022]).

Die vorliegenden Forschungsergebnisse können unter Voraussetzung der Erfassung des quantitativen und qualitativen Sporthallenbestands in Deutschland die Grundlage zur Ermittlung eines Zielpfades für einen nahezu klimaneutralen kommunalen Sporthallenbestand liefern. Die Entwicklung eines solchen tragfähigen Zukunftspfades für kommunale Sporthallen ist mit Blick auf die Energieeinspar- und Klimaschutzziele erforderlich. Schließlich führen sogenannte „business-as-usual“-Szenarien, die durch Baureparaturen und Funktionserhalt gekennzeichnet sind, langfristig zum Zerfall der Sporthallenlandschaft und somit zu ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Einbußen.

Für einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 ist mit Blick auf die Bestandssituation von Sporthallen auch hier eine Sanierungsoffensive erforderlich. Um die Ziele zu erreichen, müssen die Sanierungsstrategien darauf ausgerichtet sein, unter anderem eine situativ geeignete Sanierungstiefe und einen Umstieg auf lokale erneuerbare Energien zu realisieren. Vorschläge zur Umsetzung solcher Maßnahmen befinden sich in Kapitel 4 der vorliegenden Arbeit.

Ausblickend ist zu den in der vorliegenden Arbeit untersuchten, marktüblichen Technologien eine mögliche Transformation der Energieinfrastruktur zu berücksichtigen. Diese kann neue für die Gebäudewärme nutzbare Energieträger (z.B. Wasserstoff, Erdgas-Wasserstoff-Gemisch) sowie den deutlichen Ausbau der

erneuerbaren Strom- und Fernwärmeerzeugung umfassen. Erfolgt die Energieerzeugung zunehmend aus erneuerbaren Energien, hat dies Auswirkungen auf die primärenergetische Bewertung der Energieträger (Strom und Fernwärme) und somit auf die Bewertung der Gebäudeenergieeffizienz (Primärenergiebedarf). Bei den heutigen Sanierungsmaßnahmen insbesondere bei der Wahl der Wärmeerzeugung bedarf es demnach einer mittel- bis langfristigen Strategie.

Darüber hinaus sind zukünftige Entwicklungen gesetzlicher Anforderungen wie die anstehende Änderung des Gebäudeenergiegesetzes, das geplante Wärmeplanungsgesetz und die EU-Richtlinie über die Gesamteffizienz von Gebäuden, insbesondere in Bezug auf die verpflichtende kommunale Wärmeplanung sowie die Sanierungs- und Solarpflicht für öffentliche Gebäude, zu beachten. Mit dem Entwurf zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes¹⁵ und dem Entwurf zum Wärmeplanungsgesetz¹⁶ wird die kommunale Wärmeplanung für die Wärmewende im Gebäudesektor eine zentrale Rolle spielen. Alle Sanierungen von kommunalen Liegenschaften inklusive Sporthallen sollten daher nicht isoliert betrachtet werden, sondern nur im konkreten Zusammenspiel mit einer solchen kommunalen Wärmeplanung umgesetzt werden. Hierbei werden sowohl die Optionen der Heiztechnologien klarer umrissen, die Nutzung lokaler Energiequellen strukturell gefördert als auch die Integration der am Gebäude erzeugten Energie inklusive Abwärme ermöglicht.

Durch die bereits beschriebenen Restriktionen durch Bestandsstrukturen wird bei der Bilanzierung von Einzelgebäuden, auch bei einer Erhöhung der Sanierungsaktivität, eine Ziellücke zur Klimaneutralität bestehen bleiben. Zukünftig sollte ein Liegenschaftsansatz analog einem Quartieransatz verfolgt werden [vgl. Messari-Becker, 2014a, Messari-Becker, 2014b, Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2020]. Demnach erfolgt eine Bilanzierung für die gesamte (Schul-)Liegenschaft beziehungsweise für den gesamten kommunalen Liegenschaftsbestand.

Zu den lokalen und gebäudespezifischen baulichen und anlagetechnischen Maßnahmen sowie dem Einsatz erneuerbarer Energien sollte zukünftig die

¹⁵ Gesetzesentwurf der Bundesregierung zur „Änderung des Gebäudeenergiegesetzes, zur Änderung der Heizkostenverordnung und zur Änderung der Kehr- und Überprüfungsordnung“ (17.05.2023)

¹⁶ Gesetzesentwurf der Bundesregierung zum „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“ (Wärmeplanungsgesetz – WPG, 01.06.2023)

Nutzerpartizipation sowie die Suffizienz eine größere Rolle spielen. Fragen, wie „Was müssen kommunale Sporthallen leisten können, um sowohl den Komfort der Nutzer*innen als auch einen energie- und CO₂-armen Betrieb von Sporthallen zu gewährleisten?“ gehören stärker adressiert als bisher.

„Die Qualität unserer Ziele bestimmt die Qualität unserer Zukunft“ (Josef Schmidt). Deutschland als einstiger Weltmeister im Sportstättenbau verweilt derzeit in der Bezirksliga. Das Ziel ist durch kontinuierliche Aufstiege den Weg zurück an die Spitze des Sportstättenbaus zu finden und unsere Zukunft nachhaltig zu gestalten.

7. Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

- AGES GMBH (Hrsg.) (2007): *Verbrauchskennwerte 2005. Energie- und Wasserverbrauchskennwerte in der Bundesrepublik Deutschland*.
- BARSUHN, M. (2016): *Sportentwicklungsplanung als ein strategisches Steuerungsinstrument für kommunale Sportverwaltungen. Empirische Bedarfsermittlung für ein Studiengangmodell "Kommunale Sportentwicklungsplanung"*, Berlin: Lit Verlag.
- BAUR, F., BUR, A., NOLL, F., VOGLER, C. & WERN, B. (2016a): Die kommunale Rolle in der Energiewende. Kommunen als Impulsgeber, Gestalter und Moderator der Energiewende - Elemente energienachhaltiger Governance. Teilbericht Arbeitspaket 1, Saarbrücken: IZES gGmbH, https://www.izes.de/sites/default/files/publikationen/ST_13_082_AP1.pdf [28.07.2022].
- BAUR, F., CURRIN, A., NOLL, F., RAU, I., WERN, B., BOENIGK, N., DANNEMANN, B. & VON MACH, M. (2017): Kommunen als Impulsgeber, Gestalter und Moderator der Energiewende - Elemente energienachhaltiger Governance. Abschlussbericht, Saarbrücken: IZES gGmbH, Agentur für Erneuerbare Energien eV, https://www.izes.de/sites/default/files/publikationen/ST_13_082_Endbericht.pdf [28.07.2022].
- BAUR, F., NOLL, F., BISEVIC, A., FRIEGE, J., KASTNER, O. & PÜTTNER, A. (2016b): Treiber und Hemmnisse für die Wärmewende - die Rolle der Kommunen, Forschung für die Wärmewende: Jahrgang 2015, 3. und 4. November in Berlin, Forschungsverbund Erneuerbare Energien https://epub.wupperinst.org/files/6356/6356_Baur.pdf [28.07.2022].
- BBSR (Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumordnung) (2019): *Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden*, BBSR-Online-Publikation 20/2019,, https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/vero-effentlichungen/bbsr-online/2019/bbsr-online-20-2019-dl.pdf;jsessionid=B9BA59C87703BB7EA E4345237CFBD3AB.live21324?__blob=publicationFile&v=1 [05.03.2022].
- BBSR (Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumordnung) (2022a): *Bestandsinvestitionen 2020 - Struktur der Investitionstätigkeit in den Wohnungs- und Nichtwohnungsbeständen*, BBSR-Online-Publikation 07/2020,, https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/vero-effentlichungen/bbsr-online/2022/bbsr-online-39-2022-dl.pdf;jsessionid=DDEFA5DBF6F4FDA7 BB9FF23D883D041F.live11311?__blob=publicationFile&v=3 [18.04.2023].
- BBSR (Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumordnung) (2022b): *Energetische Zustandsbewertung großer Gebäudebestände (OdDataLyse). Entwicklung eines Tools für die strategische Auswertung von heterogenen Datensätzen großer Gebäudebestände*, BBSR-Online-Publikation 21/2022, https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/vero-effentlichungen/bbsr-online/2022/bbsr-online-21-2022-dl.pdf;jsessionid=987D6A319E535E2106 7930EBBF4EB92A.live11291?__blob=publicationFile&v=2 [10.10.2022].
- BISP (Bundesinstitut für Sportwissenschaft) (2000): *Leitfaden für die Sportstättenentwicklungsplanung*. Schorndorf: Hofmann.
- BISP (Bundesinstitut für Sportwissenschaft) (2018): *11 Thesen zur Weiterentwicklung von Sportanlagen*, 2. überarbeitete Auflage, https://www.bisp-sportinfrastruktur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sportentwicklung/11_Thesen.pdf;jsessionid=D972B2C399AC9A26024571 DFDDBA2577.2_cid387?__blob=publicationFile&v=1 [02.08.2018].
- BLEHER, D. *Energieverbrauch deutscher Sportstätten*, Öko-Institut eV (ed.), 6. sportinfra, 2016 Frankfurt am Main.

- BMI (Bundesministerium des Innern für Bau und Heimat) (2019): *Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden*, 3. Auflage, https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFNB_D_190125.pdf [16.04.2019].
- BMU (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2021): *Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik*, Ausgabe 2021, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_zahlen_2021_bf.pdf [05.03.2022].
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung) (2011): *Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland*, BMVBS-Online-Publikation 16/2011, https://www.bbr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMVBS/Online/2011/DL_ON162011.pdf;jsessionid=E8B1C0F7C6C14E0986226224689CD09F.live21301?__blob=publicationFile&v=2 [02.11.2018].
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung) (2012): *Möglichkeiten und Grenzen des Ersatzneubaus*, Forschungen Heft 154, https://www.bbr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/forschungen/2012/Heft154_DL.pdf;jsessionid=E43723736A1B36F8DCD5BE5422B98FD3.live21304?__blob=publicationFile&v=1 [05.03.2023].
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2010): *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [22.04.2018].
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (2012): *Die wirtschaftliche Bedeutung des Sportstättenbaus und ihr Anteil an einem zukünftigen Sportsatellitenkonto*, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/abschlussbericht-sportstaettenbau.pdf?__blob=publicationFile&v=7 [28.04.2018].
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (2018): *Sportwirtschaft. Fakten & Zahlen, Ausgabe 2018*, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/sportwirtschaft-fakten-und-zahlen.pdf?__blob=publicationFile&v=12 [01.11.2019].
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2019): *Energieeffizienzstrategie 2050*, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.pdf?__blob=publicationFile&v=12 [13.04.2021].
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2020): *Integrierter Nationaler Energie- und Klimaplan*, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/I/integrierter-nationaler-energie-klimaplan.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [23.04.2022].
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2021a): *Energieeffizienz in Zahlen. Entwicklungen und Trends in Deutschland 2021*, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-entwicklungen-und-trends-in-deutschland-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=16 [05.03.2022].
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2021b): *Sportwirtschaft. Fakten & Zahlen*, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/sportwirtschaft-fakten-und-zahlen-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=6 [19.08.2022].
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) (2022): *Energiedaten: Gesamtausgabe*, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt-xls-2022.xlsx?__blob=publicationFile&v=8 [05.03.2022].

- BMWi & BISP (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie & Bundesinstitut für Sportwissenschaft) (2019): *Sport inner- oder außerhalb des Sportvereins: Sportaktivität und Sportkonsum nach Organisationsform*, https://www.bisp.de/SharedDocs/Downloads/Publikationen/Publikationssuche_SS_K/Sport_inner_oder_auf%C3%9Ferhalb_des_Sportvereins.pdf?__blob=publicationFile&v=7 [25.03.2023].
- BMWi & BMI (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie & Bundesministerium des Innern für Bau und Heimat) (2021): *Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchsweite und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand*, 04.2021, BAnz AT 03.05.2021 B1, <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publikation/GZb2vJQJe1XCpSyM6h/content/GZb2vJQJe1XCpSyM6h/BAnz%20AT%2003.05.2021%20B1.pdf?inline> [05.03.2022].
- BMWi & BMUB (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie & Bundesministerium für Umwelt Naturschutz Bau und Reaktorsicherheit) (2015): *Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchsweite und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand*, BAnz AT 21.05.2015 B3, <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publikation/aw0alBTBco6yYzcam0E/content/aw0alBTBco6yYzcam0E/BAnz%20AT%2021.05.2015%20B3.pdf?inline> [05.03.2022].
- BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) (2022): *Energieeffizienz in Kommunen*, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-kommunen.pdf?__blob=publicationFile&v=22 [28.07.2022].
- BOETTCHER, F., FREIER, R. & GEIßLER, R. (2021): Kommunalen Finanzreport 2021, Bertelsmann Stiftung (Hrsg.), https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Kommunale_Finzen/Finanzreport2021_gesamt.pdf [02.08.2022].
- BOHRISCH, R. (2007): MeTuSa-lem - Modellhafte energieoptimierte Turnhallen-Sanierung - langfristig einsparend modernisieren, unveröffentlichter Schlussbericht.
- BONGERS-RÖMER, S., HAGELSTANGE, J., REIF-DIETZEL, O. & WITTKÖTTER, F. (2018): "Welche Unterstützung brauchen Kommunen für erfolgreichen Klimaschutz?" Auswertungsbericht zur Befragung, im Rahmen des Projektes "Klima-Kompakt: Bedarfserfassung, Beteiligung und Verstärkung im Kommunalen Klimaschutz" https://difu.de/sites/difu.de/files/archiv/projekte/2019_klimaschutzumfrage2017_auswertungsbericht.pdf [28.07.2022].
- BREUER, C., JOISTEN, C. & SCHMIDT, W. (Hrsg.) (2020): *Vierter Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht. Gesundheit, Leistung und Gesellschaft*, Deutscher Bundestag. Sportausschuss, Ausschussdrucksache 19(5)313 <https://www.bundestag.de/resource/blob/829816/1fb85e606d75d91f16539bbfcb94f23/20210324-Kernaussagen-data.pdf> [25.03.2023].
- CISCHINSKY, H. & DIEFENBACH, N. (2018): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016. Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand, Stuttgart: Frauenhofer IRB Verlag.
- DBB (Bundesleitung des dbb beamtenbund und tarifunion) (2021a): *Monitor öffentlicher Dienst 2022*, https://www.dbb.de/fileadmin/user_upload/globale_elemente/pdfs/2022/2022_monitor-oe-d.pdf [28.07.2022].
- DBB (dbb Beamtenbund und Tarifunion) (2021b): *Personalmangel im öffentlichen Dienst*, https://www.dbb.de/fileadmin/user_upload/globale_elemente/pdfs/2021/210329_dbb_Personalbedarfe_oeD.pdf [18.02.2022].
- DENA (Deutsche Energie-Agentur GmbH) (2018): *Kommunale Nichtwohngebäude. Rahmenbedingungen und Ausblick für klimafreundliche Gebäude in Städten und Gemeinden*, dena-Analyse, https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9277_dena-Analyse_Kommunale_Nichtwohngebäude.pdf [18.06.2019].
- DENA (Deutsche Energie-Agentur GmbH) (2022): *Energieeffizienz-Kommune. Zahlen und Fakten*, [Online], <https://www.energieeffiziente-kommune.de/startseite/> [02.08.2022].

- DESTATIS (Statistisches Bundesamt) (2009): *Finanzen und Steuern. Personal des öffentlichen Dienstes. 2008*, Fachserie 14 Reihe 6, https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00007075/2140600087004.pdf [28.07.2022].
- DESTATIS (Statistisches Bundesamt) (2019): *Bevölkerung im Wandel. Annahmen und Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung*, https://www.destatis.de/DE/Presse/Presskonferenzen/2019/Bevoelkerung/pressebrochuere-bevoelkerung.pdf?__blob=publicationFile [25.03.2023].
- DESTATIS (Statistisches Bundesamt) (2021): *Gebäude und Wohnungen. Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden Lange Reihen ab 1969-2021*, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Publikationen/Downloads-Wohnen/fortschreibung-wohnungsbestand-pdf-5312301.pdf?__blob=publicationFile [09.03.2023].
- DESTATIS (Statistisches Bundesamt) (2023a): *Finanzen und Steuern. Personal des öffentlichen Dienstes. 2021*, Fachserie 14 Reihe 6, https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Oeffentlicher-Dienst/Publikationen/Downloads-Oeffentlicher-Dienst/personal-oeffentlicher-dienst-2140600217004.pdf?__blob=publicationFile [18.04.2023].
- DESTATIS (Statistisches Bundesamt) (2023b): *Preisindizes für die Bauwirtschaft, 4. Vierteljahresaufgabe*, https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Baupreise-Immobilienpreisindex/Publikationen/Downloads-Bau-und-Immobilienpreisindex/bauwirtschaft-preise-2170400223244.pdf?__blob=publicationFile [15.03.2023].
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2023): Neuer EU-Emissionshandel für Gebäude und Straßenverkehr. Zum geplanten EU-ETS II und den Auswirkungen auf das nationale Emissionshandelssystem, WD8-3000-001/23 <https://www.bundestag.de/resource/blob/935752/11ab46422ea31a5a3195319d5fa05f4d/WD-8-001-23-pdf-data.pdf> [02.05.2023].
- DEUTSCHER SPORTBUND (Hrsg.) (1992): *Goldener Plan Ost*, Frankfurt am Main: Deutscher Sportbund].
- DGB (Deutscher Gewerkschaftsbund) (2021): *Personalreport Öffentlicher Dienst*, <https://www.dgb.de/+co++d3a2ac8a-2a99-11ec-9355-001a4a160123/DGB%20Personalreport%20%C3%96ffentlicher%20Dienst%202021.pdf> [18.02.2022].
- DIE BUNDESREGIERUNG (2019): 14. Sportbericht der Bundesregierung, Drucksache 19/9150 <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/091/1909150.pdf> [18.11.2019].
- DOG (Deutsche Olympische Gesellschaft) (1962): *Der Goldene Plan in den Gemeinden. Ein Handbuch*. Frankfurt am Main/Wien: Wilhelm-Limpert-Verlag.
- DRAFL (Deutscher Reichsausschuss für Leibesübungen) (1930): *Deutscher Sportbau. Ein Überblick über Form und Plan deutscher Übungsstätten*. Berlin: Deutscher Reichsausschuss für Leibesübungen.
- DRESING, T. & PEHL, T. (2010): Transkription, In: Mey, G. & Mruck, K. (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- DSTGB, STÄDTETAG & DOSB (Deutscher Städte- und Gemeindebund, Deutscher Städtetag & Deutscher Olympischer Sportbund) (2018): *Bundesweiter Sanierungsbedarf von Sportstätten*, Kurzexperte, https://cdn.dosb.de/user_upload/www.dosb.de/Sportentwicklung/Sportstaetten/Sanierungsbedarf_DOSB-DST-DStGB.pdf [19.01.2019].

- FAUTER, I., HAGELSTANGE, J., NIEDERWIPPER, T., RATZ, P., REINECKE, P., UTZ, J., WERDIN, S., DÜNNEBEIL, F., EISENMANN, L., GUGEL, B., HERTLE, H., PAAR, A., RECHSTEINER, E., EMGE, J., KUHN, C., SCHREIBER, M. & TURFIN, A. (2023): Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden, Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Hrsg.), 4., aktualisierte Auflage [https://repository.difu.de/handle/difu/21\[01.06.2023\]](https://repository.difu.de/handle/difu/21[01.06.2023]).
- FUHRHOP, D. (2020): *Verbietet das Bauen*, München: oekom Verlag.
- GEIGER, B., GRUBER, E. & MEGELE, W. (1999): *Energieverbrauch und Einsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistung*, Technik, Wirtschaft und Politik 36. Schriftenreihe des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- GEISLER, K. (1930): Zum Reichsspielplatzgesetz, in: *Städtebau*, XXV. Jahrgang, S. 189-190].
- GRUHLER, K. & DEILMANN, C. (2015): *Materialaufwand von Nichtwohngebäuden. Verfahrensschritte zur Abbildung der Ressourceninanspruchnahme des Nichtwohnbau-Bestandes*, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- GÜNTHER, D., WAPLER, J., LANGNER, R., HELMING, S., MIARA, M., FISCHER, D., ZIMMERMANN, D., WOLF, T. & WILLE-HAUSMANN, B. (2020): Wärmepumpen in Bestandsgebäuden. Ergebnisse aus dem Forschungsprojekte "WPsmart im Bestand", Abschlussbericht Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme (ISE), https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf [01.08.2022].
- HÄDER, M. (2019): Empirische Sozialforschung. Eine Einführung, 4. Auflage, Wiesbaden: Springer VS.
- HEINRICH BÖLL STIFTUNG (2022): KommunalWiki. Kommunale Selbstverwaltung [Online]: https://kommunalwiki.boell.de/index.php/Kommunale_Selbstverwaltung [02.08.2022].
- HELFFERICH, C. (2014): Leitfaden- und Experteninterviews, In: Baur, N. & Blasius, J. (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*, Wiesbaden: Springer VS.
- HERMELINK, A., LINDER, S. & VON MANTEUFFEL, B. (2019): Sanierungshemmnisse bei gewerblichen Nichtwohngebäuden. Bericht an: KfW Bankengruppe, Navigant Energy Germany GmbH, <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-alle-Evaluationen/NWG-I.pdf> [28.07.2022].
- HERTLE, H., DÜNNEBEIL, F., GUGEL, B., RECHSTEINER, E. & REINHARD, C. (2019): Bisko. Bilanzierungs-Systematik Kommunal. Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland, Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BISKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf [18.04.2023].
- HERTLE, H., PEHNT, M., GUGEL, B., DINGELDEY, M. & MÜLLER, K. (2015): Wärmewende in Kommunen. Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung, Heirill-Böll-Stiftung (Hrsg.), Band 41 der Schriftenreihe Ökologie https://www.boell.de/sites/default/files/waermewende-in-kommunen_leitfaden.pdf [28.07.2022].
- HOCHSCHULE KOBLENZ (2022): Schätzverfahren zu Deutschen Sportstätten [Online]: https://sportstaettenatlas.de/de_de/ [02.08.2022].
- HOLLENBERG, S. (2016): Fragebögen. Fundierte Konstruktion, sachgerechte Anwendung und aussagekräftige Auswertung, Wiesbaden: Springer VS.
- HOLLER, F., RAFFER, C., CARSTENS, J. & LÖFFLER, L. (2017): Weniger Personal - mehr Aufgaben. Studie zur Entwicklung der Personaldichte kreisfreier Städte, Institut für den öffentlichen Sektor eV, https://publicgovernance.de/media/Weniger_Personal_mehr_Aufgaben.pdf [19.08.2022].

- HOLLMANN, W. (2021): Altern, Leistungsfähigkeit, Gesundheit, in: *Der Urologe (B)*, 2001: 41, S. 331-337.
- HOLM, A. H., OSCHATZ, B. & THAMLING, N. (2020): Analyse von spezifischen Dekarbonisierungsoptionen zur Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 und 2050 bei unterschiedlichen Wohn- und Nichtwohngebäudetypologien. Betrachtung zur Energieeffizienz, erneuerbaren Energien und weiterer Dekarbonisierungsoptionen mit Blick auf die CO₂-Vermeidungskosten, Abschlussbericht
https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/dekarbonisierungsoptionen-zum-erreichung-der-energie-und-klimaziele-2030-2050%20bei-wohn-und-nichtwohngebaeudetypologien.pdf?__blob=publicationFile&v=10 [11.03.2022].
- HÖRNER, M., BAGHERIAN, B. & JEDEK, C. (2014): Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden-Methodische Grundlagen, empirische Erhebungen und systematische Analyse. Querschnittsanalyse der Ergebnisse der Feldphase. Institut für Wohnen und Umwelt (IWU),
https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/tektool/2014_IWU_H%C3%B6rnerEtAl_TEK-Querschnittsanalyse-der-Ergebnisse-der-Feldphase.pdf [15.03.2023].
- HSL (Hessisches Statistisches Landesamt) (2022): *Personal des öffentlichen Dienstes in Hessen am 30. Juni 2019*, Kennziffer: L III 2 - j/19,
https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/LIII2_j19.pdf [19.08.2022].
- HÜBNER, H. (2003): Sportstättenentwicklung in Deutschland - Notizen zur gegenwärtigen Situation, in: Deutsche Vereinigung für Sportwissenschaft (Hrsg.), *dvs-Informationen*, 18. Jahrgang (2003), Ausgabe 2 (Juni), S. 21-25,
https://www.sportwissenschaft.de/fileadmin/pdf/dvs-Info/2003/2003_2_23.pdf [19.01.2019].
- INA RENZ & ULRIKE HACKE (2016): *Einflussfaktoren auf die Sanierung im deutschen Wohngebäudebestand. Ergebnisse einer qualitativen Studie zu Sanierungsanreizen und -hemmnissen privater und institutioneller Eigentümer*, Darmstadt: IWU.
- IPCC (2021): Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung, In: Masson-Delamotte, V., Pirani, A., Chen, Y., Metthews, R., Yeleki, O., Lonnoy, E., Leizell, K., Connors, S., Goldfarb, L., Berger, S., Yu, R., Mayrock, T., Zhai, P., Pean, C., Gomis, M., Haung, M., Zhou, B., Waterfield, T. & Caud, N. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Grundlagen. Beitrag von Arbeitsgruppe I zum Sechsten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung*: In Druck. Deutsche Übersetzung auf Basis der Druckvorlage, Oktober 2021. Deutsche IPCC-Koodinierungsstelle, Bonn; Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien; Akademie der Naturwissenschaften Schweiz SCNAT, ProClim, Bern, Februar 2022.
- ITG DRESDEN & FIW MÜNCHEN (Institut für technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH (ITG)/Forschungsinstitut für Wärmeschutz eV München (FIW)) (2021): *dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Klimaneutralität 2045 - Transformation des Gebäudesektors*, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.),
https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Landingpages/Leitstudie_II/Gutachten/211005_DLS_Gutachten_ITG_FIW_final.pdf [09.03.2023].
- IWU (Institut Wohnen und Umwelt GmbH) (2014): *Teilenergiekennwerte - Neue Wege in der Energieanalyse von Nichtwohngebäuden im Bestand*,
https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/tektool/2014_IWU_H%C3%B6rnerEtAl_Teilenergiekennwerte%E2%80%9393Neue-Wege-in-der-Energieanalyse-von-Nichtwohngeb%C3%A4uden-im-Bestand.pdf [21.08.2022].
- IWU (Institut Wohnen und Umwelt GmbH) (2021): *Der Bestand der Nichtwohngebäude in Deutschland ist vermessen (3. und finale Hochrechnung)*, Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude (ENOB:dataNWG),
https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/210412_IWU_Projektinfo-8.3_BE_Strukturdaten_final.pdf [05.03.2022].

- IWU (Institut Wohnen und Umwelt GmbH) (2022): *Teilbericht Strukturdaten: Stand der Dynamik der energetischen Modernisierung von Gebäudehülle und haustechnischen Anlagen im Bestand der Nichtwohngebäude*, Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude (ENOB:dataNWG), https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/220223_IWU_E4.2_Teilbericht_Strukturdaten-Modernisierung-Huelle-tAnl.pdf [05.03.2022].
- JÄGEMANN, H. (2007): Der Sanierungsbedarf von Sportanlagen, In: Spindler, E. A. (Hrsg.), *Management und Modernisierung von Turn- und Sporthallen. PPP-Konzepte, zeitgemäße Sanierung und energieeffiziente Nutzung*, Heidelberg: C.F. Müller.
- JAHN, M., KÖSTER, H., LAROS, S. & LEIENBACH, L. (2015): Klimaschutzkonzept 2050 Kommunale Gebäude. Anforderungen, Wirtschaftlichkeit, Finanzierung, Rahmenbedingungen, Europa-Universität Flensburg Zentrum für nachhaltige Energiesysteme (ZNES), <https://www.uni-flensburg.de/fileadmin/content/abteilungen/industrial/dokumente/downloads/veroeffentlichungen/forschungsergebnisse/k-2050-kg-endbericht.pdf> [28.07.2022].
- KAH, O., SCHULZ, T., WINKEL, S., SCHNEIDERS, J., BASTIAN, Z. & KAUFMANN, B. (2010): *Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude*, 07.2010, Darmstadt: Passivhaus Institut.
- KÄMMERER, C. (2016): *Sportparks. Großsportanlagen der 1920er Jahre*, Baden-Baden: Tectum Wissenschaftsverlag.
- KERN, K., NIEDERHAFNER, S., RECHLIN, S. & WAGNER, J. (2005): Kommunaler Klimaschutz in Deutschland - Handlungsoptionen, Entwicklung und Perspektiven, Discussion Paper SPS IV 2005-101 / Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Berlin: https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/19672/ssoar-2005-kern_et_al-kommunaler_klimaschutz_in_deutschland_.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=ssoar-2005-kern_et_al-kommunaler_klimaschutz_in_deutschland_.pdf [28.07.2022].
- KFW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) (2012-2022): *KfW-Kommunalpanel*, <https://www.kfw.de/%C3%9Cber-die-KfW/KfW-Research/KfW-Kommunalpanel.html#> [19.08.2022].
- KFW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) (2020): *Anlage zu den Merkblättern Energieeffizient Bauen und Sanieren - Nichtwohngebäude*, [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000003418_M_TMA_EBS_NWG.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003418_M_TMA_EBS_NWG.pdf) [05.03.2022].
- KOCH, M., HENNENBERG, K., HÜNECKE, K., HALLER, M. & HESSE, T. (2018): Rolle der Bioenergie im Strom- und Wärmemarkt bis 2050 unter Einbeziehung des zukünftigen Gebäudebestands, Öko-Institut, <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Rolle-Bioenergie-im-Strom-Waermemarkt-bis-2050.pdf> [15.03.2023].
- KOPERNIKUS-PROJEKT ARIADNE (2021): Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich, https://ariadneprojekt.de/media/2022/02/Ariadne_Szenarienreport_Oktober2021_corr0222.pdf [18.04.2023].
- KUCKARTZ, U. & RÄDIKER, S. (2022): *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Grundlagentexte Methoden*, 5. Auflage, Weinheim Basel: Beitz Juventa in der Verlagsgruppe Beitz.
- KUHN, V., BRÜNE, F., GRAF, G., CAMES, M., ILCHMANN, S. & POETZSCH, S. (2002): Contracting für kommunale Sportstätten. Strategien zu Klimaschutz und Kostensenkung. Leitfaden, Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.), <http://www.bppp.de/media/file/138.Strategien%20zu%20Klimaschutz%20und%20Kostensenkungen%20Leitfaden.pdf> [28.07.2022].
- KURTZ, I. (2016): Plusenergie im Bestand. Ökonomische Transformationsanalyse einer energetischen Einfamilienhaussanierung und Überprüfung der Übertragbarkeit des konzeptionellen Ansatzes auf einen exemplarischen Geschosswohnungsbau, Dissertation, Technische Universität Darmstadt, <http://dnb.info/1112269169/34> [11.03.2022].

- LAMPERSBERGER, P., BENKE, G., GRIM, M., HÜTTER, W., PREßMAIR, G., SCHWARZ-VIECHTBAUER, K. & SZEYWERTH, F. (2017): Innovative Energietechnologien für Sportstätten. Leitfaden für Entscheidungsträger - Implementierung innovativer Energietechnologien in Sportstätten, Klima- und Energiefonds (Hrsg.), <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/Leitfaden-EntscheidungsträgerEnergieFit.pdf> [11.03.2022].
- LEA (LandesEnergieAgentur Hessen GmbH) (2020): *Die Wärmewende voranbringen. Kommunale Wärmeplanung in Hessen gemeinsam gestalten*, https://wirtschaft.hessen.de/sites/wirtschaft.hessen.de/files/2021-11/lea_broschuere_kommunale_waermeplanung_08_2020.pdf [02.08.2022].
- LEA (Landesenergieagentur Hessen GmbH) (o.J.): *Solarkataster Hessen*, [Online], https://www.gpm-webgis-12.de/geoapp/frames/index_ext2.php?gui_id=hessen_sod_03 [23.04.22].
- LICHTMEß, M. (2010): Vereinfachung für die energetische Bewertung von Gebäuden, Dissertation (Hrsg.), Belgische Universität Wuppertal <http://dnb.info/1008203963/34> [21.08.2022].
- MAYRING, P. & FENZL, T. (2019): Qualitative Inhaltsanalyse, In: Baur, N. & Blasius, J. (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*, 2. Auflage, Wiesbaden: Springer VS
- MESSARI-BECKER, L. (2014a): Energetische Quartier- und Stadtanierung am Beispiel der Stadt Riedstadt-Ein Forschungsbericht, in: *Bauphysik*, 36. Jahrgang, Heft 5.
- MESSARI-BECKER, L. (2014b): Gebäude - Gebäudecluster - Stadträume. Elemente eines Klimaschutzkonzeptes am Beispiel der Stadt Riedstadt, in: *Bauingenieur*, Ausgabe 07/14.
- MEUSER, M. & NAGEL, U. (1991): ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht: ein betriag zur qualitativen Methodendiskussion, In: Garz, D. & Kraimer, K. (Hrsg.), *Qualitativ-empirische Sozialforschung: Konzepte, Methoden, Analysen* Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 441-471.
- MEVERT, F. (2009): "Goldener Plan" und "Zweiter Weg": Vor 50 Jahren wurden die Weichen für den Sport für alle in Deutschland gestellt, in: *Olympisches Feuer*, Jahrgang 29. Heft 06/2009, S. 48-51].
- O.V. (Hrsg.) (2021): *Energieeffizienzfestlegungen für klimaneutrale Neu-/Erweiterungsbauten und Gebäudesanierungen des Bundes. "Vorbildfunktion Bundesgebäude für Energieeffizienz"*, <https://www.resource.com/wp-content/uploads/2021/08/o.v.-2021-Energieeffizienzfestlegungen-des-Bundes-final-Kabinetvorlage.pdf> [19.08.2022].
- ÖKO-INSTITUT, FRAUENHOFER ISI, IREES GMBH & THÜNEN-INSTITUT (2021): Projektionsbericht 2021 für Deutschland https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/projektionsbericht_2021_bf.pdf [05.03.2022].
- OSCHATZ, B. (2009): Erarbeitung eines Leitfadens zum Abgleich Energiebedarf - Energieverbrauch, Stuttgart: Frauenhofer IRB Verlag.
- PALMEN, M. (2018): Was geschieht mit unseren Sportstätten?, in: Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Report 2017/2018. Bilanzen und Perspektiven*, S. 28-37, https://www.bisp.de/SharedDocs/Downloads/Publicationen/BISp_Report/Report_2017_18/Report_2017_18_barrierefrei.pdf;jsessionid=67B43584EF2783C662B168580B76C72B.1_cid371?__blob=publicationFile&v=5 [18.11.2019].
- PARLAMENTARISCHER BEIRAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG (Hrsg.) (2021): *Positionspapier: Kommunen als zentrale Akteure nachhaltiger Entwicklung*, Ausschussdrucksache 19(26)92, <https://www.bundestag.de/resource/blob/819452/945ef15f0f9cba1fa0586c17da56f70a/positionspapier-Kommunen-data.pdf> [02.08.2022].

- PEHNT, M., MELLWIG, P., BETTGENHÄUSER, K., HERMELINK, A., BORGBWARDT, R., NEUSÜß, P. & SIBERG, U. (2012): Strategie für eine wirkungsvolle Sanierung des deutschen Gebäudebestands, Diskussionschrift Naturschutzbund Deutschland eV, https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/energie/strategie_f_r_eine_wirkungsvolle_sanierung_des_deutschen_gebuedebestandes_endg.pdf [25.03.2023].
- PEHNT, M., MELLWIG, P., LEMPIK, J., WERLE, M., SCHULZE DARUP, B., SCHÖFFEL, W. & DRUSCHKE, V. (2021): Neukonzeption des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2.0) zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes. Ein Diskussionspapier, 09.2021 Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), architekturbüro schulze darup, Energie Effizienz Institut, https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/pdf/_ifeu_et_al_2021_GEG_2.0.pdf [01.08.2022].
- PORST, R. (2014): Fragebogen. Ein Arbeitsbuch, 4. erweiterte Auflage, Wiesbaden: Springer VS.
- PRINZIG, M., BERTHOLD, M., ESCHMANN, M. & BERTSCH, S. (2020): Feldmessungen von Wärmepumpen-Anlagen. Heizsaison 2019/2020, https://www.ost.ch/fileadmin/dateiliste/3_forschung_dienstleistung/institute/ies/wpz/sonstige_wichtige_dokumente/2020_jahresbericht_feldmessungen.pdf [05.03.2023].
- PROGNOS, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL-INSTITUT (Hrsg.) (2021): *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Langfassung im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität*, https://static.agora-energie-wende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf [23.04.2022].
- PROGNOS AG (2011): *Endenergieeinsparungen in Ländern und Kommunen durch Maßnahmen der Öffentlichen Hand im Kontext der EU-Energiedienstleistungsrichtlinie*, Projekt 66/09.
- PROGNOS AG (2021): Hintergrundpapier zur Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/gebäudestrategie-klimaneutralitaet-2045.pdf?__blob=publicationFile&v=6 [18.02.2023].
- PROGNOS AG, FRAUENHOFER ISI, GWS & IINAS (Hrsg.) (2020): *Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050. Dokumentation von Referenzszenario und Szenario mit Klimaschutzprogramm 2030*, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/klimagutachten.pdf?__blob=publicationFile&v=8 [12.04.2021].
- RAFFER, C. & SCHELLER, H. (2022): KfW-Kommunalpanel 2022, KfW Bankengruppe (Hrsg.), KfW Research, <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-KfW-Kommunalpanel/KfW-Kommunalpanel-2022.pdf> [02.08.2022].
- REIDENBACH, M. (2009): Investitionsstau und Investitionsbedarf bei den Kommunen, in: *WSI-Mitteilungen*, 05.2009, S. 251-259].
- ROSKAM, F. (1990): Bedarfsgerechte Sportbauten, Teil 1, in: *Deutsche Bauzeitschrift (DBZ)*, 38. Jahrgang, 06.1990, S.853-858.
- ROSKAM, F. (1993): Erholungs-, Spiel und Sportanlagenplanung in den neuen Bundesländern, in: *Deutsche Bauzeitschrift (DBZ)*, 41. Jahrgang, 06.1993, S.1005-1012.
- RÜTTEN, A., ABU-OMAR, K., LAMPERT, T. & ZIESE, T. (2005): Körperliche Aktivität, Robert Koch Institut (Hrsg.), Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Heft 26, https://www.gbe-bund.de/pdf/heft26_und_wertetabellen.pdf [09.03.2023].
- SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (2020): *Das Quartier: Raum für mehr Umweltschutz- und Klimaschutz, Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020.*

- SCHMID, K. & WILKE, P. (2016): Branchenanalyse Kommune Verwaltung, in: *Hans-Böckler-Stiftung Study Nr. 314*, https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-006287/p_study_hbs_314.pdf [19.08.2022].
- SCHNELL, R. (2019): *Survey-Interviews. Methoden standardisierter Befragungen*, 2. Auflage, Wiesbaden: Springer VS.
- SCHREIBER, J. (2007): Solar-Anlagen auf Sportstätten - umweltfreundlich und wirtschaftlich, In: Edmund A Spindler (Hrsg.), *Management und Modernisierung von Turn- und Sporthallen. PPP-Konzepte, zeitgemäße Sanierung und energieeffiziente Nutzung*, Heidelberg: C.F. Müller, S. 129-133.
- SCHULZ, K.-H., MEYER, A. & LANGGUTH, N. (2012): Körperliche Aktivität und psychische Gesundheit, in: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 55, S. 55-65.
- SCHULZE DARUP, B. (Hrsg.) (2004): *Energetische Gebäudesanierung mit dem Faktor 10*, http://p151370.mittwaldserver.info/fileadmin/redakteur/schulze/PDF_Dateien/DB_U_energet_geb_udesanierung_faktor10.pdf [18.02.2022].
- SIEGEL, C. (2019): Ohne Sportstätten kein Sport [Online]: <https://www.dosb.de/sonderseiten/news/news-detail/news/ohne-sportstaetten-kein-sport/> [18.11.2019].
- SINGHAL, P. & STEDE, J. (2019): Wärmemonitor 2018: Steigender Heizenergiebedarf, Sanierungsrate sollte höher sein, in: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung eV (DIW) (Hrsg.), *DIW Wochenbereich 36/2019*, https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.676231.de/19-36-1.pdf [05.03.2022].
- SORELL, S., MALLETT, A. & NYE, S. (2011): Barriers to industrial energy efficiency: A literature review, Sussex Energy Group, SPRU University of Sussex; United Nations Industrial Development Organization, http://sro.sussex.ac.uk/id/eprint/53957/1/WP102011_Barriers_to_Industrial_Energy_Efficiency_-_A_Literature_Review.pdf [19.08.2022].
- SPINDLER, E. A. (2000): Neue Hallen braucht das Land, In: Westfälischer Turnerbund (Hrsg.), *Die Turnhalle der Zukunft. Praxisbeispiele und Perspektiven von umweltgerechten und multifunktionalen Sportstätten*, Heidelberg: C.F. Müller, S. 3-19.
- SPORTMINISTERKONFERENZ (Hrsg.) (2002): *Sportstättenstatistik der Länder*, https://www.berlin.de/sen/inneres/sport/sportstaetten/sportanlagenstatistik_der_l_nder.pdf [22.04.2018].
- STÄDTETAG, DLT, DSTGB, VKU & VKA (Deutscher Städtetag, Deutscher Landkreistag, Deutscher Städte- und Gemeindebund, Verband kommunaler Unternehmen eV & Vereinigung der kommunalen Arbeitgeberverbände) (2021): *Gemeinsames Papier zur Situation des Fachkräftemangels in den Kommunen. Handlungsmöglichkeiten und -empfehlungen*, <https://www.staedtetag.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=5431&token=647aa7c9f72043673355e8cea6f7dc111ac406b0> [19.08.2022].
- THAMLING, N. & KEMMLER, A. (2020): Kurzgutachten zu Maßnahmen zur Zielerreichung 2030 zur Begleitung des Klimakabinetts, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/kurzgutachten-zu-massnahmen-zur-zielerreichung-2030-zur-begleitung-des-klimakabinetts.pdf?__blob=publicationFile&v=8 [05.03.2022].
- THEMA, J., THOLEN, L., ADISORN, T., LÜTKEHAUS, H., BRAUNGARDT, S., SCHUMACHER, K. & HÜNECKE, K. (2018): Erweiterung von Kosten-Nutzen-Analysen zu ausgewählten Energieeffizienzmaßnahmen um Erkenntnisse zum Markt für Energieeffizienzdienstleistungen und zum Aufwand von Investitionen in Energieeffizienz. Endbericht, Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie gGmbH (Hrsg.), https://epub.wupperinst.org/files/7195/7195_Energieeffizienz.pdf [28.07.2022].
- THEOBALD, A. (2017): Praxis Online-Marktforschung. Grundlagen-Anwendungsbereich-Durchführung, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-658-12023-6.pdf> [24.01.2021].

- UBA (Umweltbundesamt) (2007): *Aktivitäten des Bundes, der Länder und der Kommunen und Handlungsfelder zu Gebäudesanierung*, Climate Change 18/2007, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3502.pdf> [28.07.2022].
- UBA (Umweltbundesamt) (2013): *Der Weg zum klimaneutralen Gebäudebestand*, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/hgp_gebauesanierung_final_04.11.2014.pdf [25.03.2023].
- UBA (Umweltbundesamt) (2017): *Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. Energieeffizienzpotenziale und die Auswirkungen des Klimawandels auf den Gebäudebestand*, Climate Change 26/2017, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-11-06_climate-change_26-2017_klimaneutraler-gebaeudebestand-ii.pdf [05.03.2022].
- UBA (Umweltbundesamt) (2020): *Abschätzung der Treibhausgaseminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung*, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-03-19_cc_33-2020_klimaschutzprogramm_2030_der_bundesregierung.pdf [12.04.2021].
- UBA (Umweltbundesamt) (2022a): *Klimaschutzpotenziale in Kommunen. Quantitative und qualitative Erfassung von Treibhausgaseminderungspotenzialen in Kommunen (Teilbericht)*, Climate Change 04/2022, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-12-15_cc_04-2022_klimaschutzpotenziale_in_kommunen.pdf [28.07.2022].
- UBA (Umweltbundesamt) (2022b): *Kommunales Einsparpotenzial zur Treibhausgaseminderung. betriag kommunaler Maßnahmen zum nationalen Klimaschutz. Auswirkungen flächendeckender strategischer Klimaschutzelemente und deren Potenzial für die NKI.*, Climate Change 48/2022, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_48-2022_kommunales_einflusspotenzial_zur_treibhausgaseminderung.pdf [23.03.2023].
- UBA (Umweltbundesamt) (2022c): *Kurzgutachten Kommunale Wärmeplanung*, Texte 12/2022, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_12-2022_kurzgutachten_kommunale_waermepplanung.pdf [28.07.2022].
- VON HEBEL, E., JAHN, K. & CLAUSNITZER, K.-D. (2011): *Der energetische Sanierungsbedarf und der Neubaubedarf von Gebäuden der kommunalen und sozialen Infrastruktur.*, Abschlussbericht. 11.2011 Bremer Energie Institut, https://digital.zlb.de/viewer/api/v1/records/15475718/files/images/BEI500_024_0431_Gutachten.pdf/full.pdf [05.11.2018].
- WAGNER-SCHELEWSKY, P. & HERING, L. (2019): *Online-Befragungen*, in: Baur, N. & Blasius, J. (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*, S. 787-800.
- WASSERMANN, S. (2015): *Das qualitative Experteninterview*, In: Niederberger, M. & Wassermann, S. (Hrsg.), *Methoden der Experten- und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung*, Wiesbaden: Springer VS.

- WEIß, J., PAHL, A., NEUMANN, A.,
SCHRÖDER, A., BETTGENHÄUSER,
K., HERMELINK, A., JOHN, A. & VON
MANTEUFFEL, B. (2014): Kommunale
Wertschöpfungseffekte durch
energetische Gebäudesanierung
(KoWeG). Endbericht, Institut für
ökologische Wirtschaftsförderung (IÖW)
(Hrsg.),
https://www.ioew.de/publikation/kommunale_wertschoepfungseffekte_durch_energetische_gebaeudesanierung_koweg
[28.07.2022].
- WETTERICH, J., ECKL, S. & SCHABERT,
W. (2009): *Grundlagen zur
Weiterentwicklung von Sportanlagen*,
Bundesinstitut für Sportwissenschaft
(BISp) (Hrsg.), Köln: Sportverlag Strauß.

7.2 Tabellenverzeichnis

TABELLE 2-1: ENERGIEEINSPAR- UND KLIMASCHUTZZIELE	25
TABELLE 2-2: VERGLEICHSWERTE FÜR DEN ENERGIEVERBRAUCH VON SPORTHALLEN	38
TABELLE 2-3: AUFTEILUNG GEG-RELEVANTE NICHTWOHNGEBÄUDEN NACH BAUALTER UND DÄMMFortschritt.....	39
TABELLE 2-4: VORHANDENE ANLAGENTECHNIK IN SPORTHALLEN (ABSCHÄTZUNG).....	40
TABELLE 3-1: KOMMUNALTYPEN	52
TABELLE 3-4: EXPERTENINTERVIEWS - KATEGORISIERUNG HEMMNISSE	61
TABELLE 4-1: PARAMETER DER WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG	75
TABELLE 4-2: GESAMTHEIT DER PRAXISHALLEN	77
TABELLE 4-3: VERGLEICHSWERTE FÜR DIE ENDENERGIEVERBRAUCHSWERTE WÄRME UND STROM FÜR SPORTHALLEN	78
TABELLE 4-4: HALLE 1 – WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN DER GEBÄUDEHÜLLE.....	80
TABELLE 4-5: HALLE 2- WÄRMEDURCHGANGSKOEFFIZIENTEN DER GEBÄUDEHÜLLE	82
TABELLE 4-6: HALLE 1 – AUSWERTUNG BESTANDSZUSTAND	88
TABELLE 4-7: HALLE 1 – ENERGIE- UND EMISSIONSEINSPARPOTENZIALE	89
TABELLE 4-8: HALLE 2 – AUSWERTUNG BESTANDSZUSTAND	94
TABELLE 4-9: HALLE 2 – ENERGIE- UND EMISSIONSEINSPARPOTENZIALE	95
TABELLE 4-10: HALLE 1 – INVESTITIONSKOSTEN	100
TABELLE 4-11: HALLE 2- INVESTITIONSKOSTEN	102
TABELLE 4-12: VERÄNDERLICHE PARAMETER – WÄRMEDÄMMUNG.....	104
TABELLE 4-13: VERÄNDERLICHE PARAMETER – RAUMSOLLTEMPERATUR	106
TABELLE 4-14: VERÄNDERLICHE PARAMETER – BHKW.....	107
TABELLE 4-15: VERÄNDERLICHE PARAMETER – WÄRMEPUMPE.....	109
TABELLE 4-16: HALLE 1 – EINFLUSS KALKULATIONSZINSSATZ	111
TABELLE 4-17: HALLE 2 – EINFLUSS KALKULATIONSZINSSATZ	111
TABELLE 4-18: HALLE 1 – EINFLUSS FÖRDERUNG.....	111
TABELLE 4-19: HALLE 2 – EINFLUSS FÖRDERUNG.....	112

7.3 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1-1: UNTERSUCHUNGSGANG HEMMNISANALYSE	22
ABBILDUNG 2-1: GLIEDERUNG SPORTANLAGEN NACH ART	35
ABBILDUNG 2-2: GLIEDERUNG SPORTHALLEN NACH GRÖßE	35
ABBILDUNG 2-3: ENTWICKLUNG DER INVESTITORSRÜCKSTÄNDE, 2012-2021	44
ABBILDUNG 2-4: QUALITATIVE EINSCHÄTZUNG ZUM INVESTITORSRÜCKSTAND 2012-2021, SPORTSTÄTTEN UND BÄDER	45
ABBILDUNG 2-5: QUALITATIVE EINSCHÄTZUNG ZUM INVESTITORSRÜCKSTAND 2012-2021, SCHULEN INKL. ERWACHSENENBILDUNG	45
ABBILDUNG 3-1: EINWOHNERKLASSEN - KOMMUNALTYP 1	52
ABBILDUNG 3-2: SPORTHALLENANZAHL IN ABHÄNGIGKEIT DER EINWOHNERKLASSEN	53
ABBILDUNG 3-3: SANIERUNGSUMFANG KOMMUNALER SPORTHALLEN (WELCHEN UMFANG HATTEN/HABEN DIE SANIERUNGSMAßNAHMEN BEI SPORTHALLEN?)	54
ABBILDUNG 3-4: SANIERUNGSGRÜNDE BEI KOMMUNALEN SPORTHALLEN (WELCHE GRÜNDE FÜHREN/FÜHRTEN IN IHRER KOMMUNE ZUR SANIERUNG DER SPORTHALLE/N? BEWERTEN SIE.)	55
ABBILDUNG 3-5: UMFRAGE - KATEGORISIERUNG TREIBER	56
ABBILDUNG 3-6: UMFRAGE - KATEGORISIERUNG HEMMNISSE	56
ABBILDUNG 3-7: HEMMNISSE GEGENÜBER KOMMUNALEN SPORTHALLENSANIERUNGEN.....	67
ABBILDUNG 4-1: ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN.....	84
ABBILDUNG 4-2: HALLE 1- VARIANTENVERGLEICH – WÄRMEVERLUSTE ÜBER DIE GEBÄUDEHÜLLE.....	90
ABBILDUNG 4-3: HALLE 1 – VARIANTENVERGLEICH – AUSTAUSCH DER WÄRMEERZEUGUNG.....	91
ABBILDUNG 4-4: HALLE 1 – PHOTOVOLTAIKANLAGE – ERTRAG UND BEDARF (SANIERUNGSVARIANTE 9).....	92
ABBILDUNG 4-5: HALLE 1 – VARIANTENVERGLEICH – ENERGETISCHE KOMPLETTSANIERUNGEN.....	93
ABBILDUNG 4-6: HALLE 2 – VARIANTENVERGLEICH – WÄRMEVERLUSTE ÜBER DIE GEBÄUDEHÜLLE	95
ABBILDUNG 4-7: HALLE 2 – VARIANTENVERGLEICH – AUSTAUSCH DER WÄRMEERZEUGUNG.....	96
ABBILDUNG 4-8: HALLE 2 – PHOTOVOLTAIKANLAGE – ERTRAG UND BEDARF (SANIERUNGSVARIANTE 9).....	98
ABBILDUNG 4-9: HALLE 2 – VARIANTENVERGLEICH – ENERGETISCHE KOMPLETTSANIERUNGEN.....	99
ABBILDUNG 4-10: HALLE 1 – VARIANTENVERGLEICH – ENERGIEKOSTEN	101
ABBILDUNG 4-11: HALLE 2 – VARIANTENVERGLEICH – ENERGIEKOSTEN	103
ABBILDUNG 4-12: EINFLUSS WÄRMETECHNISCHE EIGENSCHAFTEN BEI GERINGEN ABWEICHUNGEN	105
ABBILDUNG 4-13: EINFLUSS RAUMSOLLTEMPERATUREN BEI GERINGEN ABWEICHUNGEN	106
ABBILDUNG 4-14: EINFLUSS ENERGIETRÄGER BHKW	107
ABBILDUNG 4-15: EINFLUSS AUSLEGUNG WÄRMEPUMPE (BESTANDSZUSTAND)	109
ABBILDUNG 4-16: EINFLUSS AUSLEGUNG WÄRMEPUMPE (SANIERUNGSVARIANTE 13)	110
ABBILDUNG 4-17: HALLE 1 UND HALLE 2 - ERGEBNISSE POTENZIALANALYSE	114
ABBILDUNG 4-18: HALLE 1 UND 2 - PHOTOVOLTAIKANLAGE - ERTRAG UND BEDARF (SANIERUNGSVARIANTE 13)	116
ABBILDUNG 5-1: HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	120

Anlagen

I. Anlage 1 – Fragebogen (Online-Umfrage)

<p>Teil A: Umfrageteilnahme Zu Beginn der Umfrage werden die Voraussetzungen Ihrer Kommune zur Teilnahme an der Umfrage geprüft.</p> <p>A1. Wurden seit Anfang 2011 oder werden bis Ende 2023 in Ihrer Kommune Sporthallen saniert?</p> <p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein </p> <p>Teil B: Allgemeines Die folgenden Fragen beziehen sich auf Sie und Ihre Kommune.</p> <p>B1. In welcher Kommune sind Sie tätig?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div> <p>B2. Wie viele Einwohner hat Ihre Kommune?</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">< 2.500 Einwohner</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">≥ 2.500 Einwohner</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">≥ 5.000 Einwohner</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">≥ 10.000 Einwohner</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">≥ 25.000 Einwohner</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">≥ 50.000 Einwohner</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">≥ 100.000 Einwohner</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">≥ 250.000 Einwohner</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">≥ 500.000 Einwohner</td> </tr> </table> <p>B3. In welchem Fachbereich sind Sie in Ihrer Kommune tätig?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div> <p>B4. In welchem Beruf sind Sie in Ihrer Kommune tätig?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>	<input type="checkbox"/>	< 2.500 Einwohner	<input type="checkbox"/>	≥ 2.500 Einwohner	<input type="checkbox"/>	≥ 5.000 Einwohner	<input type="checkbox"/>	≥ 10.000 Einwohner	<input type="checkbox"/>	≥ 25.000 Einwohner	<input type="checkbox"/>	≥ 50.000 Einwohner	<input type="checkbox"/>	≥ 100.000 Einwohner	<input type="checkbox"/>	≥ 250.000 Einwohner	<input type="checkbox"/>	≥ 500.000 Einwohner	<p>Vielen Dank, dass Sie sich für die Teilnahme an der Umfrage entschieden haben.</p> <p>Der Fragebogen enthält maximal 37 Fragen, welche in sechs Gruppen unterteilt sind. Für die Beantwortung der Fragen werden etwa 60 Minuten benötigt. Bitte berücksichtigen Sie, dass für einige Fragen eventuell ein Rechercheaufwand erforderlich ist (Anzahl der kommunalen Sporthallen etc.) und somit die Bearbeitungszeit variieren kann. Sie können die Bearbeitung der Umfrage speichern und zu einem späteren Zeitpunkt fortsetzen.</p> <p>Falls Sie Fragen kommentieren oder ein Feedback geben möchten, haben Sie am Ende der Umfrage die Möglichkeit dazu. Bitte geben Sie ebenso am Ende der Umfrage an, ob Sie die Ergebnisse der Umfrage erhalten möchten und ob Ihre Kommune mir Daten von zukünftigen Sporthallensanierungen für den Analyseteil meiner Promotion zur Verfügung stellen kann.</p> <p>Bitte bearbeiten Sie den Fragebogen bis spätestens 30. August 2019. Ihre übermittelten Antworten werden vertraulich und ausschließlich zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet.</p> <p style="text-align: center;">Vielen Dank für Ihre Unterstützung!</p> <p style="text-align: center;">Patricia Horst</p> <p style="text-align: center;">(horst@architektur.uni-siegen.de)</p>
<input type="checkbox"/>	< 2.500 Einwohner																		
<input type="checkbox"/>	≥ 2.500 Einwohner																		
<input type="checkbox"/>	≥ 5.000 Einwohner																		
<input type="checkbox"/>	≥ 10.000 Einwohner																		
<input type="checkbox"/>	≥ 25.000 Einwohner																		
<input type="checkbox"/>	≥ 50.000 Einwohner																		
<input type="checkbox"/>	≥ 100.000 Einwohner																		
<input type="checkbox"/>	≥ 250.000 Einwohner																		
<input type="checkbox"/>	≥ 500.000 Einwohner																		

Teil C: A. Stand der kommunalen Sporthallensanierungen
 Die folgenden Fragen beziehen sich auf die Ihrer Kommune zugehörigen Sporthallen und deren Sanierungen.

C1. Wie viele Sporthallen befinden sich im Besitz Ihrer Kommune?
Mehrfachnennung nach DIN 18052-1:2014-11, keine Formulieren
Sportliche Sporthallen umfassen im Sinne dieser Arbeit sowohl Einzelsport- als auch Mehrzweckhallen, die nach Sporthallen mit Mehrzwecknutzung eingestuft sind.

C2. Wurden in Ihrer Kommune seit Anfang 2011 Sporthallen saniert?
Sanierung: Sanierungen im Sinne dieser Arbeit umfassen Komplett- und Teilsanierungen. Zu den Teilsanierungen zählen primär die Austauschmaßnahmen zur Wärmeerzeugung, die Sanierung von Bauteilen, die Austauschmaßnahmen für die Beleuchtung, die Sanierung von Sanitär- und Aufzuganlagen sowie die Sanierung von Elektro- und Medienanlagentechnik. Sanierungen im Sinne dieser Arbeit umfassen auch die Sanierung von Sanitär- und Aufzuganlagen sowie die Sanierung von Elektro- und Medienanlagentechnik.

C3. Wie viele Sporthallen wurden seit Anfang 2011 saniert?

C4. Warum wurden in Ihrer Kommune seit Anfang 2011 keine Sporthallen saniert?

C5. Sind Sporthallensanierungen bis Ende 2023 in Ihrer Kommune geplant?

C6. Wie viele Sporthallen sollen voraussichtlich bis Ende 2023 saniert werden?

C7. Welchen Umfang hatten/haben die Sanierungsmaßnahmen bei Sporthallensanierungen?

Ja Nein

Personalmangel
 Höhe der Sanierungskosten
 allgemeine finanzielle Situation der Kommune
 kein Bedarf
 Sonstiges

Sonstiges

Ja Nein

Komplettsanierung

Teilsanierung Sonstiges

Sonstiges

C8. Welche Gründe führten/führen in Ihrer Kommune zur Sanierung der Sporthalle/n? Bewerten Sie.

schlechter Bauzustand trifft voll zu trifft eher zu trifft nicht zu keine Angabe

bauphysikalische Mängel

Erhaltung des Gebäudewertes

hohe Betriebskosten

Anstreben eines Energiestandards

Klima- und Umweltschutz

erforderlicher Umbau/Ausbau

Steigerung der Nutzerzufriedenheit

Vorbildfunktion der Kommune

C9. Gab/Gibt es weitere Gründe für die Sanierung der Sporthalle/n?

Ja Nein

C10. Was waren/sind weitere Gründe für die Sporthallensanierung/en?

D5. Gibt es in Ihrer Kommune Leitfäden, Handlungsempfehlungen, Richtlinien, Erlässe oder Ähnliches, welche das nachhaltige Bauen bei Sporthallensanierungen aufgreifen?

Ja Nein

D6. Welche Leitfäden, Handlungsempfehlungen, Richtlinien, Erlässe oder Ähnliches kommen zur Anwendung?

Leitfäden Nachhaltiges Bauen - Bauen im Bestand (BfM 2019)

Leitfäden Nachhaltiger Sportstättenbau (Eßig et al 2017)

Sonstiges

Sonstiges

Teil E: C. Nachhaltigkeitskriterien bei kommunalen Sporthallensanierungen
Die Fragen dieser Fragengruppe betreffen den Einsatz von Nachhaltigkeitskriterien bei Sporthallensanierungen in Ihrer Kommune.

E1. Wie bewertet Ihre Kommune die Berücksichtigung der Qualitäten des nachhaltigen Bauens bei Sporthallensanierungen?

Nachhaltiges Bauen & Qualitäten: Nachhaltiges Bauen im Sinne dieser Arbeit umfasst das Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden und schließt darüber präziserte Planungsgrundlagen, wie zum Beispiel die integrierte Planung und die Lebenszyklusbewertung, Gebäude mit einer nachhaltigen Qualität. Dieser nachhaltige Qualität zeichnet sich sowohl durch die ökologische, ökonomische, soziokulturelle und funktionale Qualität, als auch durch die technische Qualität und die Prozessqualität aus. Ein weiterer zu berücksichtigender Faktor ist die Standortqualität.

Quelle: eigene Darstellung gemäß BfM Leitfaden Nachhaltiger Bauen, Stand 2019, S.18f

	sehr wichtig	wichtig	weniger wichtig	keine Angabe
ökologische Qualität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ökonomische Qualität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
soziokulturelle und funktionale Qualität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
technische Qualität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prozessqualität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Standortqualität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Teil D: B. Nachhaltiges Bauen bei kommunalen Sporthallensanierungen
Die folgenden Fragen beziehen sich auf das Nachhaltige Bauen bei Sporthallensanierungen.

D1. Was versteht Ihre Kommune unter nachhaltigem Bauen in Bezug auf Sporthallensanierungen?

D2. Wie wichtig ist das Thema "Nachhaltiges Bauen bei Sporthallensanierungen" derzeit in Ihrer Kommune?

sehr wichtig

wichtig

weniger wichtig

unwichtig

keine Angabe

D3. Wie wichtig wird das Thema "Nachhaltiges Bauen bei Sporthallensanierungen" zukünftig in Ihrer Kommune sein?

sehr wichtig

wichtig

weniger wichtig

unwichtig

keine Angabe

D4. Wie wichtig ist das "Nachhaltige Bauen bei Sporthallensanierungen" im Vergleich zum "Nachhaltigen Bauen bei Sporthallenneubauprojekten" derzeit in Ihrer Kommune?

wichtiger

genauso wichtig

weniger wichtig

keine Angabe

E2. Werden in Ihrer Kommune bei der Planung und Ausführung von Sporthallensanierungen Nachhaltigkeitskriterien berücksichtigt?

Nachhaltigkeitskriterien (z.B. nach BNR, oder auch: www.kba.nachhaltigkeitsbaum.de/) Kriterien, welche den Nachhaltigen Baum – insbesondere die verschiedenen Qualitäten – hervorheben und somit auch vergleichbar machen.

Ja Nein

E3. In welcher Form werden die Nachhaltigkeitskriterien berücksichtigt?

Gebäude mit Nachhaltigkeitskriterien (z.B. nach BNR, oder auch: www.kba.nachhaltigkeitsbaum.de/) Kriterien, welche den Nachhaltigen Baum – insbesondere die verschiedenen Qualitäten – hervorheben und somit auch vergleichbar machen. Beispiel: das DGNB, BNR, LEED oder BREEAM

vereinzelte Kriterien
 Bewertungs- und Zertifizierungssysteme
 Sonstiges

Sonstiges

E4. Welche Nachhaltigkeitskriterien werden bei Sporthallensanierungen berücksichtigt?

Wirkung auf globale und lokale Umwelt (Treibhauspotenzial, Ozonschichtabbaupotential, etc.)
 Ressourcennutzungsmaßnahmen (Prüfenergiebedarf, Trinkwasserbedarf, Flächeninanspruchnahme)
 Lebenszykluskosten
 Wirtschaftlichkeit und Wertstabilität (Flächeneffizienz, Anpassungsfähigkeit)
 Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit (thermische Behaglichkeit, Innenraumhygiene, akustischer Komfort, etc.)
 Funktionalität (Barrierefreiheit, Zugänglichkeit, Mobilitätsinfrastruktur)
 Sicherung der Gestaltungsqualität (gestalterische und städtebauliche Qualität, Kunst am Bau)
 Technische Ausführung (Schallschutz, Wärme- und Tauwasserschutz, etc.)
 Planung (Projektvorbereitung, Integrale Planung, etc.)
 Bauausführung (Bausteller/Bauprozess, Qualitätssicherung der Bauausführung, systematische Inbetriebnahme)
 Standortmerkmale (Risiken am Mikrostandort, Verhältnisse am Mikrostandort, etc.)

Sonstiges

Sonstiges

E5. Welche Bewertungs- und Zertifizierungssysteme werden bei Sporthallensanierungen angewendet?

E6. Welche Gründe führten/führen zur Nichtbeachtung von Nachhaltigkeitskriterien (vereinzelte Kriterien/Bewertungs- und Zertifizierungssysteme) bei Sporthallensanierungen? Bewerten Sie.

trifft voll zu	<input type="checkbox"/>	trifft eher zu	<input type="checkbox"/>	trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	keine Angabe	<input type="checkbox"/>
hohe Investitionskosten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Personalmangel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unzureichende Informationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
fehlende Zuständigkeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E7. Gab/Gibt es weitere Gründe für die Nichtbeachtung von Nachhaltigkeitskriterien bei Sporthallensanierungen?

Ja Nein

E8. Was waren/sind weitere Gründe für die Nichtbeachtung von Nachhaltigkeitskriterien bei Sporthallensanierungen?

F4. Was würden Sie empfehlen, um mehr Nachhaltigkeit bei Sporthallensanierungen zu erreichen?

F5. Was sind Ihrer Meinung nach "Treiber" des Einsatzes von Nachhaltigkeitskriterien bei kommunalen Sporthallensanierungen?

F6. Was sind Ihrer Meinung nach "Hemmnisse" des Einsatzes von Nachhaltigkeitskriterien bei kommunalen Sporthallensanierungen?

Teil G: E. Sonstiges

G1. Warum wurden/werden in Ihrer Kommune keine Sporthallen saniert?

- Personalmangel
- Höhe der Sanierungskosten
- allgemeine finanzielle Situation der Kommune
- kein Bedarf
- Sonstiges

Sonstiges

Teil F: D. Nachhaltigkeitskriterien bei kommunalen Sporthallensanierungen - Empfehlungen

Dieser Fragekomplex bezieht sich auf die Bewertung des Einsatzes von Nachhaltigkeitskriterien bei kommunalen Sporthallensanierungen.

F1. Wie bewerten Sie die Berücksichtigung der folgenden

Nachhaltigkeitskriterien bei zukünftigen Sporthallensanierungen?

	sehr stimmvoll	stimmvoll	weniger stimmvoll	nicht stimmvoll	keine Angabe
Wirkung auf globale und lokale Umwelt (Treibhauspotenzial, Ozonschichtabbaupotenzial,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ressourcenansprache (Primärenergiebedarf, Trinkwasserbedarf, Flächenansprache)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lebenszykluskosten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wirtschaftlichkeit und Wertstabilität (Flächeneffizienz, Anpassungsfähigkeit)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit (Thermische Behaglichkeit, Innenraumhygiene, Akustischer Komfort, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Funktionalität (Barrierefreiheit, Zugänglichkeit, Mobilitätsinfrastruktur)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sicherung der Gestaltungsqualität (Gestalterische und städtebauliche Qualität, Kunst am Bau)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technische Ausführung (Schallschutz, Wärme- und Tauwasserschutz, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Planung (Projektvorbereitung, Integrale Planung, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bausanführung (Baustelle/Bauprozess, Qualitätssicherung der Bausanführung, systematische Inbetriebnahme)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Standortmerkmale (Richten am Mikroklima, Verhältnisse am Mikrostandort, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

F2. Gibt es Ihrer Meinung nach weitere Nachhaltigkeitskriterien, welche insbesondere bei Sporthallensanierungen berücksichtigt werden sollten?

Ja Nein

F3. Welche weiteren Nachhaltigkeitskriterien sollten bei Sporthallensanierungen berücksichtigt werden?

G2. Leider erfüllt Ihre Kommune nicht die Voraussetzungen, um an der Umfrage umfangreich teilzunehmen. Bitte schicken Sie die Umfrage dennoch ab, sodass ich eine "Nicht-Teilnahme" ausschließen kann. Sollten Sie Anmerkungen zur Umfrage haben, können Sie diese in das folgende Textfeld gerne eintragen.

G3. Wenn Ihre Kommune mir Daten von zukünftigen Sportveranstaltungen als Grundlage für eine Analyse in meiner Promotion zur Verfügung stellen kann, tragen Sie bitte Ihre E-Mailadresse in das folgende Textfeld ein. Ich werde Sie kontaktieren. Vielen Dank.

G4. Wenn Sie Anmerkungen zur Umfrage haben, können Sie diese in das folgende Textfeld eintragen.

G5. Wenn Sie die Ergebnisse der Umfrage erhalten möchten, tragen Sie bitte Ihre E-Mail-Adresse in das folgende Textfeld ein.

II. Anlage 2 – Leitfaden Experteninterview

1. Themenblock – Verwaltungsverfahren bei Sporthallensanierungen (-neubau)

Sporthallensanierungen: Vom Bedarf zur Umsetzung - Bitte beschreiben Sie den allgemeinen kommunalen Ablauf in Ihrer Verwaltung.

Wenn Sie / Ihre Kommune vor einer konkreten Entscheidung zwischen verschiedenen Maßnahmen (hier: energetische Sanierungsvarianten) stehen, wie gehen Sie vor?

- Entscheidungskriterien / Entscheidungsgrundlagen / Akteure

2. Themenblock – energieeffiziente Sporthallensanierungen

Die Umsetzung energieeffizienter Sporthallensanierungen - Bitte nennen Sie Erfahrungen und geben Sie ein Einblick in realisierte / geplante (Bau-)Maßnahmen Ihrer Kommune.

Verfügt Ihre Kommune über eine Datengrundlage um Maßnahmen zur energetischen Sanierung gezielt planen zu können (z.B. Leitfäden, Sanierungsfahrplan, Dokumentation von Bestandsgebäuden)?

3. Themenblock – Hemmnisse und Treiber energieeffizienter Sporthallensanierungen

Herausforderungen & Chancen einer energieeffizienten Sporthallensanierung - Bitte benennen Sie aufgrund Ihrer Erfahrungen bei energetischen Sporthallensanierungen sowohl die fördernden Faktoren als auch die Hemmnisse bei der Planung einer solchen Maßnahme.

Nehmen Sie bitte u.a. Bezug zu folgenden Aspekten in Ihrer Kommune:

- Personalsituation
- Finanzsituation / Förderprogramme
- Klima- und Umweltschutz / Nachhaltigkeit

Entscheidet einer dieser Faktoren maßgeblich über die Umsetzung einer Energieeffizienzmaßnahme?

4. Themenblock – Ausblick

In welchen Bereichen sehen Sie Handlungsbedarf, um eine zufriedenstellende Leistung in Bezug zu energieeffizienten Sporthallensanierungen zu erreichen?

III. Anlage 3 – Primärenergie- und Emissionsfaktoren

PRIMÄR- UND ENERGIEFAKTOREN

Kategorie	Energieträger	Primärenergiefaktoren, nicht erneuerbarer Anteil [-]	Emissionsfaktor [g CO ₂ -Äquivalent pro kWh]
Fossile Brennstoffe	Heizöl	1,1	310
	Erdgas	1,1	240
Biogene Brennstoffe	Biogas	0,4	120
	Holz	0,2	20
Nah- und Fernwärme	Gasförmige und flüssige Brennstoffe	0,7	180
Strom	Strom, netzbezogen	1,8	560
	Gebäudenah erzeugt (aus Photovoltaik oder Windkraft)	0,0	0
Wärme, Kälte	Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0,0	0

Quelle: eigene Darstellung gemäß Anlage 4 und 7 GEG und Tabelle A1 DIN 18599-1

IV. Anlage 4 – Bestandsdokumentation Sporthallen

HALLE 1 – ALLGEMEINE ANGABEN

Allgemeine Angaben - Halle 1

Baujahr 1963 (Austausch der Fenster 1995)
Erneuerung Wärmeerzeugung 2012

Gebäudeart Nicht-Wohngebäude Sporthalle
Gebäudetyp Bestandsgebäude

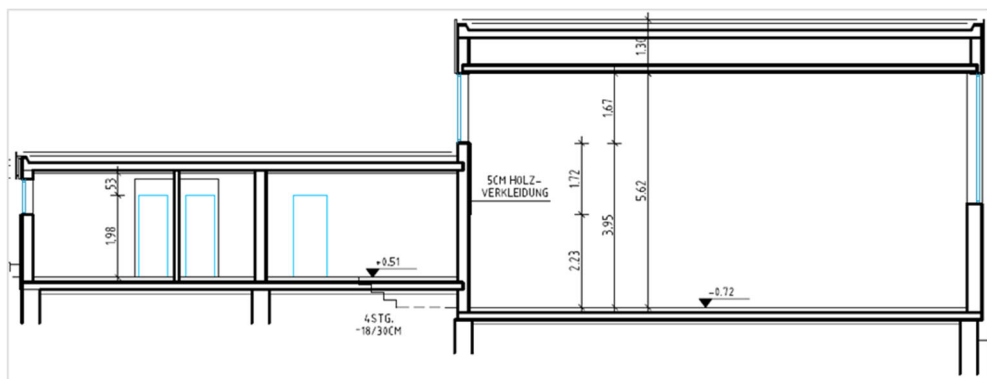
Nettogrundfläche (A_{NGF}) 520 m²
Hüllfläche (A_N) 1742 m²
Volumen (V) 2766 m³

Vollgeschosse (n_G) 1
Geschosshöhe (h_G) 3,00 m
Charakteristische Breite (B) 23,20 m
Charakteristische Länge (L) 25,50 m

Klimareferenzstandort Referenzklima Deutschland
Norm-Außentemperatur (θ_e) -12
Mittlere Außentemperatur ($\theta_{e,mittel}$) 9,5 °C

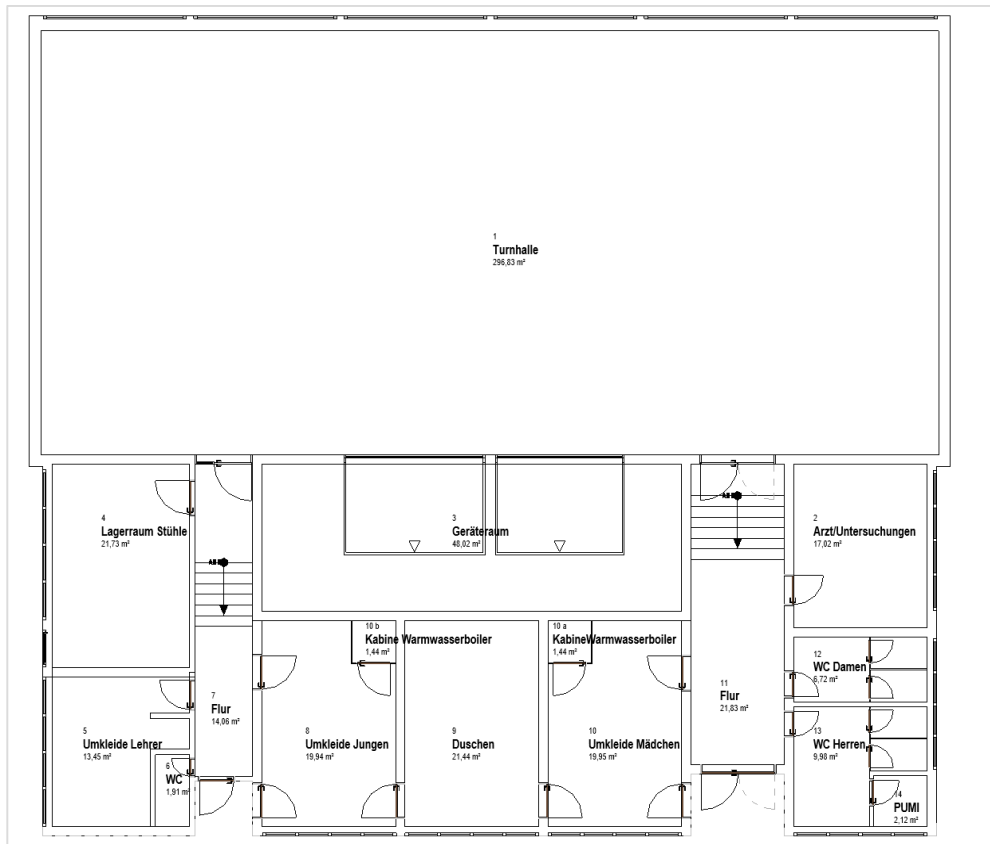
Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m ²]	Konditionierung
1	Sporthalle	296,97	57,15	1033,86	Heizung, Lüftung, Beleuchtung
2	Sonstige Aufenthaltsräume	38,77	7,46	134,76	Heizung, Beleuchtung
3	Duschraum	21,44	4,13	102,99	Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Warmwasser
4	Geräteraum, Pumi	50,16	9,65	119,21	Heizung, Beleuchtung
5	Flure	37,31	7,18	124,94	Heizung, Beleuchtung
6	WC, Umkleiden	74,99	14,43	225,95	Heizung, Beleuchtung
	Summe	519,64		1741,71	

HALLE 1 - SCHNITT



Quelle: Planunterlagen von Kooperationskommune

HALLE 1- GRUNDRISS



HALLE 1 – RAUMPROGRAMM UND ZONENZUORDNUNG NACH DIN V 18599

Geschoss / Raumnummer	Raum-bezeichnung	Zone nach DIN V 18599-10
EG / 001	Turnhalle	Sporthalle
EG / 002	Arzt/Untersuchung	Sonstige Aufenthaltsräume
EG / 003	Geräteraum	Nebenflächen
EG / 004	Lagerraum	Sonstige Aufenthaltsräume
EG / 005	Umkleide Lehrer	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 006	WC	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 007	Flur	Verkehrsflächen
EG / 008	Umkleide Jungen	WC, Sanitärräume (in NWG)
EG / 009	Duschen	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 010	Umkleide Mädchen	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 011	Flur	Verkehrsflächen
EG / 012	WC Damen	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 013	WC Herren	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 014	PUMI	Nebenfläche

HALLE 1 – NUTZUNGSRANDBEDINGUNGEN DES BESTANDSZUSTANDS

	Nutzungs- und Betriebszeiten									Beleuchtung	Wärmequellen		Raumklima
	Nutzung Beginn	Nutzung Ende	tägliche Nutzungsstunden	jährliche Nutzungstage	jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	tägliche Betriebsstunden RLT	jährliche Betriebstage für jeweils RLT, Heizung	tägliche Betriebsstunden Heizung	Relative Abwesenheit	Personen	Arbeitshilfen	Raum-Solltemperatur Heizung
Halle 1	Uhr	Uhr	h/d	d/a	h/a	h/a	h/d	d/a	h/d		Wh/ (m ² · d)	Wh/ (m ² · d)	°C
WC, Sanitärraum (16)	08:00	21:00	13	178	2314	1958	13	186	14	0,9	0	0	20
Duschraum (16)	08:00	21:00	13	178	2314	1958	2	186	14	0,9	0	0	20
Sonstige Aufenthaltsräume (17)	08:00	21:00	13	178	2314	1958	13	186	14	0,9	0	0	20
Nebenflächen (18)	08:00	21:00	13	178	2314	1958	13	186	14	0,9	0	0	20
Verkehrflächen (19)	08:00	21:00	13	178	2314	1958	13	186	14	0,8	0	0	20
Sporthalle (31)	08:00	21:00	13	178	2314	1958	7	186	14	0,4	63	0	20

Hinweis: unveränderte Bedingungen sind nicht wiedergegeben, (x) = Nutzungen nach DIN V 18599-10

HALLE 1 - BAUTEILAUFBAUTEN

Bezeichnung	Dicke [m]	Fläche [m²]	Anteil Umfassungsfläche [%]	Anteil Fläche [%]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
Außenwand 1 - Halle Norden/Süden		87,73	5%		
Teilfläche 1 - Klinkerwand mit Innenbelag		72,48		83%	
Prallschutz, kein Belag	0,012				0,04
Hochlochziegel Hlz350, MG II	0,240				0,52
Mörtelschicht	0,020				0,75
Hochlochklinker KHz 350, MG II	0,115				0,68
Teilfläche 2 - Randbalken mit Klinker		15,26		17%	
Stahlbeton B225 Stillb	0,250				2,30
Mörtelschicht	0,010				0,75
Hochlochklinker KHz 350, MG II	0,115				0,68
Außenwand 2 - Halle Westen		99,92	6%		
Teilfläche 1		69,36		69%	
Stützen		4,43		6%	
Prallschutz	0,030				0,10
Stahlbetonstützen B225 Stillb	0,300				2,30
Dämmung / Putzträgerplatte (EPS)	0,100				0,040
Außenputz	0,005				0,75
Ausmauerung		64,94		94%	
Prallschutz	0,030				0,10
Hochlochziegel Hlz350, MG II	0,300				0,52
Dämmung / Putzträgerplatte (EPS)	0,100				0,040
Außenputz	0,005				0,75
Teilfläche 2 - Randbalken		30,55		31%	
Randbalken B225 Stillb	0,300				2,30
EPS-Dämmung	0,070				0,040
Trapezblech	0,050				0,000
Außenwand 3 - Halle Osten		30,55	2%		
Teilfläche 1		30,55			
Randbalken B225 Stillb	0,300				2,30
EPD-Dämmung	0,070				0,040
Abdeckung (Faserzement)	0,010				0,050
Außenwand 4 - Anbau Süden		20,83	1%		
Teilfläche 1		20,83			
Außenputz	0,020				0,75
Mauerwerk Hbl 25 in MG II (Leichtbetonhohlblockstein)	0,240				0,42
Innenputz	0,015				0,60
Außenwand 5 - Anbau Norden		23,15	1%		
Teilfläche 1		23,15			
Außenputz	0,020				0,75
Klinkerwand Hbl 25 in MG II	0,240				0,42
Innenputz, Fliesen	0,015				0,77
Außenwand 6 - Anbau Osten		82,43	5%		
Teilfläche 1		82,43			
Außenputz	0,020				0,75
Klinkerwand Hbl 25 in MG II	0,240				0,42
Innenputz, Fliesen	0,015				0,76
Fenster		147,19	8%		
Aluminium/Kunststofffenster, Zweifachverglasung (72% Glasfläche)		67,01		46%	
Fensterfront - Polycarbonatverglasung; Alurahmen (92% Glasfläche)		74,40		51%	
Dachfenster, Kunststoff (100% Glasfläche)		5,78		4%	
Türen		5,96	0,3%		
Kunststoff mit Glas (70% Glasfläche)		2,00		34%	
Metall mit Glas (70% Glasfläche)		3,96		66%	

Bezeichnung	Dicke [m]	Fläche [m ²]	Anteil Umfassungsfläche [%]	Anteil Fläche [%]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
Bodenplatte Halle		323,72	19%		
Spannbetonhohlplatte	0,120	323,72			
Estrich	0,060	323,72			1,40
Doppelschw ingboden	0,150	297,00			0,12
Bodenplatte Anbau		257,25	15%		
Spannbetonhohlplatte	0,120	257,25			
Estrich	0,060	257,25			1,40
Fliesen, Linoleum und Holz	0,010	257,25			0,55
Dach Halle		323,72	19%		
Gefach 1		38,15		12%	
abgehängte Decke (Spanplatte)	0,010				0,25
Glasw olle	0,040				0,035
Luftschicht	0,260				
Pfette	0,300				0,12
Pfette	0,160				0,12
Fibrolitplatten	0,040				0,04
Pappe	0,003				0,16
Gefach 2		266,51		82%	
abgehängte Decke (Spanplatte)	0,010				0,25
Glasw olle	0,040				0,035
Luftschicht	0,260				
Pfette	0,300				0,12
Luftschicht	0,160				
Fibrolitplatten	0,040				0,04
Pappe	0,003				0,16
Gefach 3		19,07		6%	
abgehängte Decke (Spanplatte)	0,010				0,25
Glasw olle	0,040				0,035
Stahlbetonbinder	0,720				2,30
Fibrolitplatten	0,040				0,04
Pappe	0,003				0,16
Dach Anbau		251,52	14%		
Gefach 1		16,54		7%	
Innenputz mit Träger, Holzverkleidung	0,015				0,52
Steinw olle	0,030				0,04
Holzbalken	0,180				0,12
Fibrolitplatten	0,040				0,04
Pappe	0,003				0,16
Gefach 2		234,98		93%	
Innenputz mit Träger, Holzverkleidung	0,015				0,52
Steinw olle	0,030				0,04
Luftschicht	0,180				
Fibrolitplatten	0,040				0,04
Pappe	0,003				0,16

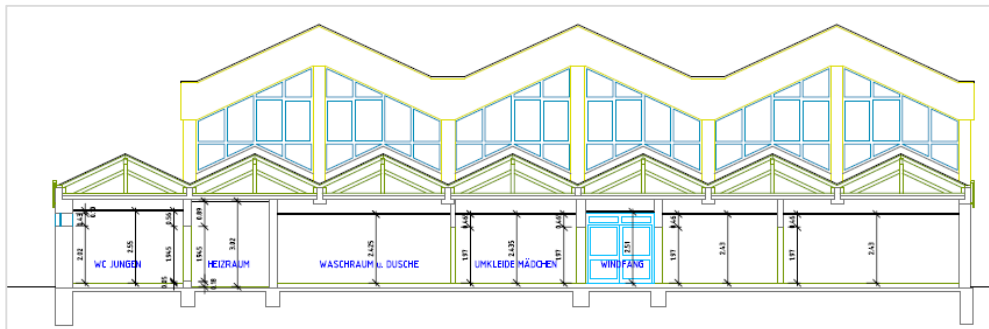
HALLE 2 – ALLGEMEINE ANGABEN

Allgemeine Angaben - Halle 2

Baujahr	1986 (Planungsstand 1982)
Erneuerung Wärmeerzeugung	2005
Gebäudeart	Nicht-Wohngebäude Sporthalle
Gebäudetyp	Bestandsgebäude
Nettogrundfläche (A_{NGF})	669 m ²
Hüllfläche (A_N)	2325 m ²
Volumen (V)	4620 m ³
Vollgeschosse (n_G)	1
Geschosshöhe (h_G)	3,00 m
Charakteristische Breite (B)	24,80 m
Charakteristische Länge (L)	32,50 m
Klimareferenzstandort	Referenzklima Deutschland
Norm-Außentemperatur (θ_e)	-12
Mittlere Außentemperatur ($\theta_{e,mittel}$)	9,5 °C

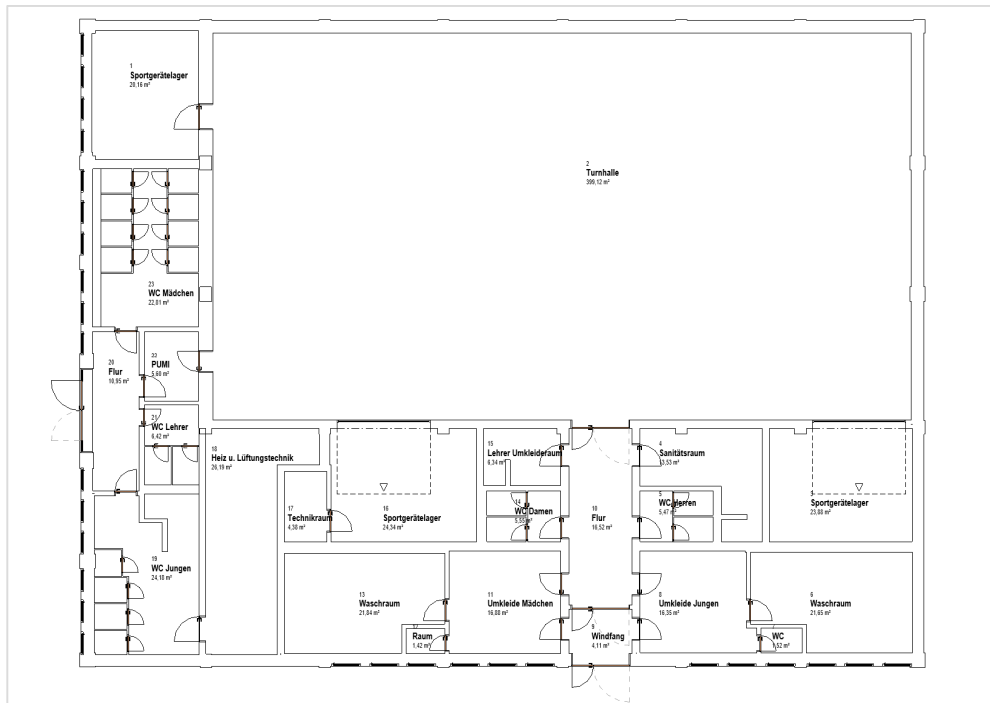
Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m ²]	Konditionierung
1	Sporthalle	399,14	59,68	1432,33	Heizung, Lüftung, Beleuchtung
2	Sportgerätelager	67,85	10,14	365,6	Heizung, Beleuchtung
3	Technik	30,62	-	-	Beleuchtung
4	Flur, Windfang	22,3	3,33	48,62	Heizung, Lüftung, Beleuchtung
5	Flur, Windfang	11,14	1,67	49,99	Heizung, Lüftung, Beleuchtung
6	WCs, Pumi	58,55	8,75	145,05	Heizung, Lüftung, Beleuchtung
7	WCs, Umkleiden, Waschräum	109,87	16,43	282,95	Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Warmwasser
	Summe	668,85		2324,54	

HALLE 2 - SCHNITT



Quelle: Planunterlagen von Kooperationskommune

HALLE 2 - GRUNDRISS



HALLE 2 – NUTZUNGSRANDBEDINGUNGEN DES BESTANDSZUSTANDS

	Nutzungs- und Betriebszeiten								Raumklima		
	Nutzung Beginn	Nutzung Ende	tägliche Nutzungsstunden	jährliche Nutzungstage	jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit	jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit	tägliche Betriebsstunden RLТ und Kühlung	jährliche Betriebsstage für jeweils RLТ, Kühlung und Heizung	tägliche Betriebsstunden Heizung	Raum-Solltemperatur Heizung	Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb
Halle 2	Uhr	Uhr	h/d	d/a	h/a	h/a	h/d	d/a	h/d	°C	K
WC, Sanitärraum 1 (16)	08:00	23:00	15	190	2850	2090	11,5	186	6	23	2,5
WC, Sanitärraum 2 (16)	08:00	23:00	15	190	2850	2090	11,5	186	6	24	3
Sportgerätelager (18)	08:00	23:00	15	190	2850	2090	11,5	186	12	16	2
Verkehrsfläche 1 (19)	08:00	23:00	15	190	2850	2090	11,5	186	6	24	3
Verkehrsfläche 2 (19)	08:00	23:00	15	190	2850	2090	11,5	186	6	23	2,5
Technik (20)	07:00	18:00	11	250	2543	207	13	186	13	21	4
Sporthalle (31)	08:00	23:00	15	190	2850	1710	11,5	186	12	16	2

Hinweis: unveränderte Bedingungen sind nicht wiedergegeben, (x) = Nutzungen nach DIN V 18599-10

HALLE 2 – RAUMPROGRAMM UND ZONENZUORDNUNG NACH DIN V 18599

Geschoss / Raumnummer	Raumbezeichnung	Zone nach DIN V 18599-10
EG / 001	Sportgerätelager	Nebenflächen
EG / 002	Turnhalle	Sporthalle
EG / 003	Sportgerätelager	Nebenflächen
EG / 004	Sanitätsraum	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 005	WC Herren	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 006	Waschraum	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 007	WC	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 008	Umkleide Jungen	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 009	Windfang	Verkehrsflächen
EG / 010	Flur	Verkehrsflächen
EG / 011	Umkleide Mädchen	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 012	WC	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 013	Waschraum	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 014	WC Damen	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 015	Lehrerumkleideraum	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 016	Sportgerätelager	Nebenflächen
EG / 017	Technikraum	Technik
EG / 018	Heizungs-/Lüftungsraum	Technik
EG / 019	WC Jungen	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 020	Flur	Verkehrsflächen
EG / 021	WC Lehrer	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 022	PUMI	WC, Sanitärraum (in NWG)
EG / 023	WC Mädchen	WC, Sanitärraum (in NWG)

HALLE 2 - BAUTEILAUFBAUTEN

Bezeichnung	Dicke [m]	Fläche [m ²]	Anteil Umfassungsfläche [%]	Anteil Fläche [%]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
Außenw and Norden Halle		106,19	4%	100%	
Teilfläche 1		90,29		85%	
AW 1	0,465	21,19		23%	
Holz/Stoff-Verkleidung	0,015				0,085
Ortbeton BN 150	0,330				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Ortbeton BN 150	0,060				2,040
AW 3	0,440	69,10		77%	
Holz/Stoff-Verkleidung	0,015				0,085
Lochziegel	0,150				0,698
PU-Hartschaum 60	0,100				0,041
Luftschicht vertikal	0,060				0,277
Hochlochklinker	0,115				0,791
Teilfläche 2		15,90		15%	
AW 2	0,577	15,90		100%	
Holz/Stoff-Verkleidung	0,015				0,085
Ortbeton BN 150	0,450				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Luftschicht vertikal	0,020				0,122
P-Aethylenfolie 0,2mm	0,002				0,233
Fichte, Tanne	0,020				0,140
Asbestzementplatten	0,010				0,349
Außenw and Norden Anbau		27,67	1%	100%	
Teilfläche 1		22,31		81%	
AW 1	0,465	1,28		6%	
Fliesen, Innenputz	0,015				0,750
Ortbeton BN 150	0,330				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Ortbeton BN 150	0,060				2,040
AW 3	0,440	21,04		94%	
Fliesen, Innenputz	0,015				0,600
Lochziegel	0,150				0,698
PU-Hartschaum 60	0,100				0,041
Luftschicht vertikal	0,060				0,277
Hochlochklinker	0,115				0,791
Teilfläche 2		5,36		19%	
AW 2	0,577	5,36		100%	
Innenputz	0,015				0,600
Ortbeton BN 150	0,450				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Luftschicht vertikal	0,020				0,122
P-Aethylenfolie 0,2mm	0,002				0,233
Fichte, Tanne	0,020				0,140
Asbestzementplatten	0,010				0,349
Außenw and Süden Halle		55,66	2%	100%	
Teilfläche 1		39,76		71%	
AW 1	0,465	5,20		13%	
Holz/Stoff-Verkleidung	0,015				0,085
Ortbeton BN 150	0,330				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Ortbeton BN 150	0,060				2,040

Bezeichnung	Dicke [m]	Fläche [m²]	Anteil Umfassungsfläche [%]	Anteil Fläche [%]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
AW 3	0,440	34,56		87%	
Holz/Stoff-Verkleidung	0,015				0,085
Lochziegel	0,150				0,698
PU-Hartschaum 60	0,100				0,041
Luftschicht vertikal	0,060				0,277
Hochlochklinker	0,115				0,791
Teilfläche 2		15,90		29%	
AW 2	0,577	15,90		100%	
Holz/Stoff-Verkleidung	0,015				0,085
Ortbeton BN 150	0,450				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Luftschicht vertikal	0,020				0,122
P-Aethylenfolie 0,2mm	0,002				0,233
Fichte, Tanne	0,020				0,140
Asbestzementplatten	0,010				0,349
Außenw and Süden Anbau		68,73	3%	100%	
Teilfläche 1		53,84		78%	
AW 1	0,465	9,48		18%	
Fliesen, Innenputz	0,015				0,750
Ortbeton BN 150	0,330				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Ortbeton BN 150	0,060				2,040
AW 3	0,440	44,36		82%	
Fliesen, Innenputz	0,015				0,750
Lochziegel	0,150				0,698
PU-Hartschaum 60	0,100				0,041
Luftschicht vertikal	0,060				0,277
Hochlochklinker	0,115				0,791
Teilfläche 2		14,90		22%	
AW 2	0,577	14,90		100%	
Innenputz	0,015				0,750
Ortbeton BN 150	0,450				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Luftschicht vertikal	0,020				0,122
P-Aethylenfolie 0,2mm	0,002				0,233
Fichte, Tanne	0,020				0,140
Asbestzementplatten	0,010				0,349
Außenw and Osten Halle		37,23	2%	100%	
Teilfläche 1		6,93		19%	
AW 1	0,465	6,93		100%	
Innenputz	0,015				0,600
Ortbeton BN 150	0,330				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Ortbeton BN 150	0,060				2,040
Teilfläche 2		30,30		81%	
AW 2	0,577	30,30		100%	
Innenputz	0,015				0,600
Ortbeton BN 150	0,450				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Luftschicht vertikal	0,020				0,122
P-Aethylenfolie 0,2mm	0,002				0,233
Fichte, Tanne	0,020				0,140
Asbestzementplatten	0,010				0,349

Bezeichnung	Dicke [m]	Fläche [m²]	Anteil Umfassungsfläche [%]	Anteil Fläche [%]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
Außenw and Osten Anbau		100,25	4%	100%	
Teilfläche 1		100,25		100%	
AW 1	0,465	12,18		12%	
Fliesen, Innenputz	0,015				0,750
Ortbeton BN 150	0,330				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Ortbeton BN 150	0,060				2,040
AW 3	0,440	88,07		88%	
Fliesen, Innenputz	0,015				0,750
Lochziegel	0,150				0,698
PU-Hartschaum 60	0,100				0,041
Luftschicht vertikal	0,060				0,277
Hochlochklinker	0,115				0,791
Außenw and Westen Halle		128,06	5%	100%	
Teilfläche 1		74,59		58%	
AW 1	0,465	13,06		18%	
Holz/Stoff-Verkleidung	0,015				0,085
Ortbeton BN 150	0,330				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Ortbeton BN 150	0,060				2,040
AW 3	0,440	61,53		82%	
Holz/Stoff-Verkleidung	0,015				0,085
Lochziegel	0,150				0,698
PU-Hartschaum 60	0,100				0,041
Luftschicht vertikal	0,060				0,277
Hochlochklinker	0,115				0,791
Teilfläche 2		30,57		24%	
AW 2	0,577	30,57		100%	
Innenputz	0,015				0,600
Ortbeton BN 150	0,450				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Luftschicht vertikal	0,020				0,122
P-Aethylenfolie 0,2mm	0,002				0,233
Fichte, Tanne	0,020				0,140
Asbestzementplatten	0,010				0,349
Teilfläche 3		22,90		18%	
AW 1	0,465	22,90		100%	
Holz/Stoff-Verkleidung	0,015				0,085
Ortbeton BN 150	0,330				2,035
PU-Hartschaum 60	0,060				0,041
Ortbeton BN 150	0,060				2,040
Außenw and Westen Anbau		12,58	1%	100%	
Teilfläche 1		12,58		100%	
AW 3	0,440	12,58		100%	
Innenputz	0,015				0,600
Lochziegel	0,150				0,698
PU-Hartschaum 60	0,100				0,041
Luftschicht vertikal	0,060				0,277
Hochlochklinker	0,115				0,791

Bezeichnung	Dicke [m]	Fläche [m ²]	Anteil Umfassungsfläche [%]	Anteil Fläche [%]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
Fenster (und Türen)		193,39	8%		
4cm					
Bodenplatte Halle	0,490	434,02	18%		
Linoleum, PVC-Belag	0,005				0,186
Estrich	0,035				1,396
Schaumglas, einlagig	0,050				0,058
Ortbeton BN 150	0,200				2,035
P-Aethylenfolie 0,2mm	0,000				0,233
Kiess, Splitt	0,200				0,814
Bodenplatte Anbau	0,490	372,17	16%		
Fliesen	0,015				1,047
Estrich	0,025				1,396
Schaumglas, einlagig	0,050				0,058
Ortbeton BN 150	0,200				2,035
P-Aethylenfolie 0,2mm	0,000				0,233
Kiess, Splitt	0,200				0,814
Dach Halle		481,77	20%		
Teilfläche 1	0,215			80%	
Holzdecke	0,01				0,120
Luftschicht hoizontal/UK	0,05				0,306
Mineralwolleplatte	0,10				0,041
Luftschicht hoizontal	0,05				0,306
Asbestzementplatten	0,01				0,349
Teilfläche 2	0,235			20%	
Fichte, Tanne	0,20				0,140
Luftschicht hoizontal	0,03				0,137
Asbestzementplatten	0,01				0,349
Dach Nebenbau		362,34	15%		
Teilfläche 1	0,380			84%	
Gipskartonplatten, Holzkamellen, ohne Belag	0,01				0,163
Luftschicht hoizontal/UK	0,07				0,306
Mineralwolleplatte	0,10				0,041
Teilfläche 2	0,200			16%	
Fichte, Tanne	0,20				0,140

V. Anlage 5 – Sanierungsvarianten

HALLE 1 - SANIERUNGSVARIANTEN

Variante	Halle 1	Vergleichsvariante	Einzelmaßnahmen				
			Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Beschreibung	1963	Erdgas-Brennwertkessel	transparente Bauteile	Gebäudehülle	hydraulischer Abgleich & Pumpen	Beleuchtung	Wärmeübergabe
Masse / Beschreibung							
Länge / Breite / mittlere Höhe	23 / 25 / 4,26						
Netto-Grundfläche	520						
beheiztes Volumen	2.766	Bestandzustand mit Erdgaskessel	Austausch aller transparenten Bauteile	Sanierung der gesamten Gebäudehülle	Durchführung hydraulischer Abgleich und Austausch der Pumpen	Austausch der Beleuchtung (LED-Beleuchtung)	Erneuerung der Heizflächen und der Lüftungsanlage
wärmeübertragende Umfassungsfläche	1.742						
U-Werte							
mittlerer U-Wert opake Bauteile	0,74	0,74	0,74	0,18	0,74	0,74	0,74
mittlerer U-Wert transparente Bauteile	2,7	2,7	1,2	1,20	2,7	2,7	2,7
mittlerer U-Wert Lichtkuppel	3,5	3,5	2	2,00	3,5	3,5	3,5
Wärmebrücken	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1
Luftdichtheit	-	Kategorie III	Kategorie III	Kategorie II	Kategorie III	Kategorie III	Kategorie III
Anlagentechnik							
Wärmeerzeugung	Biomassekessel (101 kW)	Erdgas-Brennwertkessel (74 kW)	Biomassekessel (101 kW)	Biomassekessel (101 kW)	Biomassekessel (101 kW)	Biomassekessel (101 kW)	Biomassekessel (101 kW)
Energieträger	Holzpellets	Erdgas	Holzpellets	Holzpellets	Holzpellets	Holzpellets	Holzpellets
Pufferspeicher	X	X	X	X	X	X	X
Wärmeverteilung	bedarfsangegliedert / ungeriegelt	bedarfsangegliedert / ungeriegelt	bedarfsangegliedert / ungeriegelt	bedarfsangegliedert / ungeriegelt	bedarfsangegliedert / leistungsangegliedert	bedarfsangegliedert / ungeriegelt	bedarfsangegliedert / leistungsangegliedert
Wärmeübergabe	Luftheizung, Heizkörper	Luftheizung, Heizkörper	Luftheizung, Heizkörper	Luftheizung, Heizkörper	Luftheizung, Heizkörper	Luftheizung, Heizkörper	Strahlungsheizung, Fußbodenheizung
Trinkwassererwärmung	elektrisch beheizter TWW-Speicher	elektrisch beheizter TWW-Speicher	elektrisch beheizter TWW-Speicher	elektrisch beheizter TWW-Speicher	elektrisch beheizter TWW-Speicher	elektrisch beheizter TWW-Speicher	elektrisch beheizter TWW-Speicher
Lüftung	Zi- und Abluftanlage in Halle, Abluftanlage in Duschraum	Zi- und Abluftanlage in Halle, Abluftanlage in Duschraum	Zi- und Abluftanlage in Halle, Abluftanlage in Duschraum	Zi- und Abluftanlage in Halle, Abluftanlage in Duschraum	Zi- und Abluftanlage in Halle, Abluftanlage in Duschraum	Zi- und Abluftanlage in Halle, Abluftanlage in Duschraum	Zi- und Abluftanlage in WRG (73%), Abluftanlage (Feuchtraum)
Beleuchtung	Beleuchtungsart	Beleuchtungsart	Beleuchtungsart	Beleuchtungsart	Beleuchtungsart	Beleuchtungsart	Beleuchtungsart
	manuell	manuell	manuell	manuell	manuell	manuell	z.T. präsent- und/oder tagslichtabhängig, Kontrastregelung (Halle)
gebäudeintegrierte Energieerzeugung	-	-	-	-	-	-	-

Variante	Einzelmaßnahmen						Komplettmaßnahmen					
	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10	Variante 11	Variante 12	Variante 13				
Beschreibung	Wärmeerzeugung nachwachsender Rohstoff	Wärmeerzeugung Kraft-Wärme-Kopplung	Wärmeerzeugung zentrale Wärmeerzeuger	gebäudeintegrierte Energieerzeugung	bestehende Wärmeerzeugung	Kraft-Wärme-Kopplung	zentrale Wärmeerzeugung	Wärmepumpe				
Maße / Beschreibung				Installation von Photovoltaik- (520m²) und Solarthermieanlage (6m²)								
U-Werte												
mittlerer U-Wert opake Bauteile	0,74	0,74	0,74	0,74	0,18	0,18	0,18	0,18				
mittlerer U-Wert transparente Bauteile	2,7	2,7	2,7	2,7	1,2	1,2	1,2	1,2				
mittlerer U-Wert Lichtkuppel	3,5	3,5	3,5	3,5	2,0	2,0	2,0	2,0				
Wärmebrücken	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,05				
Luftdichtheit	Kategorie III	Kategorie III	Kategorie III	Kategorie III	Kategorie II	Kategorie II	Kategorie II	Kategorie II				
Anlagentechnik												
Wärmeerzeugung	Biomassekessel (101 kW)	Bioheizkraftwerk, thermisch (29/22 kW) zzgl. Holzpelletkessel (101 kW)	Ferwärme (74 kW)	Biomassekessel (101 kW)	Biomassekessel (101 kW)	Blockheizkraftwerk, thermisch (7,3/5,4 kW) zzgl. Holzpelletkessel (101 kW)	Ferwärme (39 kW)	Sole-Wasser-Wärmepumpe (38 kW), Nachheizung				
Energieträger	Holzpellets	KWK, Holzpellets	KWK, fossil	Holzpellets	Holzpellets	KWK, Holzpellets	KWK, fossil	Geothermie, Sonden				
Pufferspeicher	X	X	X	X	X	X	X	X				
Wärmeventilation	bedarfsausgelegt / leistungsgeregelt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregelt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregelt	bedarfsausgelegt / unregelt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregelt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregelt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregelt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregelt				
Wärmeübergabe	Luftheizung, Heizkörper	Luftheizung, Heizkörper	Luftheizung, Heizkörper	Luftheizung, Heizkörper	Luftheizung, Heizkörper	Strahlungsheizung, Fußbodenheizung	Strahlungsheizung, Fußbodenheizung	Strahlungsheizung, Fußbodenheizung				
Trinkwassererwärmung	elektrisch beheizter TWW-Speicher	elektrisch beheizter TWW-Speicher	elektrisch beheizter TWW-Speicher	bivalenter Solarspeicher	bivalenter Solarspeicher	bivalenter Solarspeicher	bivalenter Solarspeicher	indirekt beheizter Speicher				
Lüftung	Zu- und Abluftanlage in Duschraum	Zu- und Abluftanlage in Halle, Abluftanlage in Duschraum	Zu- und Abluftanlage in Halle, Abluftanlage in Duschraum	Zu- und Abluftanlage in Halle, Abluftanlage in Duschraum	Zu- und Abluftanlage mit WRG (73%), Abluftanlage (Feuchträume)	Zu- und Abluftanlage mit WRG (73%), Abluftanlage (Feuchträume)	Zu- und Abluftanlage mit WRG (73%), Abluftanlage (Feuchträume)	Zu- und Abluftanlage mit WRG (73%), Abluftanlage (Feuchträume)				
Beleuchtung	Beleuchtungsart	Beleuchtungsart	Beleuchtungsart	Beleuchtungsart	LED-Beleuchtung	LED-Beleuchtung	LED-Beleuchtung	LED-Beleuchtung				
Beleuchtungs-kontrolle	manuell	manuell	manuell	manuell	manuell	manuell	manuell	manuell				
gebäudeintegrierte Energieerzeugung	-	-	-	Photovoltaik & Solarthermie	Photovoltaik & Solarthermie	Photovoltaik & Solarthermie	Photovoltaik & Solarthermie	Photovoltaik				

HALLE 2 - SANIERUNGSVARIANTEN

Variante	Halle 2	Einzelmaßnahmen			Variante 5	
		Variante 1	Variante 2	Variante 3		Variante 4
Beschreibung	1986 (Planung 1982)	transparente Bauteile	Gebäudehülle	hydraulischer Abgleich & Pumpen	Beleuchtung	Wärmeübergabe
Maße / Beschreibung						
Länge / Breite / mittlere Höhe	[m]	0,40	0,18	Durchführung hydraulischer Abgleich und Austausch der Pumpen	Austausch der Beleuchtung (LED-Beleuchtung)	Erneuerung der Heizflächen und der Lüftungsanlage
Netto-Grundfläche	[m ²]	1,20	1,20			
beheiztes Volumen	[m ³]	3,696	0,05			
wärmeübertragende Umfassungsfläche	[m ²]	2,380				
U-Werte						
mittlerer U-Wert opake Bauteile	[W/m ² K]	0,40	0,18		0,40	0,40
mittlerer U-Wert transparente Bauteile	[W/m ² K]	3,0	1,20		3,00	3,00
Wärmebrücken	[W/m ² K]	0,1	0,05		0,10	0,10
Lüftdichtheit	-	Kategorie III	Kategorie II	Kategorie III	Kategorie III	Kategorie III
Anlagentechnik						
Wärmeerzeugung	Brennwertkessel (217 kW)	Brennwertkessel (217 kW)	Brennwertkessel (217 kW)	Brennwertkessel (217 kW)	Brennwertkessel (217 kW)	Brennwertkessel (217 kW)
Energieträger	Erdöl	Erdöl	Erdöl	Erdöl	Erdöl	Erdöl
Pufferspeicher	X	X	X	X	X	X
Wärmeverteilung	-	-	-	X	-	X
hydraulischer Abgleich	bedarfsausgelegt / unregelt	bedarfsausgelegt / unregelt	bedarfsausgelegt / unregelt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregt	bedarfsausgelegt / unregelt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregt
Pumpe	Luftheizung, Fussbodenheizung	Luftheizung, Fussbodenheizung	Luftheizung, Fussbodenheizung	Luftheizung, Fussbodenheizung	Luftheizung, Fussbodenheizung	Fussbodenheizung
Wärmeübergabe	indirekte beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher
Trinkwassererwärmung	3 x Zu- und Abluftanlage mit WRG	3 x Zu- und Abluftanlage mit WRG	3 x Zu- und Abluftanlage mit WRG	3 x Zu- und Abluftanlage mit WRG	3 x Zu- und Abluftanlage mit WRG	3 x Zu- und Abluftanlagen mit WRG (73%), bedarfsgerecht
Lüftung	Leuchstofflampen	Leuchstofflampen	Leuchstofflampen	Leuchstofflampen	LED-Beleuchtung	Leuchstofflampen
Beleuchtungsart	manuell	manuell	manuell	manuell	z. T. präsent- und/oder tageslichtabhängig, Kontrastlichtregelung (Palle)	manuell
Beleuchtungs-kontrolle	-	-	-	-	-	-
gebäudeintegrierte Energieerzeugung	-	-	-	-	-	-

Variante	Einzelmaßnahmen						Komplettmaßnahmen					
	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10	Variante 11	Variante 12	Variante 13				
Beschreibung	Wärmeerzeugung, nachwachsender Rohstoff	Wärmeerzeugung, Kraft-Wärme-Kopplung	Wärmeerzeugung, zentrale Wärmeerzeuger	gebäudeintegrierte Ernergieerzeugung	bestehende Wärmeerzeugung	Kraft-Wärme-Kopplung	zentrale Wärmeerzeugung	Wärmepumpe				
Maße / Beschreibung												
	Wärmeerzeugung durch Holzpelletkessel (entspricht Bestandsituation)	Wärmeerzeugung durch Spitzlasttennkessel	Wärmeerzeugung durch Fernwärme	Installation von Photovoltaik-Solarthermieanlage (16m ²)	Komplettanierung mit Biomasse und gebäudeinterner Ernergieerzeugung	Komplettanierung mit BHKW mit Spitzlasttennkessel und gebäudeinterner Ernergieerzeugung	Komplettanierung mit Biomasse und gebäudeinterner Ernergieerzeugung	Komplettanierung mit Sole-Wasser-Wärmepumpe und Photovoltaikanlage				
U-Werte												
mittlerer U-Wert opake Bauteile [W/m ² K]	0,40	0,40	0,40	0,40	0,18	0,18	0,18	0,18				
mittlerer U-Wert transparente Bauteile [W/m ² K]	3,00	3,00	3,00	3,00	1,20	1,20	1,20	1,20				
Wärmebrücken [W/m ² K]	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05				
Luftdichtheit	Kategorie III	Kategorie III	Kategorie III	Kategorie III	Kategorie II	Kategorie II	Kategorie II	Kategorie II				
Anlagentechnik												
Wärmeerzeugung	Biomasse-Brennwertkessel (133 kW)	Bioetherscheftkuek Spitzlasttennkessel (133 kW)	Fernwärme (133 kW)	Brennwertkessel (217 kW)	Brennwertkessel (217 kW)	Bioetherscheftkuek Spitzlasttennkessel (58 kW)	Fernwärme (53 kW)	Sole-Wasser-Wärmepumpe (52 kW), Nacherheizung				
Energieträger	Holzpelletes	Bioas	KWK, fossil	Erdöl	Erdöl	Bioas	KWK, fossil	Erdwärme, Sonden				
Pufferspeicher	X	X	X	X	X	X	X	X				
Wärmeverteilung	hydraulischer Abgleich	X	X	-	X	X	X	X				
Pumpe	bedarfsausgelegt / leistungsgeregt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregt	bedarfsausgelegt / ungeteget	bedarfsausgelegt / leistungsgeregt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregt	bedarfsausgelegt / leistungsgeregt				
Wärmeübergabe	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung				
Trinkwassererwärmung	indirekt beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher	indirekt beheizter Speicher	bivalentes Solarspeicher	bivalentes Solarspeicher	bivalentes Solarspeicher	bivalentes Solarspeicher	indirekt beheizter Speicher				
Lüftung	3 x Zu- und Abluftanlage mit WRG	3 x Zu- und Abluftanlage mit WRG	3 x Zu- und Abluftanlage mit WRG	3 x Zu- und Abluftanlage mit WRG	3 x Zu- und Abluftanlage mit WRG (75%), bedarfsgeregt	4 x Zu- und Abluftanlagen mit WRG (73%), bedarfsgeregt	5 x Zu- und Abluftanlagen mit WRG (73%), bedarfsgeregt	6 x Zu- und Abluftanlagen mit WRG (73%), bedarfsgeregt				
Beleuchtung	Beleuchtungsart	Leuchtstofflampen	Leuchtstofflampen	Leuchtstofflampen	LED-Beleuchtung	LED-Beleuchtung	LED-Beleuchtung	LED-Beleuchtung				
Beleuchtungs-kontrolle	manuell	manuell	manuell	manuell	z. T. präsent- und/oder tagslichtabhängig, Kontrastlichtregelung (Halle)	z. T. präsent- und/oder tagslichtabhängig, Kontrastlichtregelung (Halle)	z. T. präsent- und/oder tagslichtabhängig, Kontrastlichtregelung (Halle)	z. T. präsent- und/oder tagslichtabhängig, Kontrastlichtregelung (Halle)				
gebäudeintegrierte Ernergieerzeugung	-	-	-	Photovoltaik & Solarthermie	Photovoltaik & Solarthermie	Photovoltaik & Solarthermie	Photovoltaik & Solarthermie	Photovoltaik				

VI. Anlage 6 – Ergebnisse Potenzialanalyse

HALLE 1 – ERGEBNISSE POTENZIALANALYSE

		Gesamt	Heizung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser	Photovoltaik
Bestandszustand							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	199.086	190.354	1.068	4.125	3.539	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	52.446	36.786	1.922	7.425	6.313	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	8.993	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	6.288	951	1.068	4.125	0	-
Strom-Mix	[kWh/a]	3.507	0	0	0	3.539	-
Holzpellets	[kWh/a]	189.403	189.403	0	0	0	-
Energiekosten	[€/a]	9.396	-	-	-	-	-
Vergleichsvariante							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	189.355	180.623	1.068	4.125	3.539	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	195.504	179.786	1.922	7.425	6.371	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	44.280	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	6.170	977	1.068	4.125	0	-
Strom-Mix	[kWh/a]	3.539	0	0	0	3.539	-
Erdgas	[kWh/a]	179.646	79.646	0	0	0	-
Energiekosten	[€/a]	12.224	-	-	-	-	-
Variante 1 - transparente Bauteile							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	183.691	174.959	1.068	4.125	3.539	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	48.976	33.257	1.922	7.425	6.371	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	8.418	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	5.724	531	1.068	4.125	0	-
Strom-Mix	[kWh/a]	3.539	0	0	0	3.539	-
Holzpellets	[kWh/a]	174.428	174.428	0	0	0	-
Energiekosten	[€/a]	8.703	-	-	-	-	-
Variante 2 - Gebäudehülle							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	90.119	81.387	1.068	4.125	3.539	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	31.248	15.530	1.922	7.425	6.371	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	6.551	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	5.477	284	1.068	4.125	0	-
Strom-Mix	[kWh/a]	3.539	0	0	0	3.539	-
Holzpellets	[kWh/a]	81.103	81.103	0	0	0	-
Energiekosten	[€/a]	4.978	-	-	-	-	-
Variante 3 - hydraulischer Abgleich & Pumpen							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	195.399	186.662	1.068	4.125	3.544	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	51.041	35.314	1.922	7.425	6.379	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	8.600	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	5.656	463	1.068	4.125	0	-
Strom-Mix	[kWh/a]	3.544	0	0	0	3.544	-
Holzpellets	[kWh/a]	186.199	186.199	0	0	0	-
Energiekosten	[€/a]	9.155	-	-	-	-	-
Variante 4 - Beleuchtung							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	196.942	191.628	1.068	708	3.539	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	45.973	36.406	1.922	1.274	6.371	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	6.833	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	2.345	569	1.068	708	0	-
Strom-Mix	[kWh/a]	3.539	0	0	0	3.539	-
Holzpellets	[kWh/a]	191.058	191.058	0	0	0	-
Energiekosten	[€/a]	8.710	-	-	-	-	-
Variante 5 - Wärmeübergabe							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	150.646	138.558	4.661	3.900	3.527	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	48.750	26.992	8.389	7.021	6.348	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	9.782	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	9.386	825	4.661	3.900	0	-
Strom-Mix	[kWh/a]	3.527	0	0	0	3.527	-
Holzpellets	[kWh/a]	137.733	137.733	0	0	0	-
Energiekosten	[€/a]	7.958	-	-	-	-	-

Variante 7 - Wärmeerzeugung, Kraft-Wärme-Kopplung							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	181.875	173.138	1.068	4.125	3.544	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	31.986	16.260	1.922	7.425	6.379	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	8.271	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	5.511	318	1.068	4.125	0	-
Strom	[kWh/a]	3.544	0	0	0	3.544	-
Wärme aus KWK	[kWh/a]	88.103	88.103	0	0	0	-
Holzpellets	[kWh/a]	84.718	84.718	0	0	0	-
Energiekosten	[€/a]	5.127	-	-	-	-	-
Variante 8 - Wärmeerzeugung, Fernwärme							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	168.065	159.329	68	4.125	3.544	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	127.675	111.949	1.922	7.425	6.379	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	33.717	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	5.574	381	1.068	4.125	0	-
Strom	[kWh/a]	3.544	0	0	0	3.544	-
Fernwärme (KWK)	[kWh/a]	158.948	158.948	0	0	0	-
Energiekosten	[€/a]	12.123	-	-	-	-	-
Variante 9 - gebäudeintegrierte Energieerzeugung							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	188.038	186.500	0	0	1.538	(-5840)
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	34.822	34.537	0	0	285	(-10512)
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	3.482	-	-	-	-	-
Strom (Photovoltaik)	[kWh/a]	-5.840	0	0	0	0	-840
Holzpellets	[kWh/a]	188.038	189.500	0	0	1.538	0
Energiekosten	[€/a]	7.411	-	-	-	-	-
Variante 10 - Komplettisanierung, bestehende Wärmeerzeugung							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	78.729	76.561	0	0	2.168	(-4508)
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	14.580	14.178	0	0	402	(-8814)
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	1.458	-	-	-	-	-
Strom (Photovoltaik)	[kWh/a]	-4.508	0	0	0	0	-4.508
Holzpellets	[kWh/a]	78.729	76.561	0	0	2.168	0
Energiekosten	[€/a]	9.396	-	-	-	-	-
Variante 11 - Komplettisanierung, Kraft-Wärme-Kopplung							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	74.653	72.468	0	0	2.167	(-4157)
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	9.616	9.343	0	0	272	(-7482)
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	1.382	-	-	-	-	-
Strom (Photovoltaik)	[kWh/a]	-4.157	0	0	0	0	-4.157
Holzpellets	[kWh/a]	51.925	50.454	0	0	1.471	0
Wärme aus KWK	[kWh/a]	22.710	22.014	0	0	696	0
Energiekosten	[€/a]	2.047	-	-	-	-	-
Variante 12 - Komplettisanierung, Fernwärme							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	62.642	60.586	0	0	2.053	(-4572)
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	43.849	42.412	0	0	1.437	(-8230)
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	11.275	-	-	-	-	-
Strom (Photovoltaik)	[kWh/a]	-4.572	0	0	0	0	-4.572
Fernwärme (KWK)	[kWh/a]	62.642	60.589	0	0	2.053	0
Energiekosten	[€/a]	4.159	-	-	-	-	-
Variante 13 - Komplettisanierung, Sole-Wasser-Wärmepumpe							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	8.968	7.634	577	169	588	(-14138)
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	16.143	13.742	1.038	303	1.059	(-25448)
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	5.022	-	-	-	-	-
Strom (Photovoltaik)	[kWh/a]	-14.138	0	0	0	0	-14.138
Strom-Mix	[kWh/a]	7.059	6.499	0	0	560	0
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	1.910	1.135	577	169	29	0
Energiekosten	[€/a]	1.772	-	-	-	-	-

HALLE 2 – ERGEBNISSE POTENZIALANALYSE

		Gesamt	Heizung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser	Photovoltaik
Bestandszustand							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	203.087	156.686	28.005	8.132	10.264	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	239.593	163.846	50.410	14.637	10.701	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	69.517	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	37.838	1.636	28.005	8.132	65	-
Heizöl	[kWh/a]	165.249	155.049	0	0	10.199	-
Energiekosten	[€/a]	16.621	-	-	-	-	-
Variante 1 - transparente Bauteile							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	179.628	133.227	28.005	8.132	10.264	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	215.120	139.373	50.410	14.637	10.701	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	62.611	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	37.669	1.467	28.005	8.132	65	-
Heizöl	[kWh/a]	141.960	131.760	0	0	10.199	-
Energiekosten	[€/a]	15.271	-	-	-	-	-
Variante 2 - Gebäudehülle							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	139.469	93.095	28.005	8.132	10.237	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	173.198	97.476	50.410	14.637	10.676	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	50.779	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	37.344	1.139	28.005	8.132	68	-
Heizöl	[kWh/a]	102.125	91.956	0	0	10.169	-
Energiekosten	[€/a]	12.955	-	-	-	-	-
Variante 3 - hydraulischer Abgleich & Pumpen							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	199.509	153.110	28.005	8.132	10.263	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	235.628	159.883	50.410	14.637	10.698	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	68.382	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	37.506	1.306	28.005	8.132	63	-
Heizöl	[kWh/a]	162.003	151.804	0	0	10.199	-
Energiekosten	[€/a]	16.374	-	-	-	-	-
Variante 4 - Beleuchtung							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	200.309	160.532	28.005	1.513	10.259	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	231.680	167.852	50.410	2.723	10.696	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	66.939	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	31.238	1.656	28.005	1.513	64	-
Heizöl	[kWh/a]	169.071	158.876	0	0	10.195	-
Energiekosten	[€/a]	15.565	-	-	-	-	-
Variante 5 - Wärmeübergabe							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	160.242	135.298	6.441	8.132	10.372	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	178.533	141.486	11.593	14.637	10.817	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	51.161	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	16.062	1.420	6.441	8.123	70	-
Heizöl	[kWh/a]	144.180	133.879	0	0	10.301	-
Energiekosten	[€/a]	11.248	-	-	-	-	-
Variante 6 - Wärmeerzeugung, Holzpellets							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	211.768	164.053	29.023	8.132	10.562	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	101.782	32.840	52.241	14.637	2.065	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	24.901	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	38.745	1.523	29.023	8.132	67	-
Holzpellets	[kWh/a]	173.024	162.529	0	0	10.494	-
Energiekosten	[€/a]	14.266	-	-	-	-	-
Variante 7 - Wärmeerzeugung, Kraft-Wärme-Kpplung							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	198.940	152.891	28.005	8.132	9.912	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	185.538	113.241	50.410	14.637	7.251	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	57.376	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	37.219	1.026	28.005	8.132	56	-
Biogas	[kWh/a]	102.033	95.906	0	0	6.127	-
Wärme aus KWK	[kWh/a]	59.687	55.958	0	0	3.729	-
Energiekosten	[€/a]	13.804	-	-	-	-	-

Variante 8 - Wärmeerzeugung, Fernwärme							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	193.929	147.601	28.005	8.132	10.191	-
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	176.485	104.269	50.410	14.637	7.169	-
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	48.979	-	-	-	-	-
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	37.031	862	28.005	8.132	32	-
Fernwärme (KWK)	[kWh/a]	156.898	146.739	0	0	10.159	-
Energiekosten	[€/a]	17.309	-	-	-	-	-
Variante 9 - gebäudeintegrierte Energieerzeugung							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	167.227	152.756	7.687	2.403	4.381	(-27124)
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	181.787	159.059	13.836	4.325	4.566	(-48823)
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	51.801	-	-	-	-	-
Strom (Photovoltaik)	[kWh/a]	-27.143	0	0	0	0	-27.143
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	10.822	706	7.687	2.403	26	0
Heizöl	[kWh/a]	156.406	152.050	0	0	4.356	0
Energiekosten	[€/a]	10.930	-	-	-	-	-
Variante 10 - Komplettsanierung, bestehende Wärmeerzeugung							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	81.998	77.444	205	61	4.288	(-8631)
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	85.343	80.411	370	110	4.451	(-15536)
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	24.068	-	-	-	-	-
Strom (Photovoltaik)	[kWh/a]	-8.644	0	0	0	0	-8.644
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	328	59	205	61	2	0
Heizöl	[kWh/a]	81.670	77.385	0	0	4.286	0
Energiekosten	[€/a]	4.683	-	-	-	-	-
Variante 11 - Komplettsanierung, Kraft-Wärme-Kopplung							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	81.579	76.863	373	109	4.234	(-9668)
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	53.035	49.468	671	196	2.700	(-17402)
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	18.684	-	-	-	-	-
Strom (Photovoltaik)	[kWh/a]	-9.678	0	0	0	0	-9.678
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	764	278	373	109	4	0
Biogas	[kWh/a]	48.918	46.369	0	0	2.549	0
Wärme aus KWK	[kWh/a]	31.897	30.216	0	0	1.681	0
Energiekosten	[€/a]	3.398	-	-	-	-	-
Variante 12 - Komplettsanierung, Fernwärme							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	79.318	74.944	184	55	4.136	(-8449)
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	55.827	52.501	331	99	2.886	(-15207)
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	14.382	-	-	-	-	-
Strom (Photovoltaik)	[kWh/a]	-8.461	0	0	0	0	-8.461
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	227	37	184	55	1	0
Fernwärme (KWK)	[kWh/a]	79.042	74.907	0	0	4.135	0
Energiekosten	[€/a]	5.262	-	-	-	-	-
Variante 13 - Komplettsanierung, Sole-Wasser-Wärmepumpe							
Endenergiebedarf	[kWh/a]	13.609	9.970	1.666	450	1.524	(-16850)
Primärenergiebedarf	[kWh/a]	24.497	17.947	2.998	809	2.742	(-30331)
CO ₂ -Emissionen	[kg/a]	7.621	-	-	-	-	-
Strom (Photovoltaik)	[kWh/a]	-16.859	0	0	0	0	-16.859
Strom-Mix	[kWh/a]	10.013	8.537	0	0	1.476	0
Strom (Hilfsenergie)	[kWh/a]	3.597	1.434	1.666	450	47	0
Energiekosten	[€/a]	2.664	-	-	-	-	-

Der Gebäudesektor verantwortet einen wesentlichen Anteil am deutschen Energieverbrauch und an den nationalen Emissionen. Bisher wird er im Kontext der Energieeinspar- und Klimaschutzziele vor allem in seiner Gesamtheit oder differenziert nach Wohn- und Nichtwohngebäude betrachtet und weniger nach unterschiedlichen Gebäudetypologien. Die vorliegende Arbeit setzt hier an und analysiert die Gebäudetypologie Sporthallen, die größtenteils kommunal verwaltet und während des Goldenen Plans erbaut wurden. Angesichts des hohen Baualters und des fortwährenden Sanierungsstaus dieser Gebäude ergibt sich ein dringender Bedarf an baulichen und energetischen Sanierungsmaßnahmen. Die Hemmnisse gegenüber solchen Sanierungen sowie deren Potenziale zur Energieeinsparung und CO₂-Emissionsminderung werden in der Dissertation analysiert. Basierend auf diesen Analysen werden konkrete Handlungsempfehlungen gegeben, um die identifizierten Hemmnisse zu überwinden und die Energieeffizienz sowie die soziokulturelle Funktion der Sporthallen nachhaltig zu verbessern.