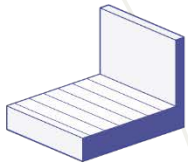
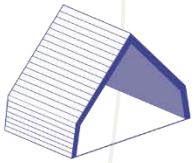
FORSCHUNGSPROJEKT

RE:SOURCE NECKARGEMÜND

STRATEGIEN ZUR RESSOURCENGERECHTEN ENTWICKLUNG DES KOMMUNALEN GEBÄUDEBESTANDES



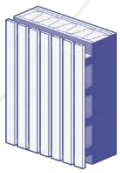


ABSCHLUSSBERICHT

gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt
Az.: 39824/01-2

VERFASSER:INNEN

Phillip Arndt
Steffen Feßenbecker
Wanda Hagelstein
Johann Kurz
Eike Roswag-Klinge
Selina Schlez
Theo Osterhage





Berlin, 31. März 2026

NECKARGEMÜND www.neckargemuend.de

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Natural Building Lab

DBU

FORSCHUNGSTEAM

Stadt Neckargemünd
Jan Peter Seidel
Steffen Feßenbecker
Phillip Arndt
Johann Kurz
Kim Strohbach

Technische Universität Berlin
Natural Building Lab
Prof. Eike Roswag-Klinge
Selina Schlez
Wanda Hagelstein
Theo Osterhage
Liva Roze

FACHLICHE BEGLEITUNG

Barbara Beetz (natureplus e.V.)
Eve Gericke (ZRS Architekten und Ingenieure)
Niklas Heinen (ZRS Architekten und Ingenieure)
Annika Hock (BBSR)
Felix Konrad (natureplus e.V.)

gefördert durch
DBU
Deutsche
Bundesstiftung Umwelt
www.dbu.de

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 2

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 3

ZUSAMMENFASSUNG 4

1 EINLEITUNG 5

2 ARBEITSPAKETE 8

2.1 AP01 - ANALYSE UND DOKUMENTATION 9

2.2 AP02 - HINTERFRAGEN VON BEDARFEN 12

2.3 AP03 – KLIMANEUTRALER LOW-TECH BETRIEB 20

2.4 AP 04 - TRANSFORMATION MIT KREISLAUFGERECHTEN UND NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN 25

2.5 AP 05 - QUANTIFIZIERUNG, MODELLIERUNG UND QUARTIERSBETRACHTUNG 29

2.6 AP 06 - ENTWICKLUNG DES RE:SOURCE LEITFADENS 38

2.7 AP07 - REALLABOR RE:SOURCE NECKARGEMÜND UND PROJEKTKOMMUNIKATION 39

3 FAZIT 42

LITERATURVERZEICHNIS 44

4 ANHÄNGE 47

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNG 1 - UNTERSUCHTE TYPOLOGIEN 9
ABBILDUNG 2 - BGF KOMMUNALER GEBÄUDEBESTAND NECKARGEMÜND NACH NUTZUNGSTYPEN 10
ABBILDUNG 3 - BAUALTERSSTRUKTUR KOMMUNALER GEBÄUDEBESTAND 10
ABBILDUNG 4 - VERTEILUNG BAUWEISEN KOMMUNALER GEBÄUDEBESTAND NECKARGEMÜND NACH BGF 11
ABBILDUNG 5 - EINGESETZTE ENERGIETRÄGER KOMMUNALER BESTAND NECKARGEMÜND 11
ABBILDUNG 6 – UNTERTEILUNG DER GEBÄUDESUFFIZIENZ 13
ABBILDUNG 7 - ALTERSVERTEILUNG DER BEVÖLKERUNG 2024 IM VERGLEICH ZU 1990 15
ABBILDUNG 8 - AUSWERTUNG FLÄCHENNUTZUNG UND NUTZUNGSINTENSITÄT SCHULGEBÄUDE 17
ABBILDUNG 9 - AUSWERTUNG FLÄCHENNUTZUNG UND NUTZUNGSINTENSITÄT VERWALTUNGSGEBÄUDE 17
ABBILDUNG 10 - AUSWERTUNG FLÄCHENNUTZUNG UND NUTZUNGSINTENSITÄT KINDERGARTENGEBÄUDE 18
ABBILDUNG 11 - AUSWERTUNG FLÄCHENNUTZUNG UND NUTZUNGSINTENSITÄT MUSEUM/BIBLIOTHEK 18
ABBILDUNG 12 - VERGLEICH NUTZUNGSSTUNDEN PRO JAHR ZU ZIELWERT NUTZUNGSSTUNDEN PRO JAHR 19
ABBILDUNG 13 - BAUALTERSSTRUKTUR DER CASE STUDIES NACH GEBÄUDETEILEN 21
ABBILDUNG 14 - NUTZUNG UND ENDENERGIEVERBRAUCH CASE STUDY GEBÄUDE 21
ABBILDUNG 15 - ENDENERGIEEINSPARUNG DURCH MAßNAHMEN AN DER GEBÄUDEHÜLLE 22
ABBILDUNG 16 - BAUJAHR DER HEIZUNGEN 22
ABBILDUNG 17 - ENDENERGIEVERBRAUCH VOR UND NACH DER ENERGETISCHEN SANIERUNG 22
ABBILDUNG 18 - EINFLUSS DER MAßNAHMEN AUF DEN ENERGIEVERBRAUCH 22
ABBILDUNG 19 - EINFLUSS DER MAßNAHMEN AUF DIE EINSPARUNG DER ENDENERGIE 22
ABBILDUNG 20 – REGIONALES RESSOURCENMAPPING NECKARGEMÜND, FORSTREVIERE MISCHWALD 27
ABBILDUNG 21 - REGIONALES RESSOURCENMAPPING NECKARGEMÜND, LEHMVORKOMMEN 27
ABBILDUNG 22 - REGIONALES RESSOURCENMAPPING NECKARGEMÜND, ERSCHLOSSENE SANDSTEINABBAUGEBIETE (TEILWEISE GESCHLOSSEN). 27
ABBILDUNG 23 – ÜBERSICHT ARBEITSSCHRITTE AP05 29
ABBILDUNG 24 - BNB BEWERTUNGSKENNWERTE 30
ABBILDUNG 25 - DARSTELLUNG SANIERUNGSVARIANTEN 30
ABBILDUNG 26 - DARSTELLUNG ZWEI VERSIONEN BAUWEISE 31
ABBILDUNG 27 - ENDENERGIEVERBRAUCH IN KWH/M²NGF UND JAHR 33
ABBILDUNG 28 - HERSTELLUNGSKOSTEN 33
ABBILDUNG 29 - LEBENSZYKLUSKOSTEN VARIANTEN 1-3 33
ABBILDUNG 30 - INANSPRUCHNAHME VON ROHSTOFFEN – ABIOTISCHE/ BIOTISCHE ROHSTOFFE 33
ABBILDUNG 31 - PREIS PRO KILOWATTSTUNDE EINGESPARTER ENDENERGIE 34
ABBILDUNG 32 - ENDENERGIE BESTAND UND VARIANTEN 1-3 34

ABBILDUNG 33 - UMWELTWIRKUNGEN DER VARIANTEN 35
ABBILDUNG 34 - GWP B6 DER VARIANTEN IN $KGCO_{2ÄQ}/M^2_{NGF}$ 35
ABBILDUNG 35 - ÜBERSICHT DER ERGEBNISSE BEZOGEN AUF DAS QUARTIER 36
ABBILDUNG 36 – ENDENERGIEVERBRAUCH QUARTIER 36
ABBILDUNG 37 – EINSPARUNGEN AUF QUARTIERSEBENE 36
ABBILDUNG 38 - AKTEURSNETZWERK DES REALLABORS RE:SOURCE NECKARGEMÜND 39
ABBILDUNG 39 - ZEITPLAN UND FORMATE DES REALLABORS 40

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AP	Arbeitspaket
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BKI	Baukosteninformationszentrum
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
BGF	Brutto-Grundfläche
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EH55	Effizienzhaus 55 (KfW Förderstufe)
eLCA	electronic Life Cycle Assessment
EnEV	Energieeinsparverordnung
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GWP	Global Warming Potential
Ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LAGA	Bund/Länder - Arbeitsgemeinschaft Abfall
LCA	Life Cycle Assessment
LCC	Life Cycle Costing
NGD	Neckargemünd (projektspezifische Abkürzung, nicht standardisiert)
NGF	Netto-Grundfläche
Ökobaudat	Baustoffdatenbank des Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat
PERT	Primary Energy Renewable Total
PENRT	Primary Energy Non Renewable Total
PV	Photovoltaik
SDGs	Sustainable Development Goals
UBA	Umweltbundesamt

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Forschungsprojekts Re:Source Neckargemünd entstanden Strategien für den ressourcengerechten und klimaangepassten Erhalt des kommunalen Gebäudebestands der Stadt Neckargemünd. Das Ziel war es, übertragbare Methoden und Entscheidungsgrundlagen zu entwickeln, die ökologische, ökonomische und funktionale Kriterien verbinden und Wissen und Erfahrung aus der Praxis aktiv einbinden und darauf aufbauend ein strategisches Vorgehen im kommunalen Gebäudemanagement zu ermöglichen.

Hierzu wurde eine Bestandsaufnahme durchgeführt, die aktuellen Bedarfe und Nutzungen hinsichtlich der öffentlichen Gebäude untersucht, regional verfügbare Rohstoffe und lokale Wertschöpfungsketten erfasst und anhand von ausgewählten Case Studies geeignete Maßnahmen für die energetische Sanierung der Bestandsgebäude identifiziert und auf Quartiersebene skaliert. Der Fokus bei den Sanierungsmaßnahmen lag nach dem Low-Tech-Ansatz auf einfachen organisatorischen und baulichen Lösungen aus Naturbaustoffen und mit einem reduzierten Einsatz von Gebäudetechnik.

Für die Stadt Neckargemünd ergaben die Untersuchungen die folgenden Kernaussagen: In vielen öffentlichen Gebäuden ist eine intensivere Misch- oder Mehrfachnutzung möglich, sodass auf Neubau verzichtet werden kann und sogar Flächen frei werden können. Naturbaustoffe wie Holz, Lehm und Agrarreststoffe stehen in der Region zur Verfügung und hätten großes Potenzial mit ihren regionalen Wertschöpfungsketten gestärkt zu werden. Auf dem Weg zur Klimaneutralität ist das Kosten/ Nutzen-Verhältnis am günstigsten, wenn die Bestandsgebäude mit einem reduzierten Aufwand in Kombination mit regenerativer Energieversorgung (Wärmepumpen) energetisch saniert werden.

Ergebnis des Projektes sind neue Ansätze für die kommunale Planungs- und Baupraxis in Neckargemünd und eine Bewusstseinsbildung in der lokalen Verwaltung und Zivilgesellschaft. Die entwickelten Methoden und gewonnenen Erkenntnisse leisten außerdem einen relevanten Beitrag im praxisorientierten Forschungsfeld der Low-Tech-Architektur und lassen sich gut auf andere (öffentliche) Gebäudeportfolios übertragen. Die Stadt Neckargemünd möchte die Ergebnisse des Forschungsprojekts im Rahmen eines Modellprojektes an einem konkreten Gebäude umsetzen und in der Praxis testen.

Das Forschungsprojekt wurde von der Stadt Neckargemünd in Kooperation mit dem Natural Building Lab der Technischen Universität Berlin bearbeitet. Gefördert wurde das Projekt von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (AZ 39824_01-14.01.2026). Der Abschlussbericht ist über die Projektdatenbank der DBU offen einsehbar.

1 EINLEITUNG

Ein Großteil der Umweltziele der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie wird laut Bewertung des Sachverständigenrats für Umweltfragen aktuell verfehlt[1] und sieben der neun planetaren Grenzen gelten laut „Planetary Health Check 2025“ durch die Folgen der menschlichen Eingriffe in die Erdsysteme bereits als überschritten. Für eine gerechte und sichere Lebensgrundlage auf der Erde muss der Energie- und Ressourcenverbrauch, insbesondere der westlichen Länder stark reduziert werden. Kommunen und Städte wie Neckargemünd können durch ihren konkreten Handlungsspielraum, die kurzen Wege der Entscheidungsfindung und ihre Vorbildfunktion einen großen Einfluss auf den regionalen Energie- und Ressourcenverbrauch ausüben und einen relevanten Beitrag zur globalen Transformation des Gebäudesektors leisten.

Der Bausektor steht in Deutschland durch einen hohen Verbrauch von Flächen, Energie und Rohstoffen besonders in der Verantwortung. 35% des Endenergieverbrauchs[2] und 40% der Treibhausgasemissionen[3] werden durch ihn verursacht. Und ungefähr 40% des gesamten deutschen Rohstoffverbrauchs[4] und 54% des deutschen Abfallaufkommens[5] werden außerdem durch Bau- und Abbruchaktivitäten verantwortet. Die anhaltende Zunahme von Wohn- und Nutzflächen verstärkt diese Effekte zusätzlich. Zwischen 2019 und 2022 wurden in Deutschland täglich durchschnittlich 52 Hektar als Siedlungs- und Verkehrsflächen neu ausgewiesen[6]. Gleichzeitig stieg die Wohnfläche pro Kopf zwischen 1990 und 2022 von 34 auf über 47 m²[7], während die durchschnittliche Haushaltsgröße weiter abnahm[8].

Ein wesentlicher Teil des Endenergieverbrauch und die daraus entstehenden Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor lassen sich auf den großen Anteil des deutschen Gebäudebestands zurückführen, der vor 1977 ohne Vorgaben für den Wärmeschutz errichtet wurde und nun hohe energetische Verbräuche in der Betriebsphase aufweist. Der Gebäudebestand in Deutschland umfasste im Jahr 2021 ca. 22 Mio. Gebäude, davon ungefähr 19,4 Mio. Wohngebäude[3] und 1,9 Mio. beheizte Nichtwohngebäude. Obwohl die Nichtwohngebäude nur 9% des Gebäudebestands ausmachen, verantworten sie 37% des Gesamtendenergieverbrauchs des Gebäudesektors[9]. Nichtwohngebäude spielen somit als bedeutender Bestandteil des gesamten Gebäudebestands eine wichtige Rolle, wobei auch die öffentliche Hand einen beträchtlichen Bestand an Nichtwohngebäuden verwaltet und dadurch relevante Beiträge zur Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen leisten kann. Gerade der öffentliche Gebäudesektor gerät durch seine gesellschaftliche Verantwortung und Vorbildfunktion immer mehr in den Fokus als Stellschraube für eine ressourcengerechte Bauwende, um die planetaren Belastungsgrenzen und somit auch die Klimaschutzziele und -gesetze einzuhalten.

Städte und Gemeinden nehmen dabei eine Schlüsselrolle ein. Rund 60% der öffentlichen Bauinvestitionen entfallen auf die kommunale Ebene[10]. Viele Kommunen verfügen über umfangreiche und heterogene Gebäudeportfolios aus unterschiedlichen Bauperioden, die häufig einen erheblichen Sanierungsbedarf aufweisen. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Energieeffizienz, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit. Neubauten können kurzfristig funktionale Defizite beheben, führen jedoch langfristig zu einem erhöhten Material-, Energie- und Flächenverbrauch. Der Erhalt und die Weiterentwicklung des kommunalen Gebäudebestands wird damit zu einer zentralen Voraussetzung für Klimaschutz und Ressourcenschonung.

Vor allem durch die ganzheitliche Betrachtung und Weiterentwicklung von kommunalen Quartiersstrukturen können Potenziale einer suffizienteren Energieversorgung, räumlichen Nutzung, Organisations- und Betriebsstrukturen erschlossen werden, die auf Einzelgebäudeebene nur begrenzt wirksam werden. Das betrachtete Fallbeispiel, die Stadt Neckargemünd, hat ca. 13.500 Einwohner:innen und liegt südöstlich von Heidelberg am Südende des Odenwalds und dem Neckar. Der kommunale Gebäudebestand umfasst 76 (beheizte) Liegenschaften, darunter Schulen, Kindertagesstätten, Wohn-, Verwaltungs-, Kultur- und Feuerwehrgebäude unterschiedlicher Bauweisen und -phasen, die teilweise bis ins Mittelalter zurückreichen. Die größten Verbraucher von Strom- und Wärmeversorgung sind primär die Schulgebäude, Sporthallen und Verwaltungsgebäude[11]. Mit der Verpflichtung des Bundeslandes Baden-Württemberg, des Rhein-Neckar-Kreises und der Stadt Neckargemünd zur Klimaneutralität bis 2040 (nationales Ziel: 2045), steht die Stadt Neckargemünd in Anbetracht der aktuellen Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen vor großen Herausforderungen.

Die Stadt Neckargemünd hat sich im Rahmen ihres Klimaschutzleitbildes (2022)[12] als Ziel gesetzt, die Effizienz von Ressourcen-, Flächennutzung und Energieverbrauch und den Einsatz erneuerbarer Energien im Gebäudebereich größtmöglich zu steigern. Darüber hinaus sollen Klimaanpassungsmaßnahmen und Maßnahmen zum Artenschutz vorgenommen werden[12]. Diese Ziele decken sich im Kern mit den vom Umweltbundesamt definierten Zielstellungen für den Gebäudebereich, die einen systemischen Zusammenhang von Klimaschutz mit der Rohstoffinanspruchnahme herstellen. Die Reduzierung von Flächen- und Rauminanspruchnahme, Wärmebedarfe, die Substitution fossiler Energieträger und das rohstoffsparende Bauen werden hierbei als Schlüssel der Transformation im Gebäudesektor definiert[13].

Für die Umsetzung des Klimaschutzleitbildes fehlen allerdings bisher an vielen Stellen konkrete Strategien für die Umsetzung. Suffizienz-Strategien wie die Verdichtung von Nutzungen, eine Minderung des Flächenverbrauchs pro Kopf oder Verhaltensänderungen von Nutzer:innen bleiben beispielsweise bisher weitgehend unberücksichtigt. Das gilt ebenso für die Priorisierung der Instandsetzung von Bestandsgebäuden anstelle von Neubauten oder dem Einsatz regionaler, nachwachsender und wiederverwendeter Baumaterialien zur Minderung des Ressourcen- und Flächenverbrauchs.

Ziel des Forschungsprojektes ist eine Untersuchung, wie Städte und Gemeinden ihren Gebäudebestand so transformieren können, dass Material-, Energie- und Flächenverbräuche reduziert werden, ohne die öffentliche Daseinsvorsorge einzuschränken. Im Fokus steht die Entwicklung übertragbarer Methoden und Entscheidungsgrundlagen, die ökologische, ökonomische und funktionale Kriterien verbinden und ein strategisches Vorgehen im kommunalen Gebäudemanagement ermöglichen.

Die Forschungsfrage zielt darauf ab, herauszufinden, welche organisatorischen und baulichen Maßnahmen geeignet und ausreichend sind, um die Klimaneutralität des Gebäudebestands mit angemessenem Aufwand zu erreichen. Durch organisatorische Suffizienzmaßnahmen, wie etwa der Verdichtung von Nutzungen, können Energie- und Flächenbedarf der Stadt reduziert werden. Anhand von Modellierungen werden unterschiedliche energetische Sanierungsvarianten evaluiert und umsetzbare Maßnahmen identifiziert, um geeignete Strategien für den Umgang mit dem kommunalen Gebäudebestand zu entwickeln.

Aufgabenstellung und Gegenstand des Projekts ist die Schaffung eines Reallabors zur Untersuchung und Bewertung der Potenziale kommunaler Liegenschaften in Hinblick auf kreislaufgerechte und klimaschonende Transformationsstrategien. Die kommunalen Liegenschaften werden dabei als zentrale Ressource begriffen, deren Weiterentwicklung ein integriertes Zusammenspiel inter- und transdisziplinärer Ansätze voraussetzt. Die Beteiligung diverser Akteur:innen aus Neckargemünd ist zu allen Phasen des Projekts ein wichtiger Bestandteil und wird in unterschiedlichen Formaten erprobt.

Neben Effizienzsteigerungen und der Umstellung auf erneuerbare Energien gewinnen Suffizienz- und Low-Tech-Strategien zunehmend an Bedeutung. Das UBA schlägt vor, den Effizienzhausstandard KfW 55 mittelfristig als Leitstandard der energetischen Sanierung zu etablieren[14]. Die Umsetzung hoher Sanierungsstandards ist jedoch nicht in allen Fällen wirtschaflich sinvoll[10]. Zudem sollten graue Emissionen und der Rohstoffeinsatz in Sanierungsentscheidungen und der Auswahl von Sanierungstiefen berücksichtigt werden[15]. Eine systematische Bestandsaufnahme und die kritische Überprüfung von Flächen- und Nutzungsbedarfen eröffnen Möglichkeiten, den tatsächlichen Raumbedarf zu begrenzen und bestehende Strukturen intensiver zu nutzen.

Für einen konsequenten Erhalt von Bestandsgebäuden bei minimalem Einsatz wiederverwendeter und nachwachsender Baustoffe werden die regional verfügbaren Ressourcen und Handwerksbetriebe erfasst. Ein energiearmer Betrieb kann durch einfache, robuste und wartungsarme Systeme unterstützt werden. Anhand von ausgewählten Case Studies wird ein Low Tech Baukasten entwickelt, ein Katalog für baulich-konstruktive Sanierungsmaßnahmen wie z.B. diffusionsoffene Bauteilaufbauten aus langlebigen und klimagerechten Naturbaustoffen. Anhand von unterschiedlichen Szenarien werden je nach Gebäudetyp ökologisch und ökonomisch angemessene Maßnahmenkombination ausgewählt und auf Quartiersebene skaliert.

Die Arbeitspakete wurden von der Stadt Neckargemünd in Kooperation mit dem Natural Building Lab der Technischen Universität Berlin sowie mit Unterstützung von natureplus e.V. an der Schnittstelle von Forschung und Praxis bearbeitet.

2 ARBEITSPAKETE

Der Forschungsbericht gliedert sich in sieben Arbeitspakete (AP):

AP 01 **Analyse und Dokumentation:** Erfassung und Bewertung des kommunalen Gebäudebestands nach Bauzeit, Konstruktionsweise und Nutzung.

AP 02 **Hinterfragen von Bedarfen (Suffizienz):** Untersuchung von Flächenbedarfen, Nutzungszeiten und Mehrfachnutzungspotenzialen.

AP 03 **Klimaneutraler Low-Tech-Betrieb:** Entwicklung eines Maßnahmenbaukastens zur Energieeinsparung und zur Reduktion technischer Systeme.

AP 04 **Transformation mit kreislaufgerechten und nachwachsenden Rohstoffen:** Analyse von Materialströmen und regional verfügbaren Ressourcen.

AP 05 **Quantifizierung und Modellierung:** Durchführung von Lebenszyklusanalysen (LCA) und Lebenszykluskostenrechnungen (LCC) für repräsentative Gebäudetypen sowie Skalierung der Daten auf das Quartier.

AP 06 **Entwicklung des Re:Source Leitfadens:** Übertragung der Ergebnisse in strategische Empfehlungen für kommunale Entscheidungsprozesse.

AP 07 **Reallabor und Kommunikation:** Beteiligungsformate mit Verwaltung, Politik und Öffentlichkeit sowie Aufbereitung der Ergebnisse für den Wissenstransfer.

2.1 AP01 – ANALYSE UND DOKUMENTATION

2.1.1 EINORDNUNG UND ZIELSETZUNG

AP01 schafft die Grundlage für alle weiteren Arbeitspakete. In diesem ersten Schritt wird der kommunalen Gebäudebestand der Stadt Neckargemünd erfasst, strukturiert und in einer Datenbank, Kurzsteckbriefen und einem Lageplan dokumentiert. Auf Basis der verfügbaren Dokumente werden unter anderem Nutzung, Flächen, Baualtersklassen, Bauweisen, Energieversorgung sowie der bauliche Zustand zusammengetragen und ausgewertet. Ziel ist es, eine detaillierte Übersicht über die Gesamtheit der Kommunalen Liegenschaften zu erarbeiten die als belastbare Entscheidungsgrundlage für die Auswahl prototypischer Gebäude für das Forschungsprojekt dienen. Die entstandene Datenbank kann in Zukunft von der Stadt ergänzt werden um für die Identifizierung von Handlungsbedarfen genutzt zu werden.

2.1.2 METHODISCHES VORGEHEN

2.1.2.1 DATENGRUNDLAGE

Die Untersuchung stützt sich auf vorhandene Dokumente der Stadtverwaltung Neckargemünd. Als Datengrundlage dienten Bauakten, Energieausweise und Flächenaufstellungen aller 46 kommunalen Liegenschaften. Diese Unterlagen wurden systematisch zusammengetragen, strukturiert und für die weitere Analyse aufbereitet. Die Unterlagen lieferten Angaben zu Nutzung, Größe, Baujahr, Bauweise und konstruktivem Aufbau der Gebäude und ermöglichten eine erste Einschätzung des Bestands. Die Qualität und Detailtiefe der verfügbaren Informationen variiert zwischen den einzelnen Liegenschaften. Während für einen Großteil der Gebäude belastbare Angaben zu Flächen und Nutzung vorliegen, sind einzelne Gebäude nur eingeschränkt dokumentiert. Punktuelle Datenlücken, Unschärfen oder Unsicherheiten sind nicht auszuschließen. Datenstand ist September 2025.

2.1.2.2 ARBEITSSCHRITTE

DATENBANK Auf Basis der vorliegenden Dokumente wurde eine einheitlich strukturierte Datenbank zum kommunalen Gebäudebestand von Neckargemünd aufgebaut. Sie enthält zentrale Angaben zu Standort, Nutzung, Bauzeit, Konstruktionsart, Materialien sowie Flächenkennwerten. Ergänzend wurden Informationen zur technischen Ausstattung, zur Heizungsart, zum Energieträger sowie zu verfügbaren Verbrauchsdaten erfasst, soweit diese vorlagen. Ziel der Datenbank ist es, einen systematischen Gesamtüberblick über die kommunalen Liegenschaften zu schaffen und eine Datengrundlage für die folgenden Analysen des Forschungsprojektes bereitzustellen. Darüber hinaus ist sie als fortschreibbares Werkzeug konzipiert, das bei regelmäßiger Aktualisierung der Stadtverwaltung künftig dazu dienen kann, den Überblick über den Gebäudebestand zu behalten und Sanierungs- und Umstrukturierungsprozesse zu unterstützen. Im Rahmen der Datenbankerstellung wurden ausgewählte kommunale Liegenschaften in der flächenbezogenen und energetischen Auswertung vernachlässigt →Abbildung 1. Ausgeschlossen wurden Liegenschaften, bei denen flächenbezogene und energetische Einsparpotenziale im Rahmen der Projektfragestellung aufgrund von Nutzung, Betrieb oder fehlender Beheizung nicht sinnvoll bewertbar sind.

Objektart	Berücksichtigung
Schule	✓
Kindergarten	✓
Verwaltung	✓
Wohngebäude	✓
Betriebsgebäude	✓
Feuerwehr	✓
Kulturstätten	✓
Sporthallen	✓
Lagerhallen	✓
Friedhöfe	✗
Sportplätze	✗
Technische Anlagen	✗
Vereinsgebäude	✗

Abbildung 1 – Untersuchte Typologien
Quelle: eigene Darstellung

KURZSTECKBRIEFE GEBÄUDEBESTAND Für alle einbezogenen Liegenschaften wurden auf Basis der Datenbank Kurzsteckbriefe zur kompakten Darstellung der zentralen Gebäudeinformationen erarbeitet.

LAGEPLAN Zur räumlichen Einordnung der kommunalen Gebäude wurde ein Lageplan mit der Verortung aller kommunalen Gebäude erstellt.

2.1.3 ERGEBNISSE

AUSWERTUNG DATENBANK Insgesamt verwaltet die Stadt 97 kommunale Liegenschaften, darunter 23 technische Anlagen, 7 Friedhöfe sowie selbstverwaltete Vereinsgebäude und Sportanlagen. Diese wurden nicht in die detaillierte Datenbank aufgenommen, da sie für den weiteren Projektverlauf keine Relevanz besitzen. In Abstimmung mit der Stadtverwaltung wurden darüber hinaus weitere Liegenschaften ausgeschlossen, die z.B. nur temporär genutzt werden (z. B. Containeranlagen) oder deren Veräußerung vorgesehen ist (Stand: Februar 2025).
Insgesamt wurden 46 Liegenschaften untersucht und in der Datenbank dokumentiert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass einzelne Standorte mehrere Gebäude umfassen können. Die 46 untersuchten Liegenschaften haben eine Gesamtfläche von rund 60.800 m² Bruttogrundfläche. Im Verhältnis zur Einwohnerzahl liegt die Stadt Neckargemünd mit 4,5m² Bruttogeschossfläche der zu verwaltenden Nichtwohngebäude/ Einwohner:in bei einem hohen kommunalen Flächenbestand. Die meisten Kommunen liegen bei einem Faktor zwischen 3,5 m² und 4 m² / Einwohner:in[16]. Der Bestand ist strukturell vor allem durch schulische, soziale, sportliche und verwaltungsbezogene Nutzungen geprägt. Flächenmäßig dominieren schulische Nutzungen mit rund 22.953 m² BGF, gefolgt von Sporthallen mit 8.981 m². Zusammen entfallen damit mehr als die Hälfte der erfassten Gesamtfläche auf Bildung und Sport. Weitere relevante Flächenanteile umfassen Wohnen, Verwaltung, Kultur und Kindertageseinrichtungen, die jeweils zwischen etwa 4.700 m² und 5.800 m² BGF liegen →Abbildung 2. Nichtwohngebäude machen zwar zahlenmäßig nur einen vergleichsweise kleinen Teil des gesamten Gebäudebestands in Deutschland aus, sind jedoch für mehr als 35% des Endenergieverbrauchs im Gebäudebestand in Deutschland verantwortlich und gelten daher als zentraler Ansatzpunkt für energetische Einsparungen [17]. Der hohe Anteil öffentlicher Nichtwohngebäude im kommunalen Bestand von Neckargemünd unterstreicht somit die Bedeutung einer strategischen, priorisierenden Betrachtung des Gebäudebestands im Hinblick auf Sanierungsbedarf und Einsparpotenziale.

Die Auswertung der Baualtersklassen zeigt, dass der kommunale Gebäudebestand der Stadt Neckargemünd in hohem Maße von älterer Bausubstanz geprägt ist. Von insgesamt 61 erfassten Gebäuden bzw. Gebäudeteilen entfallen 22 auf die Baualtersklasse bis 1918. Weitere 8 Gebäude wurden zwischen 1919 und 1948 errichtet, 9 in den Jahren 1949 bis 1957. Damit stammt ein erheblicher Anteil des Bestands aus Baualtersklassen, die vor der Einführung moderner energetischer Standards errichtet wurden. Jüngere Bauperioden ab den 1960er Jahren sind zahlenmäßig deutlich schwächer vertreten →Abbildung 3.

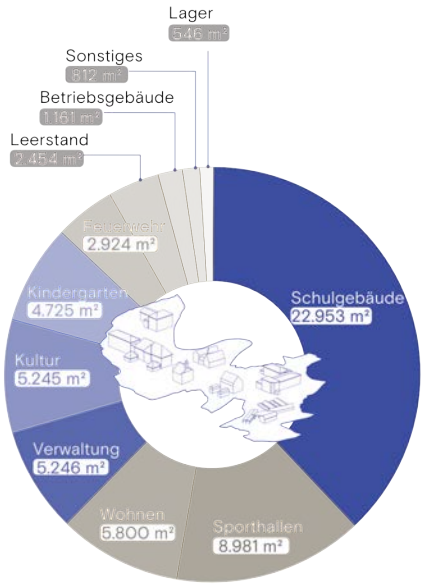


Abbildung 2 – BGF kommunaler Gebäudebestand Neckargemünd nach Nutzungstypen

Quelle: eigene Darstellung auf Datengrundlage Stadtverwaltung Neckargemünd. Stand: 17.05.2025

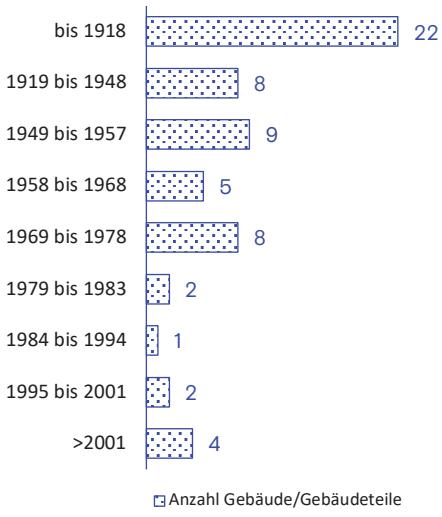


Abbildung 3 - Baualtersstruktur kommunaler Gebäudebestand

Quelle: Daten Stadtverwaltung Neckargemünd Stand: 17.07.2025

Der kommunale Gebäudebestand der Stadt Neckargemünd ist flächenmäßig durch massive mineralische Bauweisen geprägt. Mehr als die Hälfte der erfassten Bruttogrundfläche entfällt mit rund 51 % auf Gebäude in Stahlbetonbauweise, wobei knapp die Hälfte dieser Fläche auf die in den Jahren 2004-2006 errichtete Schule am Alten Postweg 10 entfällt. Weitere 21 % der Gesamtfläche werden durch Mauerwerksbauten eingenommen, während 14 % auf Natursteinbauten entfallen. Die letzteren sind auf die vielen überdurchschnittlich alten Gebäude der Stadt zurückzuführen, die teilweise auch unter Denkmalschutz stehen. Zusammengenommen vereinen diese drei Konstruktionsarten rund 87 % der gesamten Bruttogrundfläche des kommunalen Gebäudebestands →Abbildung 4.

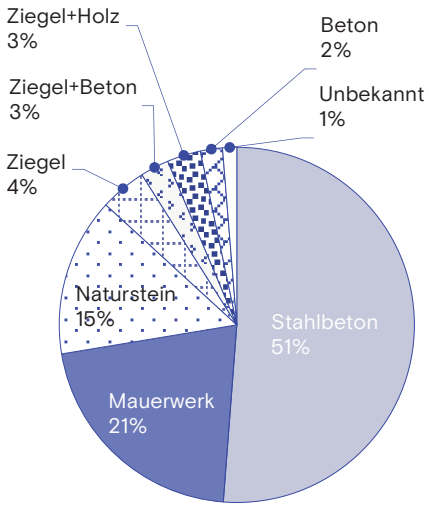


Abbildung 4 – Verteilung Bauweisen kommunaler Gebäudebestand Neckargemünd nach BGF

Quelle: Daten Stadtverwaltung Neckargemünd Stand: 17.07.2025

Die Auswertung der Heizungsenergieträger zeigt, dass Erdgas mit 17 Liegenschaften den am häufigsten eingesetzten Energieträger darstellt, gefolgt von Öl (9 Liegenschaften) und strombasierten Heizsystemen (6 Liegenschaften). Bei 5 Gebäuden ist der Energieträger nicht eindeutig dokumentiert, während 3 Gebäude unbeheizt sind →Abbildung 5. Erneuerbare oder alternative Energieträger wie Pellets (3 Liegenschaften), Stückholz, Fernwärme und Flüssiggas spielen bislang eine untergeordnete Rolle.

KURZSTECKBRIEFE GEBÄUDEBESTAND Die Kurzsteckbriefe dokumentieren die zentralen Bestandsinformationen der einbezogenen Liegenschaften in kompakter Form und sind im Anhang →Gebäudedossiers zusammengestellt.

LAGEPLAN Der Lageplan zeigt, dass die kommunalen Liegenschaften räumlich über das Stadtgebiet verteilt sind. Neben einer Konzentration einzelner Gebäude im Bereich der Kernstadt finden sich kommunale Gebäude auch in den Ortsteilen verteilt. Diese Streuung ist unter anderem durch die Eingemeindung ehemals eigenständiger Ortsteile erklärbar. Diese räumliche Struktur ist als Randbedingung zu berücksichtigen. Es können Synergien vor allem dort entstehen, wo Gebäude räumlich näher beieinander liegen, während außerhalb liegende Standorte stärker auf eigenständige, ortsteilbezogene Lösungen angewiesen sein können. Der Lageplan ist in → Ressourcenanalyse dokumentiert.

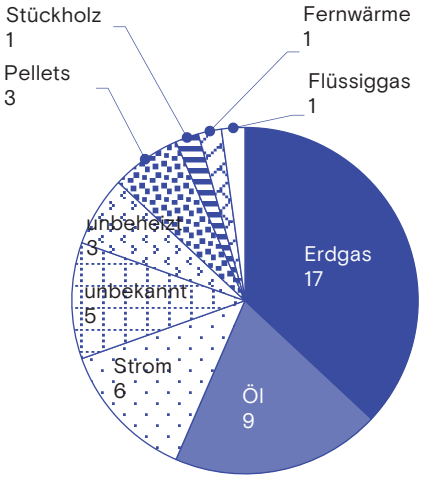


Abbildung 5 – eingesetzte Energieträger kommunaler Bestand Neckargemünd

Quelle: Daten Stadtverwaltung Neckargemünd Stand: 17.07.2025

2.2 AP02 – HINTERFRAGEN VON BEDARFEN

2.2.1 EINORDNUNG UND ZIELSETZUNG

AP02 nimmt die Nutzung kommunaler Gebäude in Neckargemünd in den Blick. Ziel ist es, besser zu verstehen, wie vorhandene Flächen den tatsächlichen Bedarfen entsprechen und wo Entwicklungsspielräume liegen. Ausgangspunkt ist die in der Nachhaltigkeitsforschung breit geteilte Einschätzung, dass Effizienzmaßnahmen und der Einsatz erneuerbarer oder zirkulärer Materialien allein nicht ausreichen, um die Klima- und Ressourcenbelastungen des Bausektors in der erforderlichen Geschwindigkeit zu senken[22], [23]. Aus diesem Grund wird die Suffizienzstrategie als ergänzende Perspektive herangezogen. Sie richtet den Blick weniger auf bauliche oder technische Optimierung, sondern zielt darauf ab den Umfang des Ressourcenverbrauchs insgesamt zu begrenzen. Im Gebäudebereich steht dabei die Nutzung des Bestands im Vordergrund, da die Weiterverwendung vorhandener Flächen einen wesentlichen Beitrag zur Vermeidung von Neubauten und damit zur Reduktion von Ressourcenverbrauch leistet. Dabei soll sie kein Verzicht sein, sie orientiert sich an dem, was sozial und funktional angemessen ist[20], [21].

Mehrere nationale und europäische Strategiepapiere unterstreichen, dass die Transformation des Gebäudebestands nicht ausschließlich über bauliche Einzelmaßnahmen erfolgen kann. Ebenso erfordert sie auch organisatorische und nutzungsbezogene Ansätze. Hierzu werden insbesondere eine intensivere Nutzung bestehender Gebäude, etwa durch die Anpassung von Betriebs- und Belegungszeiten, die Reduktion der Flächeninanspruchnahme pro Kopf und Konzepte der Mehrfachnutzung, beispielsweise in Form von gemeinsamer oder zeitversetzter Nutzung von Räumen, als wirksame suffizienzbezogene Instrumente hervorgehoben[21], [23–27].
Daraus leitet AP02 zwei Untersuchungsdimensionen ab:

- die flächenbezogene Angemessenheit, bewertet mithilfe des Verhältnisses von Fläche und nutzender Person
- die Nutzungsintensität, bewertet mithilfe der jährlichen Belegungszeit der Gebäude

Aspekte wie Low-Tech und das Nutzungsverhalten mit Einfluss auf den Energieverbrauch sind für eine umfassende Gebäudebetrachtung ebenfalls relevant, werden im Forschungsvorhaben jedoch in anderen Arbeitspaketen vertieft behandelt.
Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Suffizienz im Gebäudebereich konzentriert sich bislang überwiegend auf den Wohnungsbau. Für Nichtwohngebäude liegen demgegenüber häufig nur unzureichende und wenig systematisierte Daten zu Flächen, Nutzungen und Belegungszeiten vor[21]. Im Projekt Re:Source Neckargemünd steht durch die enge Kooperation mit der Stadtverwaltung eine detaillierte Datengrundlage für kommunale Nichtwohngebäude zur Verfügung. AP02 wertet diese Daten aus, um Flächennutzung, Nutzungsintensität systematisch zu untersuchen und daraus Ansatzpunkte für Mehrfachnutzungen und weitere Formen der Nutzungsoptimierung abzuleiten. Wohngebäude sind nicht Gegenstand dieses Arbeitspakets. AP02 versteht Gebäude als räumliche Ressource und untersucht, wie die Nutzung bestehender Flächen zur Begrenzung des kommunalen Bauvolumens beitragen kann. Ziel ist es, die Nutzung des bestehenden kommunalen Gebäudebestands transparent darzustellen, räumliche Überhänge und zeitliche Leerstände zu identifizieren und daraus Ansatzpunkte für eine angemessene Flächennutzung abzuleiten. Der Fokus liegt darauf Nutzungsspielräume im Bestand sichtbar zu machen, bevor zusätzliche Ressourcen durch Neubauten in Anspruch genommen werden.

DIE NACHHALTIGKEITSSTRATEGIEN EFFIZIENZ, KONSISTENZ UND SUFFIZIENZ

Jede dieser Strategien verfolgt unterschiedliche Wege zur Reduktion von Umweltbelastungen, steht jedoch in wechselseitiger Beziehung zu den anderen beiden Strategien. Erst ihr Zusammenspiel ermöglicht eine umfassende Transformation des Bauwesens.

Die **EFFIZIENZSTRATEGIE** zielt auf die technische Verbesserung von Prozessen, Systemen und Produkten, um mit weniger Ressourceneinsatz dieselbe Leistung zu erzielen. Sie setzt auf Innovation, Optimierung und Energieeinsparung. Im Gebäudebereich äußert sich dies beispielsweise in wärmegedämmten Fassaden, optimierten Heizsystemen oder dem Einsatz digitaler Steuerungstechnik. Effizienz steigert damit die relative Umweltleistung, ändert aber nicht zwangsläufig auch den tatsächlichen Ressourcenverbrauch, solange die Nachfrage nach Gebäuden, Komfort und Fläche weiter zunimmt[18]. Sie lässt sich technisch gut umsetzen, führt jedoch häufig zu sogenannten Rebound-Effekten, wenn Einsparungen durch Mehrverbrauch aufgehoben werden[19].

Die zentralen Ansätze der **KONSISTENZSTRATEGIE** sind der Einsatz erneuerbarer Energien, die Nutzung schadstoffarmer und kreislauffähiger Materialien sowie die Etablierung zirkulärer Bau und Produktionsprozesse [18].

Die **SUFFIZIENZSTRATEGIE** ergänzt die Effizienz und Konsistenz, indem sie die Frage nach der Angemessenheit stellt und darauf abzielt, den Ressourcenverbrauch grundlegend zu verringern[20]. Suffizienz zielt auf eine absolute Reduktion der Verbräuche und stellt damit die einzige Strategie dar, die eine direkte Begrenzung von Flächen, Material und Energie ermöglicht. Sie wird nicht als Verzicht, sondern als bewusste Orientierung an sozial und funktional angemessene Bedarfe verstanden[21].

2.2.2 METHODISCHES VORGEHEN

2.2.2.1 DATENGRUNDLAGE

Die Untersuchungen des AP02 basieren auf den folgenden Datenquellen. Stand der Erhebung ist November 2025.

GEBÄUDE UND FLÄCHENDATEN Es wurden vorhandene Dokumente und Datensätze der Stadtverwaltung Neckargemünd ausgewertet, wie Grundrisse, Raumlisten und Flächenkennwerte wie Bruttogrundfläche und Nettogrundfläche. Ergänzend wurden Informationen aus eigenen Begehungen miteinbezogen. Die Daten bilden die Grundlage für die Zuordnung von Räumen, Raumgrößen und Nutzungsarten je Gebäude.

NUTZUNGS- UND BELEGUNGSDATEN Nutzungsdaten einzelner Gebäude wurden durch Gespräche mit Nutzenden, Angaben der Einrichtungen sowie ergänzend durch Recherche öffentlich verfügbarer Öffnungszeiten erhoben. Erfasst wurden Nutzungsstunden je Wochentag, die Anzahl der Nutzungstage pro Jahr sowie die Zahl der für die jeweilige Typologie relevanten Nutzenden.

REFERENZ UND ZIELWERTE Für die Ableitung typologischer Zielwerte wurden einschlägige Richtlinien und Fachpublikationen herangezogen.

2.2.2.2 ARBEITSSCHRITTE

AUSWAHL DER TYPOLOGIEN Die Auswahl der untersuchten Typologien erfolgte anhand ihres Flächenanteils im gesamten kommunalen Gebäudebestands sowie ihrer grundsätzlichen Eignung für eine vergleichende Analyse von Flächennutzung und Nutzungsintensität. Ziel war es, mit begrenztem Untersuchungsumfang Gebäudetypen zu betrachten, bei denen organisatorische und zeitliche Anpassungen der Nutzung grundsätzlich möglich und vergleichbar sind. In die Analyse einbezogen wurden Schulgebäude, Verwaltungsgebäude, Kindertageseinrichtungen und Kulturgebäude →Abbildung 2. Sporthallen wurden trotz ihres hohen Flächenanteils nicht vertieft untersucht, da sie eine stark spezialisierte Nutzungslogik aufweisen, bereits durch unterschiedliche Nutzergruppen intensiv belegt sind und zeitliche Mehrfachnutzung dort in der Praxis weitgehend etabliert ist. Wohnnutzungen wurden aus der Analyse ausgeklammert, da der Fokus von AP 02 auf kommunalen Nichtwohngebäuden liegt.

ZIELWERTE ALS BEWERTUNGSMAßSTAB Zur Bewertung der räumlichen Angemessenheit und der Nutzungsintensität kommunaler Gebäude wurden typologiespezifische Zielwerte definiert. Die Zielwerte dienen nicht als normative Vorgaben, sondern als analytische Referenzgrößen, um Ist-Zustände vergleichbar einordnen zu können. Sie beziehen sich auf zwei Dimensionen: die angemessene Flächennutzung in Quadratmetern pro nutzende Person (m²/Person) sowie die angestrebte Nutzungsintensität in jährlichen Nutzungsstunden (h/a).
Grundlage bilden die Suffizienzindikatoren zur Angemessenheit nach Hock (2025, noch nicht veröffentlicht). Für Typologien, für die in Hocks Arbeit keine Zielwerte ausgewiesen sind, wurden ergänzende Referenzwerte aus Fachpublikationen und statistischen Angaben herangezogen und an die Zielwertlogik Hocks angepasst.
Ausgehend von der Annahme, dass eine kontinuierliche Nutzung am Nachmittag und am Wochenende einen relevanten Beitrag zu suffizienten Gebäudestrategien leisten kann[28], wurden die Zielwerte zur jährlichen Nutzungsintensität für dieses Projekt einheitlich erweitert. Ergänzt wurden eine Nachmittagsnutzung an drei Wochentagen sowie eine zusätzliche Nutzung am Samstag. Die

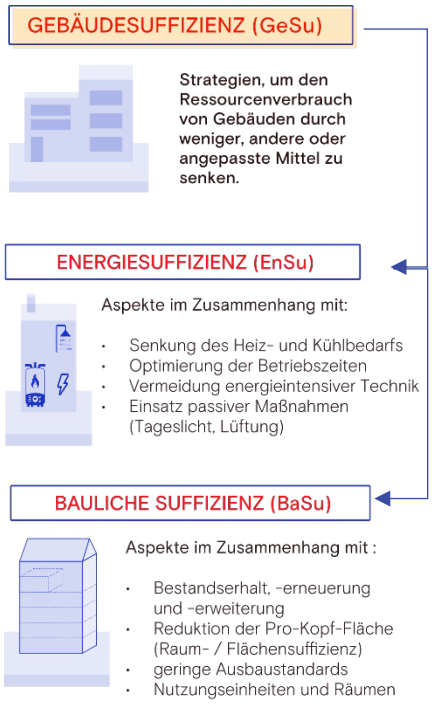


Abbildung 6 – Unterteilung der Gebäudesuffizienz

Quelle: eigene Darstellung nach [21]

Annahmen und die daraus resultierenden Zielwerte sind im Anhang in →Anhang 1 dokumentiert.

FLÄCHENNUTZUNG UND NUTZUNGSINTENSITÄT Auf Basis der definierten Zielwerte wird der kommunale Gebäudebestand Neckargemünds in den zwei Dimensionen bewertet: der räumlichen Angemessenheit (Fläche pro Person) und der Nutzungsintensität (Zeitliche Nutzung im Jahr). Beide Dimensionen werden getrennt berechnet, jedoch gemeinsam ausgewertet.
Für die flächenbezogene Bewertung wird die nutzungsspezifische Fläche eines Gebäudes auf die Anzahl der nutzenden Personen bezogen. Daraus ergibt sich ein Ist-Wert der Flächennutzung pro Person. Bei Gebäuden mit mehreren Nutzungen werden ausschließlich die Flächen der jeweils untersuchten Nutzung berücksichtigt. Flächen anderer Nutzungen, die nicht zum Untersuchungshorizont gehören, z.B. Wohnen, bleiben unberücksichtigt. Die ermittelten Ist-Werte werden den typologiespezifischen Zielwerten gegenübergestellt. Liegt der Ist-Wert über dem Zielwert, wird rechnerisch mehr Fläche in Anspruch genommen, als nach dem angesetzten Referenzwert als angemessen gilt. Dies kann auf eine potenzielle Flächenreserve hindeuten.

Die zeitliche Nutzungsintensität wird als Verhältnis der jährlichen IST-Nutzungsstunden zum jeweiligen Zielwert ermittelt und in Prozent dargestellt. Der Wert dient der vergleichenden Einordnung der zeitlichen Auslastung. Die gemeinsame Betrachtung von Flächennutzung und Nutzungsintensität ermöglicht eine erste Einschätzung des Handlungspotenzials im kommunalen Gebäudebestand. Gebäude oder Gebäudeteile, die viel Fläche pro nutzende Person beanspruchen und zugleich nur eine geringe zeitliche Nutzung aufweisen, können als Ansatzpunkte für weiterführende Prüfungen dienen, etwa im Hinblick auf organisatorische Anpassungen, Mehrfachnutzung oder andere Formen der Nutzungsoptimierung. Die Ergebnisse sind keine Bewertung der Arbeit vor Ort, sondern nur eine rechnerische Einordnung der Flächeninanspruchnahme und Nutzungsintensität der Gebäude.

EINBEZUG ZUKÜNFTIGER ANFORDERUNGEN Ergänzend wurden ausgewählte, sich verändernde Anforderungen der kommunalen Daseinsvorsorge betrachtet und aus Sicht der Gebäudesuffizienz untersucht. Ziel war es, mögliche Auswirkungen auf die Nutzung des bestehenden Gebäudebestands abzuleiten und diese in die weitere Bewertung einzubeziehen.

ABLEITUNG GEBÄUDEBEZOGENER MAßNAHMEN Im Anschluss wurden bestehende Ansätze zur Suffizienz im kommunalen Gebäudebestand ausgewertet und thematisch geordnet. Ausgangspunkt bildeten die vom BBSR beschriebenen Ansatzpunkte der Suffizienz im Gebäudebereich: Reduktion, Substitution und Anpassung. Die in der Literatur beschriebenen Suffizienzansätze wurden in drei Ebenen gegliedert:

A Übergeordneten Politikinstrumente
B Kommunale Rahmenbedingungen
C Gebäudebezogene Maßnahmen

Die Ebenen A und B wurden dabei größtenteils aus der Literatur übernommen und dienen der inhaltlichen Einordnung der gebäudebezogenen Maßnahmen. Die gebäudebezogene Ebene C wurde anschließend vertieft betrachtet. Im Fokus standen Maßnahmen, die unmittelbar den Umgang mit dem baulichen Bestand, die Flächennutzung sowie die Organisation von Nutzung betreffen. Die gebäudebezogenen Maßnahmen wurden aus den bestehenden Literaturansätzen abgeleitet, konkretisiert und zu thematisch zusammenhängenden Maßnahmen gebündelt. Ziel war es, Ansätze herauszuarbeiten, die eine suffiziente Weiterentwicklung des Gebäudebestands ermöglichen, den Umgang mit zukünftigen Anforderungen und möglichen zusätzlichen Flächenbedarfen im Bestand unterstützen und anschließend auf die in Neckargemünd analysierten Gebäudetypologien angewendet werden können.

2.2.3 ERGEBNISSE

2.2.3.1 ZUKÜNFITGE ANFORDERUNGEN

BILDUNG UND BETREUUNG Mit dem Inkrafttreten des Ganztagsförderungsgesetzes (GaFöG) besteht ab dem Schuljahr 2026/27 ein bundesweiter Rechtsanspruch auf ganztägige Betreuung für Kinder im Grundschulalter[29]. Das Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend geht für Baden-Württemberg bis 2029/30 von einem deutlichen Anstieg des Platzbedarfs im Grundschulganztag aus [30]. Bevölkerungsprognosen zeigen zudem, dass die Zahl der Kinder im Grundschulalter in Deutschland bis etwa 2035 leicht ansteigen wird, bevor sie langfristig wieder zurückgeht [31], was die Nachfrage nach Bildungs- und Betreuungsangeboten vorübergehend erhöht. Damit steigen die Anforderungen an Betreuung, Verpflegung und Aufenthaltsqualitäten an Schul-, sowie Betreuungsstandorten wie Kindertagesstätten. Diese zusätzlichen Bedarfe müssen jedoch nicht automatisch zu Neubau oder Flächenausweitung führen. In Ganztagsschulen können räumliche Anforderungen vorrangig durch flexible Raumstrukturen, Mehrfachnutzung, offene Lern- und Funktionsbereiche sowie die zeitliche Überlagerung von Unterricht, Betreuung und Freizeitangeboten gedeckt werden[32]. Auch im Übergang zwischen Kita und Grundschule werden in aktuellen Programmen Ansätze verfolgt, die eine stärkere Verzahnung der Institutionen unterstützen. Die gemeinsame Nutzung geeigneter Räume und Außenflächen als Baustein, um Übergänge zu erleichtern und vorhandene räumliche Ressourcen effizienter zu nutzen[33]. Damit zeigt sich, dass zukünftige Bedarfe im Bereich Bildung und Soziales häufig durch organisatorische und räumliche Suffizienzstrategien im Bestand unterstützt werden können und nicht primär durch Neubauten.

DEMOGRAFISCHER WANDEL Der demografische Wandel gehört zu den zentralen langfristigen Trends, die Städte und Gemeinden in Deutschland strukturell beeinflussen. So führt der demografische Wandel in vielen Regionen zu einer Alterung der Bevölkerung[34], zu einer Zunahme von Einpersonen- und Kleinhaushalten[35], zu einer größeren Vielfalt von Lebens- und Familiensituationen, die unterschiedliche Anforderungen an Gebäude und Angebote der Daseinsvorsorge stellen[36] sowie auch teilweise zu Fachkräftemangel, z.B. in der Verwaltung. Eine alternde Bevölkerung geht mit veränderten Bedarfen an wohnortnahen, barrierearmen und niedrigschwelligen Angeboten einher, während zugleich Angebote für Kinder, Jugendliche und Familien weiterhin vorzusehen sind. Diese Veränderungen können die Funktionsweisen von Schulen, Verwaltungsgebäuden, sozialen Einrichtungen oder Kultur- und Bildungsbauten beeinflussen und fordern möglicherweise eine Anpassung bestehender Gebäudestrukturen.

→ Das Handbuch Schulen planen und bauen stellt einen umfassenden Überblick zu Planungsprozessen, Phase Null und aktuellen Anforderungen an Schulbauten im Kontext von Ganztag und pädago-gischer Entwicklung bereit: www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/9783986122249

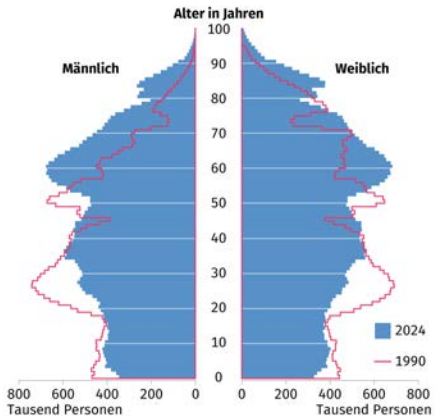


Abbildung 7 – Altersverteilung der Bevölkerung 2024 im Vergleich zu 1990

Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), 2025.

EHRENAMT UND SOZIALE RÄUME Gut zugängliche Räume, für Begegnung, Austausch und soziale Integration im Alltag, sind ein wichtiger Bestandteil einer gemeinwohlorientierten Stadtentwicklung Entscheidend ist dabei nicht nur ihre bauliche Qualität, sondern vor allem, ob sie im Alltag tatsächlich nutzbar, erreichbar und in das Quartier eingebunden sind Gerade gemeinschaftlich genutzte Räume können unterschiedliche Funktionen aufnehmen, etwa ehrenamtliche Angebote, soziale Unterstützung, Beratung, Lernen oder nachbarschaftliche Aktivitäten. Sie lassen sich deshalb nicht immer eindeutig einem bestimmten Gebäudetyp zuordnen und liegen häufig zwischen öffentlicher Daseinsvorsorge und zivilgesellschaftlichem Engagement. Damit solche Nutzungen dauerhaft funktionieren, braucht es klare Regelungen zu Zugang, Abstimmung, Verantwortung und Betrieb[37].

VERWALTUNG UND ÖFFENTLICHE DIENSTLEISTUNGEN Die fortschreitende Digitalisierung, hybride Arbeitsmodelle sowie Konzepte von New Work und agilem Arbeiten verändern interne Abläufe ebenso wie die räumlichen Anforderungen an Verwaltungsgebäude. Analysen zeigen, dass sich der Bürobereich infolge von Homeoffice, mobilen Arbeitsformen und projektorientierter Zusammenarbeit im Umbruch befindet und klassische, dauerhaft zugeordnete Einzelarbeitsplätze an Bedeutung verlieren. Bei einem Home-Office Anteil von 20% ist laut BBSR ein Einsparpotenzial von rund zwei Drittel der aktuellen Büroflächen zu erwarten[38].

ÖFFENTLICHE SICHERHEIT Zur kommunalen Daseinsvorsorge gehören auch Aufgaben der Gefahrenabwehr, wie Feuerwehr und Rettungsdienste[39]. Diese Bereiche unterliegen spezifischen funktionalen, technischen und organisatorischen Anforderungen, die sich im Zeitverlauf verändern können, etwa durch neue gesetzliche Vorgaben, technische Entwicklungen oder veränderte Einsatzprofile. Für die Bewertung kommunaler Gebäude ist können Flächen in diesem Bereich nicht allein nach ihrer aktuellen Auslastung beurteilt werden. Wird Mehrfachnutzung zukünftig mitgedacht, muss deshalb genauer zwischen einsatzkritischen Bereichen und ergänzend nutzbaren Räumen unterschieden werden. Nicht einsatzkritische Räume (Schulungs-, Besprechungs- oder Gemeinschaftsräume) können Potenziale für Mehrfachnutzungen bieten

2.2.3.2 FLÄCHENNUTZUNG UND NUTZUNGSINTENSITÄT

SCHULEN Der betrachtete Schulbestand umfasst fünf Standorte mit einer Gesamtbruttogrundfläche von 22.912 m². Die Gebäude unterscheiden sich deutlich in ihrer Größe und Struktur. Neben eigenständigen Schulgebäuden finden sich Gebäude mit Untergliederungen nach Schulformen sowie ein Standort mit ergänzenden Mischnutzungen auf →Anhang 2 - Übersicht Schulgebäude Neckargemünd. Die Auswertung der flächenbezogenen Kennwerte zeigt ein differenziertes Bild auf Einzelstandortebene. Die ermittelte spezifische Nutzfläche pro Schüler:in liegt im Gesamtmittel bei 6,29 m² und damit nahe am hergeleiteten typologischen Zielwert von 6,57 m². Auf Ebene des Gesamtbestands ergibt sich somit kein rechnerisches Flächenübermaß. Auf Ebene der einzelnen Standorte zeigen sich Abweichungen von den Referenzwerten der spezifischen Nutzfläche pro Schüler:in. Mehrere Schulen liegen unterhalb des Zielwerts, während einzelne Standorte rechnerisch darüber liegen.

Auffällig ist vor allem der Standort Im Spitzerfeld 33 mit knapp 15 m² pro Schüler:in. Dieser Wert ist jedoch nicht als flächenbezogene Überversorgung zu bewerten, da es sich um eine sonderpädagogische Schule handelt, für die in der Fachliteratur keine belastbaren typologischen Richtwerte vorliegen. Die herangezogenen Referenzwerte beziehen sich auf allgemeinbildende Schulen und sind auf diesen Standort nur eingeschränkt übertragbar. Auf Ebene des Gesamtbestands gleichen sich Über- und Unterschreitungen weitgehend aus, sodass sich keine pauschalen flächenbezogenen Reduktionspotenziale für den Schulbestand ableiten lassen →Anhang 3. Betrachtung der Nutzungsintensität zeigt, dass die Schulgebäude überwiegend an fünf Werktagen genutzt werden. Die jährlichen IST-Nutzungsstunden liegen an allen Standorten deutlich unter dem typologischen Zielwert von 2.640 Stunden pro Jahr. Die erreichte Nutzungsintensität variiert zwischen 39 und 67% und beträgt im Mittel etwa 57%. Insgesamt wird die zeitliche Nutzung der Gebäude nicht ausgeschöpft →Anhang 4. Hinblick auf die anstehende Aufgabe der Ganztagsbetreuung, die auch auf Neckargemünd zukommt, sollten diese vorhandenen Kapazitäten geprüft werden. Zudem sind auch andere kommunale Liegenschaften, wie Kitas oder Verwaltungsgebäude in Schulnähe, in die Betrachtung einzubeziehen, um Möglichkeiten zur Umsetzung der Ganztagsschule im Bestand zu prüfen, bevor Neubauten in Erwägung gezogen werden.

SCHULE — 5 GEBÄUDE

	Fläche pro Person [m²/Person]
Zielwert	⌀ 6,6
Ist-Wert	⌀ 6,3
Bewertung	angemessen

	Nutzungsstunden im Jahr [h/a]
Zielwert	2.640
Ist-Wert	⌀ 1.500
Bewertung	57 % Auslastung

Abbildung 8 – Auswertung Flächennutzung und Nutzungsintensität Schulgebäude

Quellen: eigene Berechnungen mit Plänen der Stadtverwaltung Neckargemünd, Auskunft von der Stadtverwaltung. Stand: Nov. 2025. Herleitung Zielwerte: siehe Tabelle Anhang 1

VERWALTUNG Der betrachtete Verwaltungsbestand umfasst mehrere Standorte mit einer Gesamtbruttogrundfläche von 4.199 m². Neben eigenständigen Verwaltungsgebäuden finden sich zwei Gebäude mit gemischter Nutzung, bei denen Verwaltungsflächen mit weiteren Funktionen wie Schule, Feuerwehr oder Wohnen kombiniert sind. Für die Auswertung wurden ausschließlich die Flächen berücksichtigt, die der Verwaltungsnutzung zugeordnet ist. →Anhang 5.

Die Analyse der Flächennutzung zeigt, dass die spezifische Nutzfläche pro Mitarbeitenden im Durchschnitt 33 m² beträgt und damit deutlich über dem angesetzten typologischen Zielwert von 13 m² pro Person liegt. An allen betrachteten Standorten werden die Referenzwerte überschritten. Besonders hohe Kennwerte treten in kleineren Verwaltungseinheiten mit geringer Personenzahl auf. Insgesamt ergibt sich rechnerisch ein theoretisches Flächenpotenzial von rund 1.346 m², das sich auf wenige Standorte konzentriert →Anhang 6.

Die Betrachtung der Nutzungsintensität zeigt, dass die Verwaltungsgebäude überwiegend an fünf Werktagen genutzt werden, mit durchschnittlich etwa 11 Nutzungsstunden pro Tag. Die jährlichen IST-Nutzungsstunden liegen unter dem festgelegten Zielwert von 3.161 Stunden pro Jahr. Die erreichte Nutzungsintensität variiert standortabhängig zwischen 81 und 86% und liegt im Mittel bei rund 84% →Anhang 7.

VERWALTUNG — 3 GEBÄUDE

	Fläche pro Person [m²/Person]
Zielwert	13
Ist-Wert	⌀ 33
Bewertung	ca. 1.345 m² Überschuss

	Nutzungsstunden im Jahr [h/a]
Zielwert	3.161
Ist-Wert	⌀ 2.655
Bewertung	84 % Auslastung

Abbildung 9 – Auswertung Flächennutzung und Nutzungsintensität Verwaltungsgebäude

Quellen: eigene Berechnungen mit Plänen der Stadtverwaltung Neckargemünd, Auskunft von der Stadtverwaltung. Stand: Nov. 2025. Herleitung Zielwerte: siehe Tabelle Anhang 1

KINDERGÄRTEN Die sieben Kindergartengebäude der Stadt umfassen zusammen eine Bruttogrundfläche von 4.424 m². Die einzelnen Gebäude unterscheiden sich in ihrer Größe, mit Flächen zwischen etwa 430 bis knapp über 1.000 m² BGF. An zwei Standorten ist zusätzlich eine Wohnnutzung verzeichnet, während die übrigen fünf Gebäude ausschließlich als Kindertageseinrichtung genutzt werden →Anhang 8.

Die Analyse der Flächennutzung zeigt, dass die spezifische Nutzfläche pro Kind im Durchschnitt 7,0 m² beträgt und damit über dem in der Literatur genannten Mindestwert von 4,5 m² pro Kind liegt. Während einzelne Einrichtungen innerhalb des Zielkorridors von 4,5 bis 6,5 m² pro Kind

liegen, überschreiten mehrere Standorte den Referenzwert deutlich. Wird für die rechnerische Bewertung konsequent der Mindestwert von 4,5 m² pro Kind herangezogen, überschreiten alle betrachteten Standorte diesen Wert. Daraus ergibt sich ein theoretisches flächenbezogenes Potenzial von insgesamt 777 m² →Anhang 9.

Die Auswertung der Nutzungsintensität zeigt, dass die Kindergartengebäude überwiegend an fünf Werktagen genutzt werden. Die jährlichen IST-Nutzungsstunden liegen bei allen Standorten unter dem festgelegten Zielwert von 2.968 Stunden pro Jahr. Die erreichte Nutzungsintensität variiert zwischen 51 und 76% und liegt im Mittel bei etwa 64%. Insgesamt ist die zeitliche Nutzung der Kindergartengebäude damit vergleichsweise gering ausgeprägt →Anhang 10.

KULTUR (MUSEUM, BIBLIOTHEK) Für die vorliegende Auswertung wird ein einzelner Standort betrachtet, da nur für diese Einrichtungen belastbare Daten zur Nutzungsintensität vorliegen. Weitere Kulturgebäude bleiben daher unbewertet. Das Gebäude beherbergt sowohl ein Museum als auch eine Bibliothek. Die Analyse der Nutzungsintensität zeigt, dass Museum und Bibliothek deutlich unter den angesetzten typologischen Referenzwerten liegen. Auf der Ebene des Gesamtgebäudes ergeben sich jährliche IST-Nutzungsstunden von rund 1.100 Stunden bei einem Zielwert von 3.010 Stunden. Daraus ergibt sich eine Nutzungsintensität von rund 37%. In der Betrachtung der einzelnen Nutzungen im Gebäude liegen die Werte für die Bibliothek mit rund 886 Stunden pro Jahr bei etwa 29% und für das Museum mit rund 624 Stunden pro Jahr bei etwa 21% Nutzungsintensität →Anhang 12. Die Ergebnisse weisen damit auf ein mögliches Suffizienzpotenzial hin. Bei kulturellen Einrichtungen ist jedoch zu berücksichtigen, dass kommunale Entscheidungen nicht allein auf Grundlage von Auslastungskennwerten getroffen werden. Vielmehr können auch soziale, kulturelle und politische Funktionen, etwa als Orte der Bildung, Begegnung und Teilhabe, eine eigenständige Rechtfertigung für Vorhaltung und Betrieb darstellen.

GESAMTBETRACHTUNG Die zusammenfassende Auswertung des kommunalen Gebäudebestands zeigt, dass sich der Handlungsbedarf je nach Nutzungstyp unterscheidet. Der Vergleich der jährlichen IST-Nutzungsstunden mit den angesetzten Zielwerten für die jährlichen Nutzungsstunden zeigt, dass die zeitliche Nutzung in den meisten Typologien teilweise deutlich unter den Zielwerten liegt. Schulen erreichen im Mittel rund 57% →Abbildung 8 , Kindergärten etwa 64% →Abbildung 10 und die betrachtete Kultureinrichtung 37% →Abbildung 11 der Zielwerte. Der Verwaltungsbereich weist mit rund 84% eine vergleichsweise hohe zeitliche Auslastung auf →Abbildung 9. Dabei ist zu betonen, dass die Zielwerte vor allem als Vergleichsmaßstab dienen. Gerade bei Kultureinrichtungen müssen sie mit Blick auf politische und soziale Ziele der Kommune eingeordnet werden.

Neben der zeitlichen Nutzung zeigt sich insbesondere im Verwaltungsbestand ein deutlicher Flächenüberschuss. Dieser tritt in allen 3 Standorten auf und gleicht sich auch innerhalb dieser nicht aus. Die erhöhten Flächenkennwerte pro mitarbeitende Person weisen hier auf einen strukturellen Handlungsbedarf hin. In anderen Typologien treten flächenbezogene Über- oder Unterdeckungen überwiegend standortbezogen auf oder gleichen sich im Gesamtbestand teilweise aus, etwa im Schulbereich. In Kindertageseinrichtungen ergeben sich rechnerische Überschüsse, die vor dem Hintergrund schwankender Kinderzahlen und Gruppenbelegungen einzuordnen sind.

KINDERGARTEN — 6 GEBÄUDE

	Fläche pro Person [m²/Person]
Zielwert	⌀ 4,5
Ist-Wert	⌀ 7,0
Bewertung	ca. 777 m² Überschuss

	Nutzungsstunden im Jahr [h/a]
Zielwert	2.968
Ist-Wert	⌀ 1.900
Bewertung	64 % Auslastung

Abbildung 10 – Auswertung Flächennutzung und Nutzungsintensität Kindergartengebäude

Quellen: eigene Berechnungen mit Plänen der Stadtverwaltung Neckargemünd, Auskunft von der Stadtverwaltung. Stand: Nov. 2025. Herleitung Zielwerte: siehe Tabelle Anhang 1

MUSEUM/BIBLIOTHEK — 1 GEBÄUDE

	Nutzungsstunden im Jahr [h/a]
Zielwert	3.010
Ist-Wert	⌀ 1.107
Bewertung	37 % Auslastung

Abbildung 11 – Auswertung Flächennutzung und Nutzungsintensität Museum/Bibliothek

Quellen: eigene Berechnungen mit Plänen der Stadtverwaltung Neckargemünd, Auskunft von der Stadtverwaltung. Stand: Nov. 2025. Herleitung Zielwerte: siehe Tabelle Anhang 1

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass vor der Schaffung zusätzlicher Neubauflächen systematisch geprüft werden sollte, ob bestehende Bedarfe durch bessere Auslastung, eine Reorganisation von Nutzungen sowie durch zeitliche oder räumliche Mehrfachnutzung gedeckt werden können. Neubau ist vor diesem Hintergrund eine nachrangige Option und wird erst erforderlich, wenn funktionale Mindestanforderungen im Bestand auch unter Berücksichtigung der identifizierten Flächen- und Zeitpotenziale nicht erfüllbar sind.

Die Analyse basiert auf zusammengefassten Kennwerten auf Gebäudeebene. Einzelne Räume sowie deren spezifische Belegungszeiten wurden nicht gesondert betrachtet. Eine ergänzende raumbezogene Analyse könnte daher weitere Nutzungspotenziale aufzeigen. Fragen zur konkreten Umsetzbarkeit von Mehrfachnutzungen, zu möglichen Nutzungskonflikten sowie zu organisatorischen und funktionalen Anforderungen sind gesondert zu prüfen.

ABLEITUNG GEBÄUDEBEZOGENER MAßNAHMEN Die Umsetzung von Suffizienz im kommunalen Gebäudebestand hängt wesentlich von übergeordneten politischen Rahmenbedingungen ab. Diese Rahmenbedingungen entziehen sich weitgehend dem direkten Einfluss der Kommunen, sind jedoch für die Umsetzung gebäudebezogener Suffizienzmaßnahmen entscheidend. Diese umfassen Instrumente und Leitlinien auf Bundes- und Landesebene, etwa im Bereich Förderpolitik, Planungsrecht oder Normensetzung und sind in →Anhang 13 - A zusammengefasst.
Auf kommunaler Ebene wurden Maßnahmen identifiziert, die als zentrale Voraussetzung für die Umsetzung von Gebäudesuffizienz dienen. Diese kommunalen Rahmenbedingungen bilden die Schnittstelle zwischen den übergeordneten politischen Instrumenten und den konkret gebäudebezogenen Suffizienzmaßnahmen. Sie sind somit konkrete Aufgaben der Stadtverwaltung Neckargemünd und sind in →Anhang 13– B zusammengefasst. Für die Maßnahmen A1, A2, B1 und B2 lassen sich die Unterlagen und Ergebnisse des Forschungsprojektes direkt als Ausgangspunkt nutzen, um Suffizienz in die weitere Planung bzw. Umsetzung zu integrieren.

Die Gebäudebezogene Suffizienzmaßnahmen →Anhang 13– C und die beispielhafte Anwendung dieser auf die untersuchten Typologien in Neckargemünd zeigen, dass sich gebäudebezogene Suffizienz je nach Typologie unterschiedlich umsetzen lässt. Im Schulbereich geht es vor allem um die Verzahnung von Unterricht und Ganztag, die gemeinsame Nutzung von Räumen und eine Öffnung nach Unterrichtsschluss und am Wochenende. Im Verwaltungsbereich stehen neben der Vermeidung von Überdimensionierung vor allem eine bessere Auslastung während und außerhalb der Bürozeiten, flexiblere Arbeitsplatzmodelle sowie der Abbau von Archivflächen durch Digitalisierung im Mittelpunkt. Für Kindertageseinrichtungen ist zu prüfen, wie eine Nutzung außerhalb der Kernzeiten möglich ist, ohne Schutzbedarfe, Abläufe und Qualitätsanforderungen zu beeinträchtigen. Bei Kultureinrichtungen ist die vergleichsweise geringe zeitliche Auslastung im Zusammenhang mit kulturpolitischen und sozialen Funktionen einzuordnen Bibliotheken werden als „Dritte Orte“ beschrieben, als niedrigschwellige Orte für Begegnung, Lernen und Aufenthalt[40]. Daraus ergeben sich typische Mehrfachnutzungen wie Veranstaltungen, Lern- und Gruppenräume, Beratung und flexible Arbeitsplätze, die zu einer besseren Auslastung der Gebäude beitragen können. Viele Maßnahmen können somit ohne aufwändige bauliche Eingriffe starten, sofern Zuständigkeiten, Belegungsregeln und ein Nutzungsmanagement feststehen.

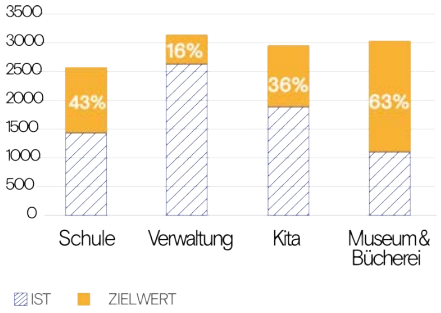


Abbildung 12 – Vergleich Nutzungsstunden pro Jahr zu Zielwert Nutzungsstunden pro Jahr

NUTZUNGSSTUNDEN PRO JAHR

Über alle betrachteten Schul-, Kita-, Verwaltungs- und Kulturflächen hinweg zeigt sich damit, dass circa 32.500 m² kommunaler Gebäudefläche im Jahresverlauf rechnerisch nur zu etwa 60 Prozent der angesetzten Ziel-Nutzungsstunden genutzt werden. Entsprechend bleiben diese Flächen rund 40 Prozent der möglichen Nutzungszeit ungenutzt.

2.3 AP03 – KLIMANEUTRALER LOW-TECH BETRIEB

2.3.1 EINORDNUNG UND ZIELSETZUNG

Ziel von AP03 ist die Entwicklung eines Low-Tech Maßnahmenbaukastens, um einen möglichst klimaneutralen Betrieb der kommunalen Gebäude zu ermöglichen. Dabei wurden Sanierungsstrategien für die Bestandsgebäude untersucht, da Neubau wie in AP02 beschrieben, eine nachrangige Option sein sollte. Der Großteil der Emissionen eines Gebäudes entsteht in der Bauphase. Im Baukulturbericht 2022/23 der Bundesstiftung Baukultur wird darauf hingewiesen, dass es aus ökologischer Hinsicht sinnvoller ist, wenn möglich, ein Gebäude zu erhalten und umzubauen als einen energieeffizienten Neubau zu errichten[41].

Auch auf Grund von negativen Erfahrungen der Stadt Neckargemünd im Betrieb der Passivhaus Schule (am Alten Postweg 10) wurden im AP03 Maßnahmen untersucht, die den klimaneutralen Betrieb der kommunalen Gebäude mit möglichst geringem Einsatz von Technik ermöglichen. Diese orientieren sich an Low-Tech Ansätzen - das einfache und robuste Sanieren durch passive Strategien und die Performance von langlebigen und feuchtesteuernden Naturbaustoffen. Für die Entwicklung des Low-Tech Baukastens wurden mit Hilfe der Datenbank aus AP01 elf prototypische Gebäude ausgewählt, um die Maßnahmen an einer exemplarischen Auswahl unterschiedlicher Gebäude zu testen.

2.3.2 METHODISCHES VORGEHEN

2.3.2.1 DATENGRUNDLAGE

ENERGIE Die energetische Bewertung der ausgewählten Case Studies basiert auf einer modellgestützten Verbrauchs- und Emissionsbilanzierung im Gebäudebetrieb. Als Rechenwerkzeug wurde die Energieberatungssoftware Hottgenroth eingesetzt. Grundlage der Modellierung waren eigenständig durchgeführte Bauaufnahmen. Die Berechnung dient der einheitlichen Vergleichbarkeit der untersuchten Gebäude und Varianten (AP05), sie ersetzt keine objektspezifische Fachplanung.

ÖKOBILANZ Die Umweltwirkungen der Maßnahmen an der Gebäudehülle wurden mit Hilfe des eLCA-Ökobilanzierungstools des BBSR ermittelt. Die Bilanzierung erfolgte maßnahmenbezogen, sodass für definierte Bauteilaufbauten vergleichbare Kennwerte vorliegen. Als Berechnungsgrundlage dienten die Baustoffdatenbank Ökobaudat 2024-I[42] und die BBSR-Tabelle zu Nutzungsdauern vom 04.11.2025[43] → Mengenermittlung & LCA.

KOSTEN Mit Hilfe von BKI-Kennwerten wurden die Kosten der Bauprodukte ermittelt und Entsorgungskosten auf Grundlage eigener Recherche von Deponiegebühren abgeleitet → Anhang 15, Anhang 16, Anhang 17.

2.3.2.2 ARBEITSSCHRITTE

AUSWAHL VON CASE STUDY OBJEKTEN Um typische Gruppen innerhalb des kommunalen Portfolios zu identifizieren, wurde mit Hilfe der in AP01 erstellten Datenbank der Bestand nach Bauweise, Material, Bauzeit und Nutzung kategorisiert. Ziel war es, die Vielfalt des kommunalen

Gebäudebestands anhand von repräsentativen Gebäudetypen abzubilden. Aus diesen Kategorien wurden im Anschluss elf konkrete Gebäude ausgewählt, die in Bezug auf Nutzung, Baualter, Materialität und Bauweise exemplarisch für das Gesamtportfolio der Stadt stehen. Bei der Auswahl wurden ebenfalls (sozio-politische) Priorisierungen der Stadtverwaltung und der Zustand der Gebäude beachtet. Die Objekte wurden vor Ort besichtigt und hinsichtlich ihres baulichen Zustands, Konstruktionsweise, Materialität, energetischen Aufbauten und technischen Systemen bewertet. Die Ergebnisse dieser Erhebungen wurden in Gebäudedossiers dokumentiert, die detaillierten Angaben zu Aufbau, Zustand, Nutzung und Sanierungsbedarf enthalten. Die Analyse und Datenerhebung bildet den Ausgangspunkt für die nachfolgenden ökologischen und ökonomischen Bewertungen und modellgestützten Analysen in den Arbeitspaketen.

ENERGETISCHE MODELLIERUNG Mittels der Energieberatungssoftware Hottgenroth wurden die Verbräuche der elf Case Study Gebäude theoretisch ermittelt, um festzustellen welche Maßnahmen für einen klimaneutralen Betrieb notwendig wären. Beim Vergleich der Ergebnisse mit realen Verbrauchsdaten stellten sich erhebliche Unterschiede zwischen theoretischem Bedarf und tatsächlichem Verbrauch heraus. Abweichungen zwischen berechneten und gemessenen Energieverbräuchen sind im Gebäudebestand weit verbreitet und werden Performance Gap genannt. Sie entstehen unter anderem durch Unterschiede im Nutzungsverhalten, in der Betriebsführung sowie durch vereinfachende Annahmen in der Modellierung[44]. Eine nachträgliche Anpassung der Berechnung an gemessene Verbräuche wurde im Rahmen der Variantenbildung (AP05) nicht vorgenommen, da ohne ein detailliertes Monitoring keine belastbaren Aussagen über die künftige Verbrauchsentwicklung möglich sind[44]. Außerdem war eine Ermittlung der tatsächlichen Verbräuche nicht Ziel der Untersuchungen, sondern in erster Linie das Delta zwischen Verbräuchen vor und nach der Sanierung und die Bewertung unterschiedlicher Maßnahmen. Zudem sollte eine modellhafte Übertragbarkeit der Daten auf weitere Liegenschaften möglich sein.

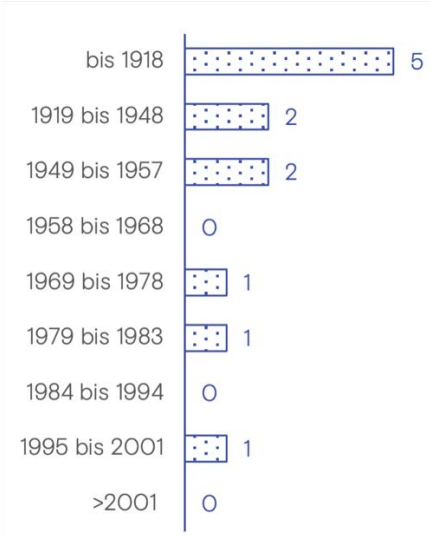


Abbildung 13 – Baualtersstruktur der Case Studies nach Gebäudeteilen

Quelle: eigene Darstellung

ENTWICKLUNG LOW-TECH MAßNAHMEBAUKASTEN Auf Grundlage von fachlichen Referenzen und Praxisbeispielen wurde ein Baukonstruktions-Baukasten entwickelt. Dieser enthält insgesamt 16 Maßnahmen zur baulichen Ertüchtigung der Gebäudehülle mit Naturbaustoffen, die für unterschiedliche Gebäudetypen und Randbedingungen anwendbar sind. Alle Maßnahmen des Baukonstruktions-Baukastens wurden hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen und ökologischen Faktoren untersucht. Die 16 Maßnahmen wurden mit konventionellen Aufbauten mit gleichen bauphysikalischen Eigenschaften verglichen, um im weiteren Verlauf des Projektes (AP05) den Vergleich von LCA und LCC verschiedener Sanierungsvarianten auf Basis eines konventionellen und eines Re:Source Ansatzes zu ermöglichen. Die Maßnahmen des Baukonstruktionsbaukastens wurden kombiniert auf die Case Study Gebäude angewendet, und mittels Hottgenroth ihre Auswirkungen auf den Energiebedarf modelliert (mehr zu den Maßnahmenkombinationen/Sanierungsvarianten in AP05 →2.5.2.2). Bei der Modellierung wurden zusätzlich der Austausch der Wärmeerzeuger zu Wärmepumpen als auch das theoretische PV-Potenzial der Dachflächen überschlägig ermittelt. Ergänzend wurden weitere technische Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs untersucht, darunter der Austausch von Heizkörpern sowie Wandheizungspotenziale, die den Low-Tech Baukasten ergänzen.

Endenergieverbrauch		Bestand
Case Study	Nutzung	Verbrauch kWh/m²NGFa
01 Elisenstift	Wohnen	233
02 Neckarstraße 26	Wohnen	427
03 Grundschule	Grundschule	210
04 Menzerstall mit WP	Betriebsgebäude	401
05 Schulstraße 8	Verwaltung+Schule	370
06 Martin Luther Haus	Wohnen+Veranstaltung	205
07 st. Angela	Kindergarten	234
08 Villa Kiwi	leerstand/Wohnen	549
09 Walkmühle	Wohnen	403
10 Kirchberghalle	Sporthalle	98
11 Feuerwehr	Feuerwehr	235

Abbildung 14 – Nutzung und Endenergieverbrauch Case Study Gebäude

Quelle: eigene Darstellung

2.3.3 ERGEBNISSE

2.3.3.1 AUSWAHL UND ENERGIEVERBRÄUCHE DER CASE STUDY GEBÄUDE

AUSWAHL DER OBJEKTE Die elf Case Study Objekte stammen - wie auch der Großteil der kommunalen Liegenschaften - aus älteren Baualtersklassen. Sechs der Gebäude stehen unter Denkmalschutz. Bei der Auswahl wurde zudem darauf geachtet, dass möglichst alle Ortsteile vertreten sind. Auch hinsichtlich der Nutzungen wurde eine möglichst große Vielfalt angestrebt. Wohngebäude sind jedoch etwas öfter vertreten, da sie auch einen hohen Anteil des kommunalen Gebäudebestands ausmachen. Zudem kann die Stadt gerade im Bereich der Wohngebäude mit nahhaltigen Sanierungen im Bestand eine wichtige Vorbildfunktion einnehmen und Bürger:innen zur eigenen Sanierung motiviert.

ENERGETISCHE ANALYSE Die energetische Analyse der Case Study Gebäude zeigt ein heterogenes Bild. Die meisten weisen, aufgrund der tendenziell älteren Baualtersklassen und unterlassenen Sanierungen, einen geringen energetischen Standard auf. Entsprechend hoch fallen die berechneten Endenergieverbräuche aus, die je nach Gebäude und Nutzung eine große Spannweite aufweisen → Abbildung 14.

Detaillierte Angaben zu den Case Studies sind in → Gebäudedossiers zusammengefasst.

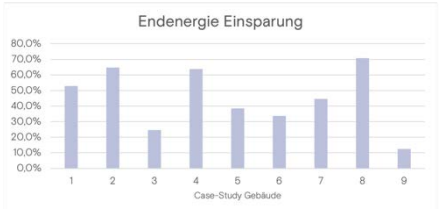


Abbildung 15 – Endenergieeinsparung durch Maßnahmen an der Gebäudehülle

Quelle: eigene Darstellung

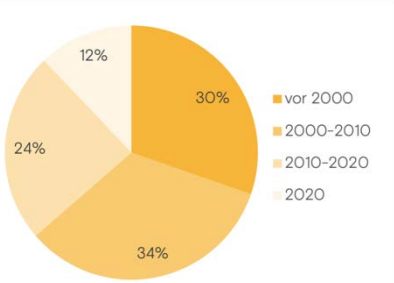


Abbildung 16 – Baujahr der Heizungen

Quelle: eigene Darstellung

2.3.3.2 LOW-TECH MAßNAHMENBAUKASTEN

BAUKONSTRUKTIONS-BAUKASTEN Da das Portfolio der Stadt sehr divers ist, werden verschiedene Sanierungsoptionen je nach Gebäudeteil der unterschiedlichen Gebäudetypen vorgeschlagen. Für die Konzeption der Maßnahmen wurden überwiegend hygrothermische Baustoffe wie Holz, Naturfasern und Lehm ausgewählt. Aufgrund ihrer hohen Feuchtespeicherkapazität können sie Feuchtigkeit aus der Raumluft schnell aufnehmen und bei sinkender Luftfeuchte wieder an diese abgeben. Dadurch tragen sie zur Verbesserung der Raumluftqualität sowie zum sommerlichen Wärmeschutz bei und werden insbesondere im Low-Tech Bauen häufig eingesetzt. Zudem bestehen die meisten Materialien der ökologischen Version des Baukastens aus nachwachsenden Rohstoffen → Anhang 15 – Sanierungsaufbau, die als natürliche CO_2-Speicher wirken, da sie während ihrer Wachstumsphase CO_2 aus der Atmosphäre aufnehmen und binden. Bei konventionellen Baustoffen wurde von den marktüblichen Bauweisen und überwiegend mineralischen Baustoffen ausgegangen → Anhang 16 – Sanierungsaufbau . Die entwickelten Informationskarten bilden die Maßnahmen grafisch ab und ermöglichen einen direkten Vergleich der Umweltwirkungen und Kosten konventioneller und ökologischer Bauweisen pro Quadratmeter →Baukonstruktionsbaukasten.

ERTÜCHTIGUNG DER GEBÄUDEHÜLLE Die rechnerische Untersuchung der Maßnahmen des Baukonstruktions-Baukastens zeigt, dass durch eine gezielte energetische Sanierung der Gebäudehülle erhebliche Einsparpotenziale im Endenergiebedarf realisierbar sind. Abhängig von Gebäudetyp, Baualter und Ausgangszustand lassen sich je nach Maßnahmenkombinationen Einsparungen von 15-70% erzielen →Abbildung 15. Den größten Einfluss haben in der Regel Dämmmaßnahmen an Dach und Außenwänden, da hier auf Grund des hohen Flächenanteils die größten Wärmeverluste entstehen.

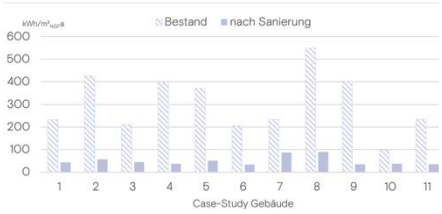


Abbildung 17 – Endenergieverbrauch vor und nach der energetischen Sanierung

Quelle: eigene Darstellung

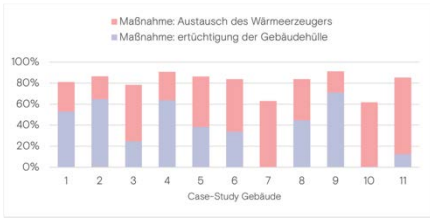


Abbildung 18 – Einfluss der Maßnahmen auf den Energieverbrauch

Quelle: eigene Darstellung

AUSTAUSCH WÄRMEERZEUGER Der Austausch des Wärmeerzeugers stellt einen weiteren Hebel für die Reduktion der betrieblichen Emissionen dar. Wird bei Heizungsanlagen von einer Nutzungsdauer über 20 Jahre ausgegangen[43], ergibt sich daraus, dass bei 64% der untersuchten Gebäude in Neckargemünd in den nächsten Jahren ein Austausch notwendig ist →Abbildung 16. Aktuell (Stand 2023) ist Gas mit 70% der Hauptenergieträger für die Wärmeerzeugung in NGD, weitere ca. 17% werden durch Heizöl gedeckt[45]. Beim Austausch der Anlagen ergibt sich ein großes Potenzial zur Substitution von fossilen Energieträgern, um die angestrebte THG-Neutralität zu erreichen. Da NGD aus sehr verstreut liegenden Ortsteilen besteht und bisher nur Eignungsgebiete für Wärmenetze in der Kernstadt geprüft werden, wurden im Projekt strombetriebene Wärmepumpen als Grundlage der Berechnung ausgewählt. Auch aus wirtschaftlichen Gründen ist mit Blick auf die steigenden CO_2 -Preise der Umstieg auf strombetriebene Heizungsanlagen von Vorteil. Durch den Einsatz von Wärmepumpen lässt sich der berechnete
Endenergieverbrauch der Case Study Gebäude durchschnittlich um weitere 40% senken (nach Durchführung der baulichen Maßnahmen zur energetischen Optimierung an der Gebäudehülle) →Abbildung 18.

WANDHEIZUNGSPOTENZIAL Bei dem hohen Anteil der denkmalgeschützten Gebäude, bei denen eine Innendämmung angestrebt wird, ist in diesem Zuge der Einbau einer integrierten Wandheizung ein ratsamer Schritt, da dies im ohnehin notwendigen Arbeitsablauf direkt mit eingebaut werden kann. Bei den entsprechenden Case Study Gebäuden ergab sich ein zusätzliches Einsparungspotenzial von 8-22% Endenergiebedarf, da die Flächenheizung eine weitere signifikante Reduzierung der Vorlauftemperatur ermöglicht.

AUSTAUSCH DER HEIZKÖRPER Das Ifeu Institut zeigt an Praxisbeispielen, dass die Vorlauftemperatur oftmals von einem kleinen Anteil der Heizkörper in einem Gebäude bestimmt wird. Der Anteil der am schlechtesten dimensionierten Heizkörper gibt die hohe Vorlauftemperatur für die gesamte Anlage vor. Ein Austausch dieser Heizkörper kann einen großen Unterschied in der Vorlauftemperatur ausmachen. Durchschnittlich wird von einem notwendigen Austausch von 10% der Heizkörper ausgegangen[46]. Die Modellrechnungen zeigen, dass der gezielte Austausch kritischer Heizkörper die Vorlauftemperatur je nach Beispielgebäude und Umfang der Maßnahme um 2°C bis 20°C senken kann[46].

PV-POTENZIAL Zusätzlich zu den untersuchten Maßnahmen wurde Photovoltaik als Baustein einer klimaneutralen Energieversorgung einbezogen. Ihr Beitrag liegt dabei nicht in einer Verringerung des Endenergiebedarfs, sondern in der lokalen Bereitstellung erneuerbaren Stroms, der fossile Energieträger im Gebäudebetrieb ersetzt. Photovoltaik ist inzwischen ein fester Bestandteil des deutschen Stromsystems und deckte im Jahr 2025 rund 18 % des Bruttostromverbrauchs ab[47]. Ein wesentliches Potenzial wird auf Dachflächen bestehender Gebäude gesehen[48], was auch für kommunale Liegenschaften von Bedeutung ist. Eine quantitative Bewertung der Photovoltaikpotenziale wurde im Rahmen vom Projekt nicht vorgenommen, da diese orts- und gebäudespezifisch erhoben werden müssten.

WEITERE LOW TECH MAßNAHMEN Neben den beschriebenen Low-Tech Maßnahmen gibt weitere bauliche und technikreduzierte Strategien des einfachen und robusten Sanierens, die zur energetischen Optimierung von Bestandsgebäuden beitragen. Diese konnten im Rahmen des Forschungsprojekts zwar nicht untersucht werden, tragen aber einen wesentlichen Beitrag zur

Reduzierung von Energie- und Ressourcenverbräuchen bei. Im Folgenden eine Auswahl etablierter Low-Tech Ansätze:

- **Nachverdichtung** bestehender Quartiere und Siedlungsgebiete durch Umbau, Erweiterung oder Aufstockung kann zu deutlichen Einsparungen bei Material-, Energieverbrauch und Kosten führen.
- **Kompaktheit** eines Baukörpers ist ein wesentliches Prinzip, um den zu beheizenden/ kühlenden Raum und die Fläche der Gebäudehülle zu reduzieren. Bei Bestandsgebäuden kann das beheizte Raumvolumen durch eine thermische Trennung von Keller- und Dachgeschossen umgesetzt werden.
- **Konstruktiver Sonnenschutz** wie Auskragungen und Fassadenelemente kann motorisch gesteuerte Elemente ersetzen.
- **Nutzungsabhängige Klima-/Temperaturzonen** führen zu einer Differenzierung der Anforderungen an Gebäude. Oft ist eine Reduzierung temperierter Räume möglich, wenn beispielsweise Erschließungsflächen oder Wintergärten zu Pufferzonen mit niedrigeren Behaglichkeitsanforderungen werden.
- **Nachtauskühlung** kann durch die Nutzung kühler Nachtluft zur Abfuhr von Wärme erreicht werden, vor allem bei Gebäuden mit hoher Belegungsdichte und internen Wärmegewinnen wie Schulen oder Verwaltungsgebäude.
- **Natürliche und passive Lüftungskonzepte** verzichten auf mechanische Unterstützung und reduzieren somit Energieverbrauch, Wartungsaufwand und Betriebskosten.
- **Gebäudebegrünung** kann die Aufheizung von Oberflächen und Mikroklima durch adiabate Kühlung (Verdunstung) und Verschattung verringern und den Wärmeverlust von Gebäuden reduzieren

2.4 AP 04 – TRANSFORMATION MIT KREISLAUFGERECHTEN UND NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN

2.4.1 EINORDNUNG UND ZIELSETZUNG

AP04 untersucht, welche natürlichen, biobasierten und zirkulären Rohstoffe in der Region Neckargemünd potenziell verfügbar sind und in welchem Umfang sie für zukünftige Sanierungsmaßnahmen im kommunalen Gebäudebestand grundsätzlich einsetzbar scheinen. Ziel ist es, das regionale Rohstoffpotenzial systematisch zu erfassen, zentrale Akteure der Verarbeitung und Beschaffung zu identifizieren und daraus Hinweise für eine klimaverträgliche, regional verankerte Sanierungsstrategie abzuleiten. Als Orientierungsrahmen dienen die in AP03 entwickelten Bauteilaufbauten aus dem Low-Tech Baukasten.

2.4.2 METHODIK

Die Analyse basiert auf einem kartographischen und datengestützten Vorgehen. Erfasst wurden Materialvorkommen, Verarbeitungsbetriebe, Handelsstrukturen, handwerkliche Akteure sowie relevante Infrastrukturpunkte im Umfeld von Neckargemünd. Die Ergebnisse wurden je nach Materialgruppe und Entfernung geclustert.

2.4.2.1 DATENGRUNDLAGE

DATENERHEBUNG Zur Datenerhebung wurden öffentlich zugängliche Quellen genutzt. Dazu gehörten Unternehmensregister und Branchenverzeichnisse, Rohstoffdatenbanken des Landes Baden-Württemberg, Fachpublikationen zu biobasierten und kreislauffähigen Baustoffen sowie Geodaten, digitale Orthofotos und Landnutzungskarten. Zusätzlich wurden Hinweise aus Fachnetzwerken und Datenbanken (u. a. natureplus e. V.) einbezogen, um die Informationen zu verifizieren und zu ergänzen.

BAUTEIL-BAUKASTEN ALS REFERENZRAHMEN Der Bauteil-Baukasten (aus AP03) dient als Referenzrahmen zur Übersicht typischer Sanierungsbauteile und zugehöriger Materialgruppen. Er ist als flexibles System angelegt, da einzelne Dämmstoffkomponenten je nach regionaler Verfügbarkeit durch andere biobasierte oder recyclingbasierte Alternativen ersetzt werden können. So können beispielsweise agrarische Reststoffe wie Hanf, Flachs, Stroh oder Schilf in Dämmplatten oder Einblasdämmungen als vergleichbare Alternativen eingesetzt werden. Auch Recyclingmaterialien, etwa aufbereitete textile Restfasern oder Altpapierprodukte, bieten bauphysikalische Eigenschaften, die in vergleichbarer Weise nutzbar sind. Zahlreiche Fachpublikationen bestätigen, dass biobasierte Dämmstoffe in ihren zentralen bauphysikalischen Eigenschaften grundsätzlich vergleichbare Dämmwerte wie konventionelle Dämmstoffe erreichen und je nach Aufbau positive Effekte im sommerlichen Wärmeschutz unterstützen können[49], [50]. Die konkrete Eignung ist jeweils projektbezogen nach Produktdaten und Nachweisen zu prüfen.

2.4.2.2 ARBEITSSCHRITTE

DATENBANK Der methodische Zugang erfolgte iterativ, in Kombination aus Datensichtung, Akteursrecherche und geografischer Verortung der Materialquellen und Verarbeitungsbetriebe. Die Datenbank ist dafür ausgelegt kontinuierlich erweitert und aktualisiert zu werden, um als Werkzeug für regionale und kreislaufgerechte Planung eingesetzt zu werden.

GEOGRAPHISCHE VERORTUNG Kurze Transportwege reduzieren die CO_2-Emissionen und regionale Netzwerke für Rohstoffgewinnung, Verarbeitung und Anwendung stärken gleichzeitig die kommunale Bauwirtschaft. Somit wurden alle kartierten Ressourcen in Abhängigkeit ihrer relativen Entfernung zum Projektstandort erfasst. Die Auswahl der Maßstabsebenen (Nahbereich <50 km und erweiterter Bereich >200 km) erfolgte entlang der in Ökobilanzstudien verwendeten Transportdistanzen für emissionsarme Logistikketten.

RESSOURCENMAPPING Das Ressourcenmapping zur Ermittlung lokaler Baustoffverfügbarkeiten rund um Neckargemünd wurde als zentrale Grundlage für die Entwicklung einer nachhaltigen, ortsangepassten Beschaffungsstrategie konzipiert. Die erfassten Rohstoffe wurden in vier funktionale Gruppen unterteilt:

- Primärrohstoffe natürlicher Herkunft
  (z. B. Holz, Lehm, Naturstein)
- Pflanzlich-agrarische Nebenprodukte
  (Stroh, Hanf, Miscanthus, Schilf)
- Sekundärrohstoffe und ReUse-Komponenten
  (Rückbau, Wiederverwendung)
- Regionale Umsetzungs- und Marktstrukturen

Da Rückbaumaterialien und agrarische Reststoffe angebots- und saisonabhängig sind, wird das Ressourcenmapping als dynamisches Instrument verstanden, das regelmäßig aktualisiert werden sollte.

2.4.3 ERGEBNISSE

Die Region Neckargemünd, im Übergangsbereich zwischen dem südlichen Odenwald, dem Kraichgau und der Metropolregion Rhein-Neckar, ist geprägt durch hohe Waldanteile, fruchtbare Ackerflächen sowie ein gemäßigtes Klima. Die Kartierung zeigt ein grundsätzlich breites theoretisches Potenzial von natürlichen und kreislauffähigen Rohstoffen und einem möglichen Einsatz im lokalen Bausektor im Umfeld von Neckargemünd.

2.4.3.1 RESSOURCEN

PRIMÄRROHSTOFFE NATÜRLICHER HERKUNFT Für Holz, Lehm und Kalk konnten zahlreiche und diverse lokale Vorkommen (<25 km) identifiziert werden. Diese bieten großes Potenzial für einen regionalen und kreislaufgerechten Bausektor. Aufgrund der hohen Waldanteile (Fichte, Buche, Eiche) in der Region um Neckargemünd ist Holz als nachwachsender Rohstoff regional verfügbar →Abbildung 20. Ergänzend wurden die dokumentierten Lehmvorkommen verortet, unter anderem in Waldhilsbach und Kleingemünd →Abbildung 21. Diese Vorkommen sind als potenzieller Ausgangspunkt für Lehmbaustoffe zu verstehen, etwa als Leichtlehm, für Lehmsteine, Lehmputze und Anwendungen im Innenausbau. Lehm bietet durch seine hohe Wärmespeicherkapazität, Feuchtesteuerung und kreislauffähige Zusammensetzung große ökologische Vorteile. Für eine konkrete Nutzung wären standortbezogene Materialprüfungen, rechtliche Rahmenbedingungen und Lieferketten zu klären,

bzw. aufzubauen. Als Naturstein wurden einige dokumentierte, regionale Vorkommen von Sandstein und Kalksandstein identifiziert, insbesondere in den umliegenden Steinbrüchen und geologischen Formationen entlang des Neckars →Abbildung 22. Diese könnten vor allem im Bestand und auch im Denkmalschutz relevant sein, etwa bei Fassaden, Treppen oder Außenanlagen und lassen sich meist in hoher Qualität wiederverwenden. Auch hier gilt, dass die konkrete Verfügbarkeit und die geeigneten Qualitäten projektbezogen zu prüfen sind.

PFLANZLICH-ARGRAISCHE NEBENPRODUKTE Die landwirtschaftlich geprägten Flächen im Raum Kraichgau-Odenwald weisen ein Potenzial für pflanzliche Ausgangsstoffe und Reststoffströme als Materialien für den Bausektor auf. Vorhanden sind unter anderem Miscanthus, Hanf, Stroh und Schilf, die als Rohstoffbasis für Dämmstoffe oder Bauplatten eingesetzt werden können. Ergänzend wurden regionale Handelsstrukturen erfasst, die Naturbaustoffe und biobasierte Systemlösungen vertreiben und damit den Zugang zu entsprechenden Produkten unterstützen → Ressourcenanalyse Neckargemünd.

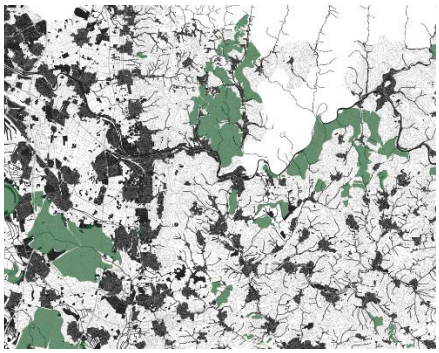


Abbildung 20 – Regionales Ressourcenmapping Neckargemünd, Forstreviere Mischwald

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage diverser Datenbanken, Geodaten und Karten

SEKUNDÄRROHSTOFFE UND REUSE-KOMPONENTEN (URBAN MINE)
Sekundärmaterialien und wiederverwendbare Bauteile wurden als ergänzende Ressource im Sinne einer Urban Mine betrachtet. Dabei zeigt sich, dass entsprechende Stoffströme aktuell häufig projekt- und angebotsabhängig sind und keine kontinuierliche regionale Versorgung abbilden. In der Kartierung wurden passende Angebote vor allem über digitale Plattformen identifiziert, während stabile Strukturen für Bauteilsicherung, Zwischenlagerung und Qualitätssicherung im Nahbereich kaum sichtbar sind. Als zentrale Hemmnisse werden in der Fachliteratur fehlende Standards und Nachweiswege sowie organisatorische und logistische Aufwände genannt, die eine breitere Anwendung von ReUse im Bauwesen bislang begrenzen[51]. Für eine systematische Erfassung und Nutzung potenziell freiwerdender Bauteile und Materialien in wäre ein kommunales Bauteilkataster als nächster Schritt erforderlich, um Rückbaupotenziale frühzeitig zu identifizieren und planbar zu machen. Da während des Projektzeitraums in der Stadt Neckargemünd kein Rückbau in Planung war und ein größerer geographischer Radius außerhalb des Betrachtungsbereichs und der Projektkapazitäten gelegen hätte, konnte dies im Rahmen des Projektes leider nicht realisiert werden.
Als mögliche Orientierung für den Aufbau stabilerer Stoffströme können Ansätze wie „MAVO BauCycle“ herangezogen werden, die die organisatorischen Anforderungen einer kreislauforientierten Baustofflogistik adressieren[52]. Im erweiterten Umfeld bestehen zudem Anknüpfungspunkte zu laufenden Initiativen im Bereich Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie, etwa Circular City Heidelberg und BioCyclesRN, die perspektivisch für Kooperationen relevant sein können[53], [54].

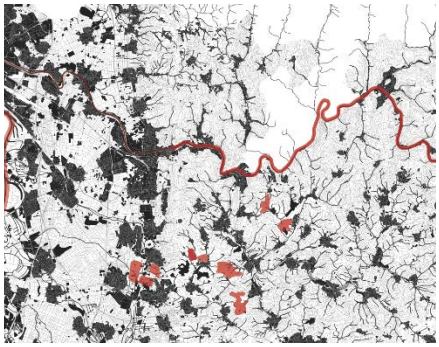


Abbildung 21 – Regionales Ressourcenmapping Neckargemünd, Lehmvorkommen

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage diverser Datenbanken, Geodaten und Karten

2.4.3.2 REGIONALE UMSETZUNGS- UND MARKTSTRUKTUREN

REGIONALE WERTSCHÖPFUNGSKETTEN Für die praktische Umsetzung ressourcenschonender Sanierungsmaßnahmen sind neben Rohstoffvorkommen auch die vorhandenen Strukturen der Erschließung, Verarbeitung und Einbau entscheidend. Im Nahbereich von Neckargemünd wurden regionale Verarbeitungsbetriebe identifiziert, die Rundholz zu Bauholz sowie Nebenprodukten wie Latten, Schwarten und Spänen weiterverarbeiten. Damit sind wesentliche Vorprodukte für konstruktive Holzbauteile sowie holzbasierte Anwendungen im Sanierungsbereich grundsätzlich regional erhältlich. Ergänzend wurden Anbieter und Handelsstrukturen erfasst, die biobasierte Systemprodukte vertreiben, darunter auch Naturbaustoffhändler mit Spezialisierung auf Lehm-Hanf-

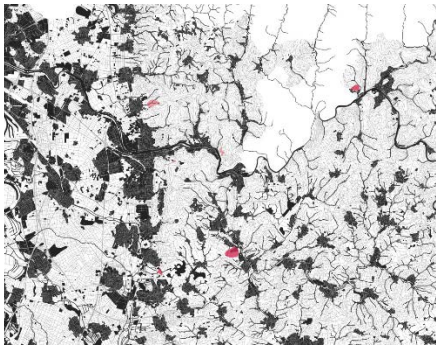


Abbildung 22 – Regionales Ressourcenmapping Neckargemünd, erschlossene Sandsteinabbaugebiete (teilweise geschlossen).

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage diverser Datenbanken, Geodaten und Karten

Komponenten im Umkreis von etwa 25 km. Gleichzeitig zeigt die Kartierung, dass stärker verarbeitete oder spezialisierte Produkte, beispielsweise bestimmte Dämmstoff-Systeme oder CLT-Elemente, nicht durchgängig im direkten Umfeld verfügbar sind und teilweise aus dem erweiterten Umkreis bezogen werden müssen. Hinsichtlich der Weiterverarbeitung und dem Einbau verfügt die Region über eine breite Basis an Handwerks- und Fachbetrieben, die als Schnittstelle zwischen Materialangebot und Einbaupraxis wirken → Ressourcenanalyse Neckargemünd. Damit bestehen grundsätzlich gute Voraussetzungen, regionale Materialien in kommunalen Projekten zu integrieren.
Im unmittelbaren Umfeld von Neckargemünd sind zahlreiche Primär- und Sekundärrohstoffe vorhanden sind, darunter Lehm (0–10 km), Kalk (15 km), Holzprodukte (0–10 km), sowie Zellulose (25 km). Diese räumliche Nähe ermöglicht den Aufbau von exemplarischen regionalen Wertschöpfungsketten, die alle Stufen von Gewinnung, Verarbeitung, Distribution und Anwendung umfassen. Die Verknüpfung dieser Akteure in einem lokalen Ressourcennetzwerk kann zu einer Modellregion für nachhaltige Beschaffungsstrategien im Bauwesen führen. Etablierte Wertschöpfungsketten im Bereich der Denkmalpflege können hierbei mögliche Infrastrukturen und Expertise bieten, die auf das konventionelle Bauen übertragen werden könnten.

PLANUNGSPROZESS Die Verankerung regionaler und ökologischer Kriterien in öffentlichen Vergabeverfahren kann eine wirkungsvolle Steuerungsmaßnahme sein. Kommunen können auf diesem Weg Materialien bevorzugen, die innerhalb eines festgelegten Radius beschafft werden können oder durch ihre Materialherkunft nachweislich zur regionalen Wertschöpfung beitragen. Möglicherweise wäre es denkbar eine Maximaldistanz zur Rohstoffquelle (z. B. 50 km Umkreis), einen Nachweis regionaler Primärrohstoffe (z. B. Lehm, Holz), den Einsatz zertifizierter ReUse-Komponenten und Naturbaustoffen in öffentlichen Bauvorhaben festzulegen. Für das Management kommunaler Ressourcenbestände würde sich die Einrichtung eines kommunalen Ressourcenregisters anbieten, dass die Kontakte von allen Beteiligten entlang der Wertschöpfungsketten sowie auch von Rückbaustellen erschlossene Materialbestände führt.

2.4.3.3 ÜBERTRAGBARKEIT AUF ANDERE KOMMUNEN

Die Material- und Prozessanalyse für die Stadt Neckargemünd wurden mit Blick auf die Transferierbarkeit auf andere Kommunen mit ähnlichen Herausforderungen konzipiert. Die Methodik des Ressourcenmappings kann vergleichbar für andere Regionen mit Informationen befüllt und ausgewertet werden.
Ideale Voraussetzungen für den Aufbau und die Stärkung regionaler und kreislaufgerechter Wertschöpfungsketten bieten insbesondere – wie in der Stadt Neckargemünd – die folgenden Merkmale:

- hoher Anteil an Wald- und Ackerflächen im direkten Umfeld
- bestehende handwerkliche Infrastruktur mit Anschluss an regionale und überregionale Lieferketten
- Bereitschaft der Verwaltung zur sektorübergreifenden Zusammenarbeit
- Zugang zu regionalen oder überregionalen Fördermitteln

2.5 AP 05 – QUANTIFIZIERUNG, MODELLIERUNG UND QUARTIERSBETRACHTUNG

2.5.1 EINORDNUNG UND ZIELSETZUNG

AP05 befasst sich mit verschiedenen Sanierungsstrategien für die energetische Optimierung der kommunalen Liegenschaften. Baukonstruktiv konventionelle Ansätze werden mit Low-Tech Sanierungsvarianten aus Naturbaustoffen verglichen, um deren Effizienzpotenziale und Ressourcenverbrauch vergleichend zu bewerten. Zur Untersuchung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen verschiedener Sanierungsansätze über den Lebenszyklus werden Maßnahmen aus dem Low-Tech-Baukasten (AP03) zu unterschiedlichen Sanierungsszenarien kombiniert. Anfangs werden verschiedene Zielniveaus definiert, die mithilfe der Maßnahmenkombinationen in den Case Studies erreicht werden sollen, um unterschiedliche Energieverbrauchsziele abzubilden und Wege zur Klimaneutralität aufzuzeigen.
Im Zentrum steht die Frage nach einer suffizienten, angemessenen Strategie, um den Gebäudebestand energetisch zu optimieren. Untersucht wird, inwiefern es unter Berücksichtigung von Ressourcen- und Kostenaufwand möglich und sinnvoll ist, einen hohen energetischen Standard zu erreichen. Da der Fokus in Neckargemünd nicht auf einzelnen Gebäuden, sondern auf der Gesamtheit der kommunalen Liegenschaften liegt, wird untersucht, welche Strategien für eine flächendeckende Sanierung eines städtischen Gebäudeportfolios das vorteilhafteste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen.
In einer vereinfachten Quartiersbetrachtung werden die detaillierten Berechnungen der elf Case Study Gebäude auf die übrigen kommunalen Objekte der Stadt übertragen. So wird überschlägig die Gesamtwirkung ermittelt, um eine ganzheitliche Strategie zu entwickeln und das Potenzial des dezentralen Quartiers, bewerten zu können.

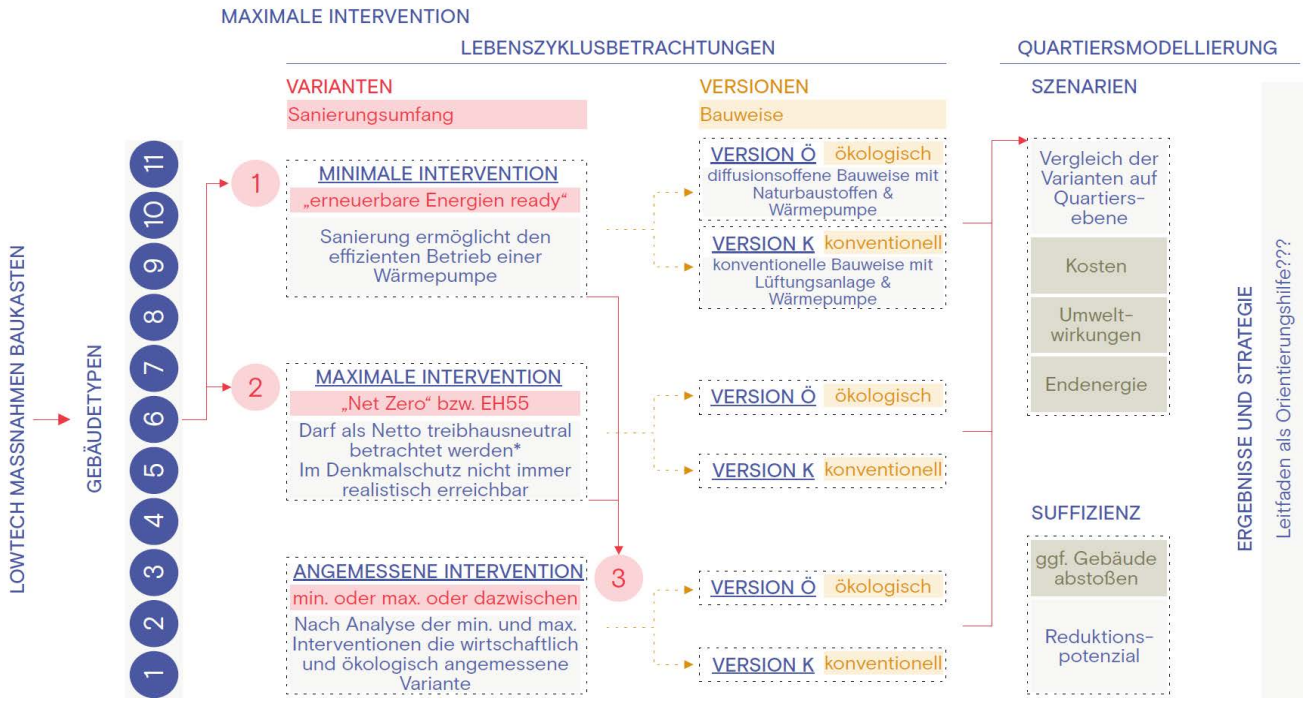


Abbildung 23 – Übersicht Arbeitsschritte AP05

Um eine Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit der Typen zu ermöglichen, flossen ausschließlich die Kosten- und die Ökobilanz der energetischen Sanierung in die Betrachtung ein. Weitere möglicherweise notwendige Sanierungsmaßnahmen wurden nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse stellen keine vollständigen Sanierungskonzepte dar, sondern dienen der Stadt als Orientierung auf dem Weg zu einer ressourceneffizienten Klimaneutralität des Gebäudebestands.

2.5.2 METHODIK

2.5.2.1 DATENGRUNDLAGE

KENNWERTE AUS AP03 Die Datengrundlage der ökologischen und ökonomischen Bewertung basiert auf den im AP03 ermittelten Kennwerten zur Ökobilanz und zu den Lebenszykluskosten einzelner Maßnahmen. Die dort auf einen Quadratmeter bezogenen Werte wurden auf die jeweiligen Case Study Gebäude übertragen.

GEBÄUDESPEZIFISCHE DATEN Energieverbräuche und die daraus resultierenden Emissionen im Betrieb der Case Studies nach der energetischen Sanierung wurden mit Hottgenroth Energieberater modelliert.

ANNAHMEN ZU BEWERTUNGSKENNWERTEN Für die Lebenszykluskosten wurde das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) LCC-Tool genutzt und dementsprechend Betrachtungszeitraum, Preissteigerungsraten und Diskontierungszinssatz nach BNB angesetzt →Abbildung 24. Die Nutzungsdauer der Materialien und Anlagen richtet sich nach den Zahlen der BBSR-Nutzungsdauertabelle[43]. Für die Energiekosten wurde ein Strompreis von 20ct/kWh angenommen[55]. Für die Berechnung der CO_2 Kosten wurden die Projektionen des UBA angesetzt [56]. Die Umweltfolgekosten wurden nach UBA mit 880€ pro Tonne CO_2 angenommen[57].

Betrachtungszeitraum der Gebäude		50 Jahre
Preissteigerungsraten	Bauleistungen	2%
	Energie	5%
Diskontierungszinssatz		1,5%

Abbildung 24 – BNB Bewertungskennwerte

Quelle: Kennwerte aus BNB - Bewertungssteckbriefen

2.5.2.2 ARBEITSSCHRITTE

ENTWICKLUNG VON SANIERUNGSVARIANTEN Aufbauend auf der energetischen Modellierung wurden Zielparameter für verschiedene Sanierungsvarianten festgelegt →Abbildung 25. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass der Betrieb einer Wärmepumpe oder eines Nahwärmenetzes, in einem Niedertemperaturbereich mit einer Vorlauftemperatur von unter 55°C, deutlich effizienter ist. Durch die Umstellung auf eine elektrisch betriebene Wärmepumpe kann bei Nutzung erneuerbaren Stroms ein klimaneutraler Betrieb erreicht werden. Damit weder unnötig hohe Anschaffungskosten noch hohe Stromkosten zum Betrieb der Wärmepumpe entstehen und der Ausbau erneuerbarer Energien in einem umsetzbaren Rahmen (Netzausbau, Flächenverfügbarkeit etc.) bleibt, ist ein angemessener Stromverbrauch von entscheidender Relevanz. Die zentrale Frage lautet somit, welcher Umfang energetischer Sanierungsmaßnahmen ausreichend ist, um auf Niedertemperatursysteme zurückgreifen zu können. Angesichts der Ressourcenknappheit und des erheblichen Sanierungsstaus ist außerdem zu klären, wie Gebäude mit geringem Aufwand zeitnah und mit minimiertem Einsatz von Ressourcen klimaneutral saniert werden können. Die Varianten unterscheiden sich daher darin, mit welcher Sanierungstiefe und mit welchem Ressourceneinsatz das jeweilige Ziel erreicht wird.



Abbildung 25 – Darstellung Sanierungsvarianten

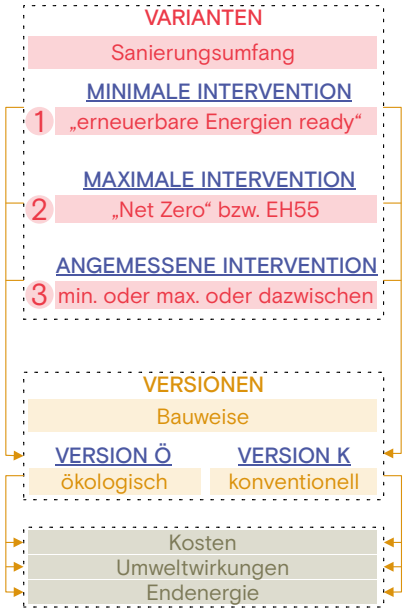
Quelle: eigene Darstellung

VARIANTE 1 verfolgt den Ansatz die Gebäude mit möglichst begrenztem Eingriff so weit energetisch zu ertüchtigen, dass ein stabiler Niedertemperaturbetrieb mit unter 55°C möglich wird und die Gebäude somit bereit für den effizienteren Einsatz von erneuerbarer

Energie sind[46]. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass die Bestandsheizkörper auch weiterhin Verwendung finden. Bei einer Reduktion der Vorlauftemperatur von 75°C auf 55°C wurde eine Leistungsreduktion um 48 % ermittelt. Der Austausch von ca. 10% der ungünstigsten Heizkörper und ein hydraulischer Abgleich ermöglichen eine weitere Reduzierung des Energiebedarfs, die Vorlauftemperatur senkt sich so um durchschnittlich 6 Grad Celsius, oft aber auch deutlich mehr [46]. Die Kombination dieser Maßnahmen erreicht eine Leistungsreduktion von etwa 65%. Eine Reduktion des Endenergiebedarfs um 35% reicht somit aus, um eine Niedertemperaturfähigkeit herzustellen → Anhang 17. Variante 1 kombiniert entsprechende Maßnahmen, um diese 35% Reduktion zu erreichen → Gebäudedossiers. Bei der Auswahl der Sanierungsmaßnahmen wird auf Wechselwirkungen mit anderen Maßnahmen sowie auf eine Realisierbarkeit und bauphysikalische Sinnhaftigkeit geachtet. Als zweiter Weg, um das Ziel der Variante 1 zu erreichen, lässt sich ergänzend auf Basis typischer Heizkörperleistungen und durchschnittlicher Radiatorenflächen im Gebäudebestand ein Schwellenwert ableiten, unterhalb dessen Gebäude bereits in ihrem aktuellen Zustand für einen Niedertemperaturbetrieb geeignet sind. Dieser liegt bei aktuellem Stand der Technik bei etwa 100 Kilowattstunden Nutzenergie pro Quadratmeter.

VARIANTE 2 basiert auf der Annahme, dass ein Bestandsgebäude als nettotreibhausgasneutral im Lebenszyklus betrachtet werden kann, wenn der energetische Standard Effizienzhaus 55 (EH 55) erreicht wird und verbleibende Emissionen im Betrieb durch Ausgleichsmaßnahmen kompensiert werden[58]. Entsprechend verfolgt Variante 2 das Ziel, das Effizienzniveau durch eine umfassendere energetische Gebäudesanierung zu erreichen. Bei denkmalgeschützten Gebäuden wird keine vollständige Umsetzung des Referenzniveaus erwartet. Stattdessen wird eine möglichst weitgehende Annäherung an diesen Standard angestrebt.

VARIANTE 3 wurde aus den Erkenntnissen der ersten beiden Varianten, nach Auswertung erster Ergebnisse in AP05, entwickelt. Sie ist entweder eine der beiden vorherigen Varianten, wenn diese schon optimal waren, oder eine neue Zwischenvariante, die wirtschaftlich und ökologisch auf das Gebäude optimiert ist, sie ist die empfohlene Variante.



ANWENDUNG AUF DIE CASE STUDIES Auf Grundlage der vorab definierten Varianten wurden für jedes Gebäude passende Maßnahmen aus dem Low-Tech-Baukasten zu Maßnahmenpaketen kombiniert, mit denen die jeweiligen Zielniveaus der Varianten erreicht werden können. Für diese Maßnahmenpakete wurden die Ökobilanz und die Lebenszykluskosten der jeweiligen Gebäude berechnet. Zusätzlich wurden gebäudespezifische Werte wie Energieverbrauch und die daraus resultierenden Energiekosten vor und nach der energetischen Sanierung mit den jeweiligen Maßnahmenpaketen ermittelt. Da es sich bei den elf Case Studies um verschiedene Gebäudetypen handelt, wurde für jedes Gebäude eine dem Gebäude angepasste Sanierungsstrategie zur energetischen Optimierung gewählt, die unter Verwendung des Maßnahmenbaukastens erreicht werden kann.

LEBENSZYKLUSBETRACHTUNGEN Für jede Sanierungsvariante wurden jeweils eine Low-Tech Version mit Naturbaustoffen und ohne Lüftungsanlage angelegt sowie eine Version mit konventionellen Baustoffen →Mengenermittlung & Lebenszyklusanalyse. Für die konventionelle Ausführung wurde aufgrund der erhöhten Luftdichtheit der sanierten Gebäude angenommen, dass im Rahmen eines Luftuungskonzepts nach DIN 1946-6:2019-12 voraussichtlich lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich werden. In der Modellierung wurde dies als



Abbildung 26 – Darstellung zwei Versionen Bauweise

Quelle: eigene Darstellung

ventilatorgestützte Lüftungsanlage abgebildet. Alle 3 Varianten inklusive ihrer Versionen (ökologisch-konventionell) wurden hinsichtlich ihrer Ökobilanzen und Lebenszykluskosten miteinander verglichen, um einen angemessenen Sanierungsgrad aus allen zu identifizieren. Für die Lebenszyklusanalyse wurden die Phasen A1 bis A3, B6, C3, C4 und Instandhaltung (A1-A3, C3, C4) betrachtet. Die Auswertung der Ökobilanz fokussiert sich auf die Inanspruchnahme von Rohstoffen und das Treibhausgaspotenzial, andere Faktoren der Lebenszyklusanalyse werden vernachlässigt. In die Betrachtung der Kosten und Umweltwirkungen flossen lediglich die Ertüchtigung der Gebäudehülle und der Austausch bzw. Einbau von technischen Anlagen, sowie der Energieverbrauch im Betrieb ein. Sonstige Sanierungsmaßnahmen wurden vernachlässigt, da sie gebäudespezifisch sind und eine Übertragbarkeit der Case Studies auf weitere kommunale Liegenschaften gewährleistet werden soll. Unberücksichtigt bleiben auch Wasser- und Reinigungskosten. Die Entsorgungskosten wurden zwar für alle Maßnahmen und Varianten berechnet (um einen Vergleich zwischen ökologischer und konventioneller Bauweise auf Bauteilebene zu ermöglichen), jedoch nicht in die Lebenszykluskosten einbezogen. Da Rückbau- und Transportkosten unberücksichtigt bleiben, sind die Werte nur eingeschränkt aussagekräftig und insgesamt so gering, dass sie keinen relevanten Einfluss auf die Gesamtbewertung haben. Die Werte sind keine vollständige Darstellung der Sanierungen, sondern dienen vor allem der Vergleichbarkeit von ökologischen und konventionellen Bauweisen, sowie dem Vergleich der verschiedenen Sanierungsstrategien. Die Ergebnisse der detaillierten Berechnungen für die einzelnen Case Studies ergänzen die Gebäudedossiers (AP03), die der Stadt als Orientierung dienen sollen.

ÜBERTRAGUNG AUF DAS QUARTIER Auf Grundlage der in AP01 erarbeiteten Datenbank wurden die 46 untersuchten Liegenschaften nach Baujahr, Material, Nutzung und Struktur einer der elf Case Studies zugeordnet. Fünf Gebäude wurden außer Acht gelassen, da es sich um Neubauten mit bereits hohem energetischem Standard handelt, die keiner Case Study sinnvoll zugeordnet werden konnten. Weitere fünf Lagerhallen wurden ebenfalls nicht in die Betrachtung einbezogen, da eine energetische Sanierung hier nicht zielführend erscheint. Insgesamt beziehen sich die Berechnungen für das Quartier auf 41 Gebäude in Neckargemünd. Die detaillierten Daten der Case Studies wurden auf einen Quadratmeter BGF normiert, um sie, auf die übrigen Objekte des kommunalen Gebäudebestands übertragen zu können. Die so ermittelten Kennwerte wurden anschließend mit der jeweiligen BGF der zugeordneten Gebäude multipliziert.
Die Daten aus dieser Quartiersbetrachtung wurden in ein Sanierungstool eingepflegt, mit dem sich verschiedene Szenarien modellieren lassen. Für jedes Objekt der Stadt sind dort die errechneten Daten für Energie, Umweltwirkungen und Kosten hinterlegt, die ausschließlich durch die energetische Sanierung verursacht werden. Durch die Auswahl verschiedener Sanierungsstrategien (Variante 1, Variante 2, Variante 3) für die energetische Optimierung von Einzelgebäuden, sowie der Optionen „Verkauf/Verpachtung“ lassen sich die Auswirkungen unterschiedlicher Planungsszenarien für den gesamten öffentlichen Gebäudebestand überschlägig ermitteln.

2.5.3 ERGEBNISSE

2.5.3.1 VERGLEICH VON ÖKOLOGISCHER UND KONVENTIONELLER BAUWEISE (VERSIONEN)

ENDENERGIE Durch die hohe Effizienz der Wärmepumpe unterscheidet sich die Endenergie bei den unterschiedlichen Bauweisen kaum, die potenziellen Gewinne der Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage werden durch ihren Energieverbrauch ausgeglichen. Kosten und Umweltwirkungen im Betrieb unterscheiden sich dementsprechend im Vergleich der Bauweisen nur geringfügig. In beheizten Gebäuden ist jedoch immer mit einem Perfomance Gap zwischen Berechnung und tatsächlichem Verbrauch zu rechnen, dieser entsteht durch Nutzungsverhalten und falsch eingestellte, schlecht laufende oder defekte Technik. So ist es eine logische Schlussfolgerung und konnte auch in zahlreichen Forschungsarbeiten bereits nachgewiesen werden, dass dieser Effekt bei den Versionen mit Lüftungsanlagen höher ausfallen könnte, da es ein größeres Potenzial für Fehlerquellen oder Nutzungsfehler gibt[44].

KOSTEN Der Vergleich der Herstellungskosten von ökologischer und konventioneller Bauweise zeigt, dass sich beide Versionen kaum unterscheiden →Abbildung 28. Zwar sind die ökologischen Materialien in der Anschaffung etwas teurer, bei der konventionellen Bauweise entstehen jedoch zusätzlichen Kosten für eine Lüftungsanlage. Die Ergebnisse zeigen damit, dass ökologisches Bauen nicht zwangsläufig mit höheren Herstellungskosten verbunden ist. Wird der gesamte Lebenszyklus betrachtet, so sind auch hier beide Versionen gleich auf. Werden allerdings auch die Umweltfolgekosten und ein CO_2 Preis in die Lebenszykluskostenbilanz mit einbezogen, so ergibt sich, dass die konventionelle Sanierung im Durchschnitt ca. 180 bis 220 €/m² und damit rund 8 bis 11 % höhere Kosten verursacht als die ökologische Version →Abbildung 29. Dies entspricht durchschnittlichen Mehrkosten von etwa 134.000 bis 175.000€ (je nach Sanierungsvariante) für die konventionelle Ausführung → Anhang 22.

UMWELTWIRKUNGEN Für die Herstellung konventioneller Baustoffe werden in der Regel vor allem fossile oder energieintensiv verarbeitete Rohstoffe eingesetzt → Anhang 15. Dadurch ergibt sich ein entsprechend hohes Treibhausgaspotenzial in der Herstellungsphase A1 bis A3 der konventionellen Baustoffe. Nachwachsende Rohstoffe können hingegen biogenen Kohlenstoff speichern, da durch Photosynthese CO_2 gebunden wird. Dadurch weisen die ökologischen Versionen ein sehr kleines bzw. sogar negatives Treibhauspotenzial in der Herstellungsphase auf→ Anhang 19. Durch die Nutzung regional verfügbarer Baustoffe können zusätzliche Emissionen aus Transportprozessen reduziert werden. Zugleich ist die Kreislauffähigkeit der Materialien des ökologischen Bauteilbaukastens hervorzuheben. So kann beispielsweise Lehm mit vergleichsweise geringem Aufwand aufbereitet, wiederverwendet oder ohne weitere Behandlung in den natürlichen Stoffkreislauf zurückgeführt werden. Gips, als häufig eingesetzte konventionelle Alternative, ist zwar grundsätzlich recyclingfähig, benötigt jedoch eine deutlich aufwendigere Aufbereitung. In der Praxis zeigt sich diese Hürde daran, dass im Jahr 2020 trotz bestehender Recyclingmöglichkeiten rund die Hälfte der Gipsabfälle deponiert wurde. Gleichzeitig ist auch die Deponierung von Gipsabfällen problematisch, da es durch Auswaschungen zu Ablagerungen in der Sickerwassererfassung und bei Kontakt mit Beton zu Bauteilschäden kommen kann[59].

CS	Bestand	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		Version ö	Version k	Version ö	Version k	Version ö	Version k
		ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell
1	233	50	47	34	30	44	41
2	427	60	57	43	40	57	53
3	210	45	45	26	27	45	45
4	401	37	37	27	27	37	37
5	370	53	54	31	33	51	52
6	205	33	38	19	25	33	38
7	234	48	51	31	36	87	87
8	549	89	89	57	60	89	89
9	403	79	77	30	29	35	34
10	98	38	38	27	28	38	38
11	235	54	54	35	36	35	36
⌀	306	53	53	33	34	50	50

Abbildung 27 – Endenergieverbrauch in kWh/m²NGF und Jahr

Quelle: eigene Berechnung

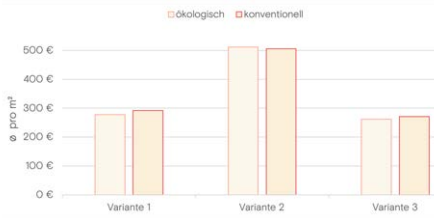


Abbildung 28 – Herstellungskosten

Quelle: eigene Berechnung

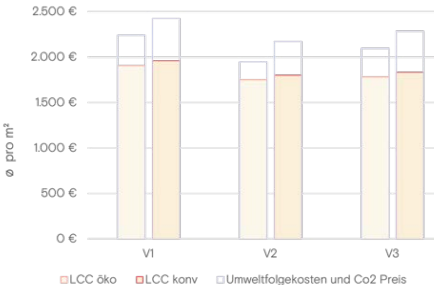


Abbildung 29 – Lebenszykluskosten Varianten 1-3

Quelle: eigene Berechnung

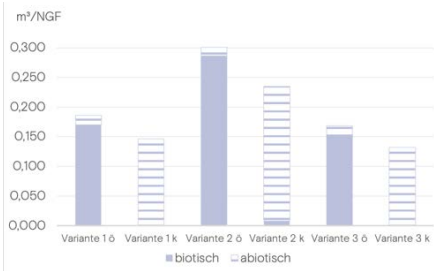


Abbildung 30 – Inanspruchnahme von Rohstoffen – abiotische/ biotische Rohstoffe

Quelle: eigene Berechnung

2.5.3.2 VERGLEICH DER VERSCHIEDENEN SANIERUNGSANSÄTZE (VARIANTEN)

Im Folgenden werden die Unterschiede der Sanierungsansätze (Variante 1, Variante 2, Variante 3) dargestellt →Abbildung 25. Dabei werden ausschließlich die ökologischen Versionen der jeweiligen Variante betrachtet. Wie beschrieben, können grundsätzlich alle Varianten bei Nutzung erneuerbaren Stroms einen netto klimaneutralen Betrieb ermöglichen. Der Fokus im Variantenvergleich liegt darin festzustellen, ob sich der zusätzliche Aufwand an Ressourcen von Variante 1 gegenüber der Variante 2 wirtschaftlich, ökologisch und strategisch rechtfertigen lässt. Da Variante 3 als Ergebnis der vergleichenden Bewertung von Variante 1 und 2 entwickelt wurde, werden im folgenden Abschnitt nur Variante 1 und 2 vergleichend betrachtet. Variante 3 stellt nach Betrachtung der minimalen und der maximalen Intervention die ökologische und ökonomische günstige Sanierungsvariante dar.

ENDENERGIE Die Betrachtung der Variante 1 zeigt, dass diese schon mit ihren möglichst minimalen Eingriffen enorm hohe Energieeinsparung in der Nutzungsphase bringt →Abbildung 27. Die erreichte Endenergie pro Quadratmeter reicht von 33 bis 89 kWh/m², was einer Einsparung von durchschnittlich 80% entspricht (bei optimal wirksamer Wärmepume) . Bei der Variante 2 reicht der Rahmen von 19 bis 57 kWh/m² Endenergie, mit einer durchschnittlichen Einsparung von 88% → Anhang 18. Es wurde untersucht, was diese 8% mehr an finanziellem und ressourcentechnischem Aufwand bedeuten.

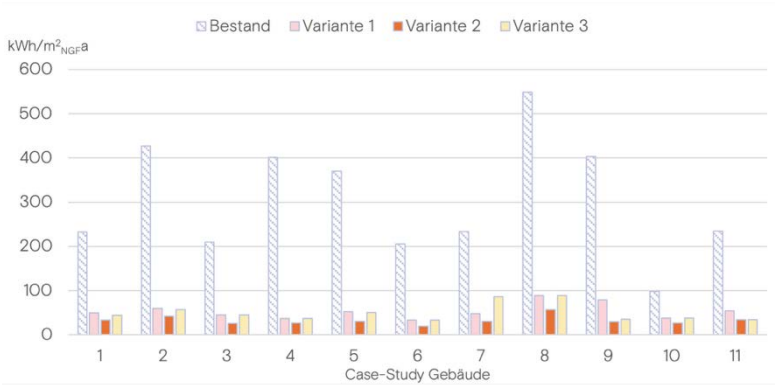


Abbildung 32 – Endenergie Bestand und Varianten 1-3

Quelle: eigene Berechnung

KOSTEN Am prägnantesten ist dabei zu vergleichen wie viel Euro investiert werden müssen, um eine Kilowattstunde Jahresendenergiebedarf einzusparen. Im Mittel betragen die Kosten zur Einsparung einer Kilowattstunde Endenergie pro Jahr bei Variante 1 1,15 €, während die Kosten bei Variante 2 mit 2,17 €/kWh pro Jahr rund 1,9-mal so hoch sind →Abbildung 31. Das lässt sich damit begründen, dass die ersten Einsparpotenziale vergleichsweise kosteneffektiv sind, da sie große Wärmeverluste der unsanierten Bestandsgebäude beheben, siehe →Abbildung 32. Um den anspruchsvolleren Standard von Variante 2 zu erreichen, müssen zusätzliche Maßnahmen mit deutlich höherem Materialaufwand und dementsprechend höheren Investitionen realisiert werden die - pro eingesparte Kilowattstunde - deutlich weniger Einsparpotenzial bieten (siehe Gebäudedossiers). Beim Vergleich der Kosten zeigt sich, dass Variante 2 mit 512 €/m^2_{NGF} im Mittel, in der Herstellung knapp 85 % höhere Investitionskosten hat als Variante 1 →Anhang 20 im gesamten Lebenszyklus jedoch nur rund 13% der Kosten durch die geringeren Energie- und CO_2 Kosten einspart →Anhang 21.

CS	Variante 1	Variante 2	Variante 3
in €	ökologisch	ökologisch	ökologisch
1	1,04 €	1,66 €	1,03 €
2	1,12 €	1,49 €	1,22 €
3	0,83 €	2,66 €	0,83 €
4	1,16 €	1,49 €	1,16 €
5	0,55 €	1,20 €	0,56 €
6	0,86 €	2,63 €	0,86 €
7	2,34 €	3,08 €	0,47 €
8	0,95 €	1,81 €	0,95 €
9	0,72 €	1,33 €	0,86 €
10	0,75 €	4,14 €	0,75 €
11	2,34 €	2,40 €	2,40 €
ø	**1,15 €**	**2,17 €**	**1,01 €**

Abbildung 31 – Preis pro Kilowattstunde eingesparter Endenergie

Quelle: eigene Berechnung

UMWELTWIRKUNGEN In der Herstellungsphase weist Variante 2 im Vergleich zu Variante 1 geringere Emissionen auf →Anhang 19. Emissionsbilanz fällt stärker negativ aus, allerdings ist der Ressourcenverbrauch zu berücksichtigen der bei Variante 2 mehr als doppelt so hoch ist wie bei Variante 1 →Abbildung 33, → Anhang 24. Mehr verbautes Holz kann theoretisch mehr biogenen Kohlenstoff speichern. Das gilt jedoch nur, wenn das Holz nachhaltig gewonnen wird und langfristig nachwächst. Die Vermeidung von Materialeinsatz ist daher gegenüber einer potenziell höheren Speicherfähigkeit abzuwägen. Durch die erhöhte Einsparung von Energie in der Variante 2 lassen sich auch die Emissionen im Betrieb deutlich reduzieren →Abbildung 34, →Anhang 23. Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass mit dem aktuellen deutschen Strommix gerechnet wurde. Beide Varianten setzen voraus, dass der Betrieb der Wärmepumpen mit erneuerbaren Energien erfolgt. Wenn gleichzeitig ein Ausbau von erneuerbaren Energien stattfindet, lassen sich die Emissionen im Betrieb deutlich senken.

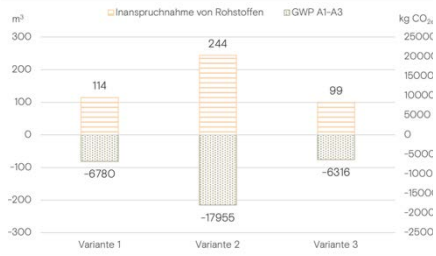


Abbildung 33 – Umweltwirkungen der Varianten

Quelle: eigene Berechnung

VARIANTE 3 ALS ERGEBNIS DER ANALYSE Bei Betrachtung der einzelnen Gebäude für sich lassen sich durchaus auch die Vorteile der Variante 2 argumentieren, insbesondere auf den gesamten Lebenszyklus betrachtet steht diese bei bestimmten Gebäuden wirtschaftlich und ökologisch besser als Variante 1 da.

Beim detaillierteren Vergleich (siehe Gebäudedossiers) innerhalb der Gebäude, stellte sich heraus, dass die Variante 1 teilweise noch optimiert werden könnte, da in der Erstellung dieser nur das Ziel der niedrigen Vorlauftemperatur angestrebt wurde, nicht aber das wirtschaftliche und ökologische Optimum. Aus diesem Grund wurde nach Analyse der Variante 1 und 2 noch eine Variante 3 erstellt, die „empfohlene" Variante die für das jeweilige Gebäude, aus der vorhergegangenen Analyse, das Optimum darstellt. Diese orientiert sich meist sehr nah an der Variante 1, weicht dann aber bei einigen Einzelmaßnahmen leicht ab. Bei zwei Gebäuden beschränkt sich Variante 3 auf den Austausch des bestehenden Wärmeerzeugers durch eine Wärmepumpe, da die Gebäudehülle bei näherer Betrachtung bereits einen relativ guten energetischen Zustand aufweist → Gebäudedossiers.

Bestand	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	Version ö		Version ö		Version ö	
	ø aller CS	Einsparung Bestand-V1	ø aller CS	Einsparung Bestand-V2	ø aller CS	Einsparung Bestand-V3
3904	1495	62%	914	77%	1403	64%

Abbildung 34 – GWP B6 der Varianten in $kgCO_{2Äq}/m^2_{NGF}$

Quelle: eigene Berechnung

Da der Energieverbrauch von Variante 3 tendenziell höher ist als der der Variante 2 →Anhang 18 wird mehr erneuerbarer Strom für die Wärmerzeugung benötigt. Wie bereits erläutert, steigen die spezifischen Investitionskosten pro zusätzlich eingesparte Kilowattstunde deutlich an, mit steigender Sanierungstiefe nimmt der zusätzliche Energieertrag pro investiertem Euro ab, was einem abnehmenden Grenznutzen entspricht [60].Die Kosten zur Einsparung einer Kilowattstunde Jahresendenergie liegen bei Variante 3 bei durchschnittlich 1,01 €/kWh →Abbildung 31. Dem gegenüber stehen Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien in einer Größenordnung von etwa 5 bis 22 Cent/kWh [61]. Auch unter Berücksichtigung zusätzlicher Systemkosten (Netzausbau, Speicherbedarf, Flächenbereitstellung etc.), deutet dieser Vergleich darauf hin, dass die Bereitstellung zusätzlicher erneuerbarer Strommengen sinnvoller sein kann als die letzten Effizienzsteigerungen durch ambitionierte Dämmstandards im Gebäudebestand. Dies spricht dafür, dass eine Strategie aus wirtschaftlich sinnvoller Effizienzsteigerung der Gebäude kombiniert mit einem konsequenten Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung häufig kosteneffizienter ist als eine Fokussierung auf maximale energetische Sanierungstiefen.

2.5.3.3 QUARTIERSBETRACHTUNG

Der Vergleich der Varianten zeigt, dass die Variante 2 auf Ebene des Einzelgebäudes, auf Grund des geringeren Energieverbrauchs im Betrieb, vorzuziehen wäre. Bei der Betrachtung eines gesamten Quartiers wird aber deutlich, dass angesichts limitierter Ressourcen und limitiertem Budget eine flächige Sanierung mit einem minimaleren Ansatz, wie der Variante 1 bzw. 3, deutlich kostengünstiger und kurzfristiger den Gesamtenergieverbrauch reduzieren kann. Eine flächige energetische Sanierung des kommunalen Gebäudebestands – oder größer betrachtet des Gebäudebestands Deutschlands – in der Variante 2 stellt einen im Vergleich nicht leistbaren Aufwand an finanziellen und ökologischen Materialien dar.

	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Endenergie	(kWh/a)	1.706.108	1.040.952	1.639.219
Kosten energetische Sanierung	€	6.962.899	16.928.625	6.720.034
Energiekosten	€/a	341.222	207.760	332.733
LCC	€	69.024.798	63.631.253	66.315.025
GWP A1-A3	kgCO2Äq	- 661.018	- 919.113	- 418.736
GWP B6	kgCO2Äq/a	955.425	582.926	917.949
Inanspruchnahme von Rohstoffen	m³	7207	8812	3627

Abbildung 35 – Übersicht der Ergebnisse bezogen auf das Quartier

Quelle: eigene Berechnung

VERGLEICH DER VARIANTEN AUF QUARTIERSEBENE Bei der Hochskalierung auf die 41 untersuchten Gebäude der kommunalen Liegenschaften wird die Relevanz der Ergebnisse verdeutlicht. In der Gesamtbetrachtung und dem Vergleich der Varianten weist Variante 2 einen knapp 37% geringeren Endenergieverbrauch als Variante 3 auf. Die deutlich höheren Investitionskosten von etwa 150% erschweren jedoch eine praktische Umsetzung in naher Zukunft. Über den gesamten Lebenszyklus relativiert sich dieser Unterschied teilweise. Hier ergibt sich für Variante 2 gegenüber Variante 3 ein Kostenvorteil von rund 2,68 Mio. €, was etwa 4 % entspricht. Die deutlich höheren Anfangsinvestitionen führen nur zu einem vergleichsweisen geringen wirtschaftlichen Vorteil über den Lebenszyklus →Abbildung 35. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten erweist sich daher Variante 3 als die realistisch umsetzbare Lösung während Variante 2 primär energetische Vorteile bietet, wobei Variante 3 auch schon erhebliche Energieeinsparungen von 81% gegenüber dem Bestand erzielt → Abbildung 36. →Anhang 25. Der Unterschied der Szenarien lässt sich wieder anschaulich anhand der Kosten für die Einsparung von einer Kilowattstunde Endenergie pro Jahr darstellen. Die Einsparung von einer Kilowattstunde Endenergie pro Jahr, bei der energetischen Sanierung aller öffentlichen Gebäude der Stadt, mit der maximal Variante 2 betragen mit 2,10€ mehr als doppelt so viel wie bei der Variante 1 mit 0,94€ und Variante 3 mit 0,90€. Mit diesem Ergebnis lässt sich die Variante 3 auch als Zielszenario für den kommunalen Gebäudebestand festlegen → Abbildung 37.

Bereits 2022 wurde im IPCC Bericht darauf hingewiesen wie wichtig es ist, schnell zu handeln um die THG-Emissionen zu senken [62]. Eine möglichst flächendeckende Sanierung der Gebäude, die es ermöglicht den Gesamtenergieverbrauch zu senken, ist zielführender als einzelne Gebäude auf einen besonders guten Standard zu bringen und dafür andere gar nicht zu sanieren.

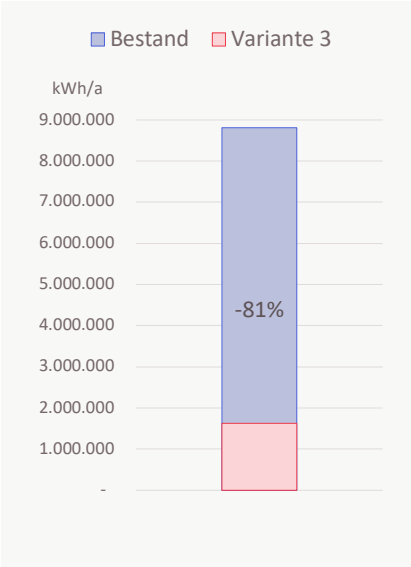


Abbildung 36 – Endenergieverbrauch Quartier

Quelle: eigene Berechnung

Würden alle Gebäude der Stadt auf den Standard der empfohlenen Variante 3 saniert, läge der Gesamtendenergiebedarf bei 1.693.219 kWh/a. Würden die hierfür anfallenden Herstellungskosten (6.720.034 €) für die energetische Sanierung (gemäß der zuvor definierten vereinfachten Parameter) ohne Berücksichtigung der baulichen Instandsetzung eingesetzt, um ausschließlich einen Teil der Gebäude auf den höheren Standard der Variante 2 zu bringen, während die übrigen Gebäude unsaniert blieben, könnten zwar die energetisch schlechtesten 23% (gemessen an der BGF) der kommunalen Liegenschaften deutlich verbessert werden. Der Gesamtendenergiebedarf des Quartiers läge in diesem Fall jedoch weiterhin bei 4.730.520 kWh/a. Damit würden lediglich rund 60% der möglichen Endenergieeinsparung von 1.693.219 kWh/a erreicht, die mit demselben Budget durch eine flächendeckende Sanierung aller Gebäude auf den Standard der Variante 3 erzielt werden könnten. Entsprechend hoch bleiben auch die Emissionen im Betrieb. Da in diesem Szenario die restlichen Gebäude unsaniert blieben, würde ein Großteil der kommunalen Liegenschaften

	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Energie-einsparung gegenüber dem Bestand	(kWh/a)	7.393.107	8.058.263	7.459.996
spez. Vermeidungskosten der Endenergie	€/kWh a	0,94	2,10	0,90

Abbildung 37 – Einsparungen auf Quartiersebene

Quelle: eigene Berechnung

weiterhin mit fossilen Energieträgern betrieben werden, dementsprechend wäre eine klimaneutrale Versorgung der Gebäude ausgeschlossen.

BEREITSTELLUNG DER ENERGIE Würden alle kommunalen Liegenschaften mit der Variante 3 saniert und damit auf einen mit Wärmepumpe beheizbaren Standard gebracht werden, müssten in der Kommune 1.693.219 kWh/a erneuerbarer Strom produziert werden, um die kommunalen Liegenschaften zu beheizen. In der kommunalen Wärmeplanung ist der Ausbau erneuerbarer Energien bereits vorgesehen, unter Anderem sind dort die Machbarkeitsprüfung einer Windkraftanlage sowie die Ausrüstung „sämtlicher geeigneter Dachflächen kommunaler Liegenschaften mit PV-Anlagen“ festgehalten [63]. Die zusätzlich benötigte Energie bei einer geringeren Wärmedämmung (als bei der Maximalvariante 2) wie in Variante 3 könnte über diese erneuerbaren Energiequellen regional und kostengünstig gedeckt werden.

WEITERE EINSPARPOTENZIALE Auf der Ebene des Quartiers ergeben sich weitere Einsparpotenziale durch die in AP02 beschriebenen Suffizienz Maßnahmen vor allem im Bereich der Nichtwohngebäude. Die Auswirkungen lassen sich unter anderem mit dem Sanierungstool modellieren, in dem auf Grund von Flächeneinsparungen, manche Gebäude verkauft oder verpachtet werden können. Mit Hilfe des Excel Tools kann so direkt getestet werden welche Auswirkungen sich daraus auf die Gesamtverbräuche und Kosten ergeben.
Wie in AP01 verdeutlich haben Wohngebäude einen hohen Anteil an den kommunalen Liegenschaften. Um den gesamten Gebäudebestand zur Klimaneutralität zu führen, ist es dementsprechend wichtig auch im Bereich der Wohngebäude aktiv zu werden, vor allem da diese bzw. private Haushalte den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch der ganzen Gemeinde haben [64].
Mit einem Anteil von knapp 20 % an der Gesamt-BGF, der auf Quartiersebene untersuchten Gebäude, die zugleich rund 25 % des aktuellen Endenergieverbrauchs ausmachen →Anhang 26, bietet sich für die Stadt die Möglichkeit, mit gutem Beispiel voranzugehen und aufzuzeigen, wie Wohngebäude durch den Einsatz ökologischer Materialien nachhaltig saniert werden können, um den Gesamtenergieverbrauch und die Emissionen der Gemeinde zu senken. Zu diesem Zweck wurde z.B. im Rahmen des Forschungsprojektes ein Bauworkshop durchgeführt der interessierten Bürger:innen nachhaltige Sanierungsmöglichkeiten nahebringen soll → Reallabormethoden.

2.6 AP 06 – ENTWICKLUNG DES RE:SOURCE LEITFADENS

2.6.1 EINORDNUNG UND ZIELSETZUNG

Im Rahmen eines Leitfadens werden die Ergebnisse des Projektes zusammengefasst, wissenschaftlich validiert und konkrete Handlungsempfehlungen identifiziert. Ziel ist eine niedrigschwellige und Open Source Veröffentlichung in gedruckter und digitaler Version, um eine möglichst breite Zielgruppe zu erreichen. Die Zielgruppe sind andere Kommunen und Kreise, Fachhandwerker:innen, Planende und Architekt:innen sowie Privatpersonen, insbesondere wenn sie eine denkmalgeschützte Immobilie besitzen. Der Leitfaden soll sowohl lokalen Investor:innnen als auch anderen Kommunen als Vorbild dienen.

2.6.2 METHODIK

2.6.2.1 DATENGRUNDLAGE

Die inhaltliche Grundlage des Leitfadens bieten alle im Rahmen des Projektes erarbeiteten Ergebnisse, dieser Abschlussbericht sowie das Feedback durch zwei externe wissenschaftliche Gutachter:innen.

2.6.2.2 ARBEITSSCHRITTE

Das Manuskript des Leitfadens basiert auf der Basis des Abschlussberichts und seinen Anhängen und orientiert sich in seiner Struktur, Sprache und Darstellung an den Anforderungen eines wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Publikums. Im Rahmen des Open Access Publikationsprozesses über den Verlag „Berlin Universities Publishing“ werden zwei unabhängige Expert:innengutachten erstellt und inhaltliche und formale Lektorate durchgeführt. Im nächsten Schritt werden Text und Grafiken gesetzt und gestaltet und voraussichtlich im Sommer 2026 in digitaler und gedruckter Form veröffentlicht.

2.6.3 ERGEBNISSE

Das Ergebnis ist eine wissenschaftlich geprüfte Dokumentation und zielgruppenspezifische Aufarbeitung der Ergebnisse des Forschungsprojektes, der Re:Source Leitfaden. Durch die breite Streuung, kombiniert mit der Praxisnähe der Ergebnisse des Reallabors sowie einer kommunikativen Überarbeitung verbessert der Leitfaden das Verständnis und erhöht die Akzeptanz klimaneutraler und kreislaufgerechter Sanierungsprojekte. Er veranschaulicht, wie sowohl Kommunen als auch Privatpersonen durch klimagerechte, suffizienzorientierte Planung Bestandsgebäude energetisch und nutzungsorientiert erhalten und den Bedarf an Neubauten reduzieren können. Um so einen wichtigen Beitrag zu leisten, um langfristig resilient auf zukünftige Entwicklungen reagieren zu können und die planetaren Grenzen nicht weiter zu überschreiten.

2.7 AP07 – REALLABOR RE:SOURCE NECKARGEMÜND UND PROJEKTKOMMUNIKATION

2.7.1 EINORDNUNG UND ZIELSETZUNG

Für eine grundlegende und zügige Transformation des kommunalen Gebäudesektors hin zum Bestandserhalt und dem ressourcen- und klimaangepassten (Um-)Bauens braucht es geeignete Methoden der Sprunginnovation. Eine zentrale Rolle spielt dabei das Format des Reallabors. Reallabore sind Testräume, in denen Wissenschaftler:innen und Akteur:innen aus Gesellschaft, Politik und Wirtschaft durch Ausprobieren und Experimentieren in einem ergebnisoffenen Prozess gemeinsam Wissen und Problemlösungen erarbeiten. Hierbei wird die Stadt selbst zum Labor und Ort der transdisziplinären Forschung[23]. Allgemeine Charakteristika für Reallabore sind, dass sie robuste und übertragbare Lösungsstrategien aufzeigen, dass (Real-)Experimente an einem konkreten zeitlichen und geographischen Ort durchgeführt werden und das Transdisziplinarität und Langfristigkeit in ihnen angelegt sind [65].
Das transdisziplinäre Reallabor Re:Source Neckargemünd verfolgt das übergeordnete Ziel neue Werkzeuge und Methoden für dem Umgang mit dem kommunalen Gebäudebestand zu entwickeln, prozessorientierte Formate des Austauschs und der Zusammenarbeit zu etablieren und lokale Akteur:innen aus Verwaltung, politischen Gremien, regionalem Handwerk, Baugewerbe und Herstellerbetrieben, Forschung und Stadtgesellschaft miteinander zu vernetzen. Hierbei sollen in möglichst allen Etappen multiple Perspektiven, lokales Wissen und persönliche Erfahrungen eingebunden werden und eine Reflexion und Dokumentation des Prozesses stattfinden.

Der Kern dieses Reallabors besteht aus der Stadtverwaltung der Stadt Neckargemünd als Initiatorin des Projekts, dem Natural Building Lab der Technischen Universität Berlin als Projektpartner sowie der gemeinnützigen Umwelt- und Verbraucherorganisation Nature plus e.V. als externe Partnerin →Abbildung 38.



Abbildung 38 – Akteursnetzwerk des Reallabors Re:Source Neckargemünd
Quelle: eigene Darstellung

2.7.2 METHODIK

2.7.2.1 DATENGRUNDLAGE

Das Reallabor bietet den Rahmen für eine transdisziplinäre Wissensproduktion durch unterschiedliche Formate an der Schnittstelle von Praxis, Forschung und Lehre. Die Formate wurden im Laufe des Projektes den jeweiligen Fragestellungen und Zielgruppen entsprechend entwickelt und waren darauf ausgelegt unterschiedliche Formen der Beteiligung zu ermöglichen.

2.7.2.2 ARBEITSSCHRITTE

Die Methoden und Formate des Reallabors wurden so konzipiert, dass sie regelmäßig wiederholt werden können und (in angepasster Form) auch auf andere Kommunen übertragbar sind. Im Rahmen einer beigefügten Broschüre (siehe Anhang) werden die Formate im Einzelnen beschrieben.

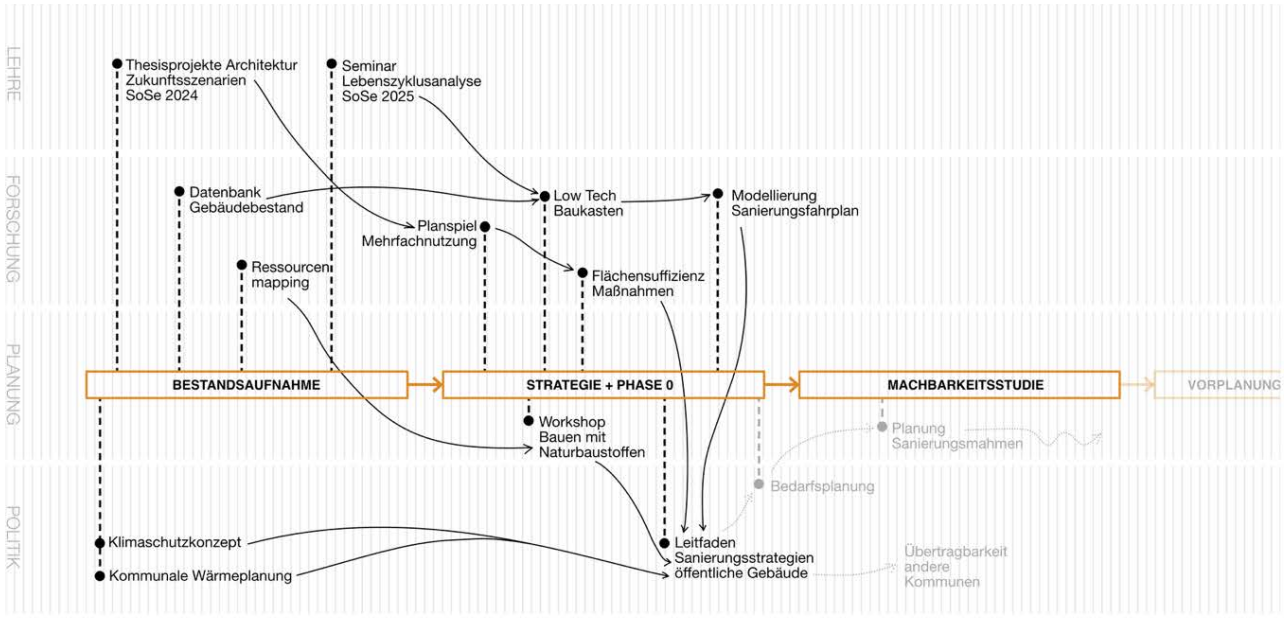


Abbildung 39 – Zeitplan und Formate des Reallabors

Quelle: eigene Darstellung

2.7.3 ERGEBNISSE

REALLABOR Der Reallaboransatz ermöglichte einen regelmäßigen Austausch und Perspektivwechsel zwischen den Projektbeteiligten und externen Akteur:innen (z.B. Studierende an der TU Berlin oder Bewohner:innen von Neckargemünd) und wurde von den Beteiligten als eine große Bereicherung wahrgenommen. Durch den wechselseitigen und regelmäßigen Informationsfluss zwischen Forschungsteam und den aktiv und zahlreich beteiligten Einwohner:innen von Neckargemünd entstand ein großer Mehrwert für das Forschungsprojekt, insbesondere durch den hohen Realitätsbezug. Das Forschungsprojekt beeinflusst mit seinen Ergebnissen unmittelbar die Planung der Kommune und konnte durch die Reallaborformate den Rückhalt von Entscheidungen auf politischer und gesellschaftlicher Ebene stärken. Das Ziel der Stadt Neckargemünd ist eine Fortführung des Reallabors bis hin zur Realisierung eines Modellprojekts gemäß den Ergebnissen des Forschungsprojektes.

KOMMUNIKATION DER PROJEKTERGEBNISSE Ein umfänglicher Open Access Leitfaden für Planer:innen und Kommunen befindet sich derzeit in Bearbeitung (siehe AP06) und wird im Universitätsverlag UP Publishers in gedruckter und digitaler Form erscheinen. Über die Websites der Projektpartner und in den Netzwerken der Projektpartner wird dieser dann zusätzlich in der Fachcommunity verbreitet. Eine Broschüre zum Reallaborkonzept und -methoden wird als Vorab-Veröffentlichung über die Kommunikationskanäle der Projektpartner in digitaler und gedruckter Form einer interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Die Veröffentlichung von wissenschaftlichen Beiträgen sowie die Teilnahme bei Netzwerkveranstaltungen und Workshops auf Basis der Projektergebnisse wird angestrebt. Zum Zeitpunkt des Projektabschlusses wurde das Forschungsprojekt bereits im Rahmen eines von Natureplus e.V. ausgerichteten Fachworkshops für Vertreter:innen aus Kommunen mit dem Titel „Vom Sanierungsstau zur Zukunftschance“ am 23.April 2026 in Heidelberg und als Beitrag im Rahmen des vom BBSR und NBL ausgerichteten Low-Tech-Forschungskolloquiums am 06.+07.Mai 2026 in Berlin vorgestellt und diskutiert.

Außerdem werden die Inhalte und Methoden im Rahmen von Lehr- und Weiterbildungsveranstaltungen an der TU Berlin und der Berliner Architektenkammer sowie inhaltlich verwandten Forschungsprojekten des NBL aufgegriffen und fortgeführt

3 FAZIT

Das Forschungsprojekt liefert wichtige Impulse und strategische Bausteine für die Stadt Neckargemünd auf dem Weg zu einer klimaneutralen und ressourcenschonenden Kommune. Die Ergebnisse des Projektes bilden eine Entscheidungsgrundlage für ein ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltiges Management des kommunalen Gebäudebestands. Hierbei liegt der Schwerpunkt besonders auf einer suffizienten Bedarfsplanung, der Reduktion des Strom- und Wärmeverbrauchs im Gebäudebetrieb durch bauliche Maßnahmen sowie dem Einsatz regionaler und nachwachsender Rohstoffe.
Sämtliche Gebäudeinformationen konnten durch eine Bestandsaufnahme erfolgreich zusammengeführt und ausgewertet werden und bildeten die Grundlage des Forschungsprojekts. Zusammenfassend verfügt die Stadt über überdurchschnittlich viele und ältere Gebäude mit relativ hohen Energieverbräuchen und vielen baulichen Mängeln. Auch wenn die Übersicht des Gebäudebestands aufgrund der hohen Vielfalt von Gebäudetypen und lückenhafter Datengrundlage keine vollständige Übersicht ergibt, fand die angewandte Methodik direkte Anwendung in der Arbeit der Stadtverwaltung und wird zukünftig fortgeführt.

Ein großes unausgeschöpftes Potenzial an Räumen in städtischen Bestandsgebäuden konnte durch eine Analyse der aktuellen Nutzungen aufgedeckt werden. Nach Anwendung von Suffizienzkriterien konnten die Flächen, deren zeitliche und räumliche Auslastung verdichtet werden könnten, quantifiziert und organisatorische und bauliche Lösungsansätze wie etwa Misch- und Mehrfachnutzungskonzepte vorgeschlagen werden. Diese Ansätze sind in Form von Maßnahmenkatalogen als Ideensammlungen zu verstehen, die es für eine Anwendung in die lokale Planungspraxis mit ihren realen Anforderungen zu übertragen gilt.

Eine Kartierung der regionalen Vorkommen und Verfügbarkeit von Ressourcen und Wertschöpfungsketten ergab, dass insbesondere hinsichtlich nachwachsender Rohstoffe wie Holz und Agrarreststoffe ein hohes Potenzial regionaler Anwendung besteht. Gleichzeitig wird sichtbar, dass für ReUse und Sekundärmaterialien organisatorische und logistische Voraussetzungen entscheidend sind, um Stoffströme verlässlich zu sichern und für kommunale Projekte nutzbar zu machen. Für eine stärkere Regionalität, Kreislaufgerechtigkeit und den Einsatz von Naturbaustoffen in der kommunalen Planungspraxis bietet die durchgeführte Recherche einen relevanten Ausgangspunkt, an den es in vielen Hinsichten (Aussschreibungsrichtlinien, Zulassungen, Verfügbarkeit Fachpersonal etc.) anzuknüpfen gilt.

Auf Basis von Case Study Analysen gelang es eine Strategie für die energetische Optimierung des gesamten kommunalen Gebäudebestands der Stadt Neckargemünd zu skizzieren. Ein Low Tech Baukasten zur energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden konnte auf elf exemplarische Gebäudetypen angewandt werden, sodass durch den Vergleich unterschiedlicher Bauweisen (ökologisch/konventionell) und Sanierungstiefen (Umfang der baulichen Maßnahmen) eine jeweils ökologisch und ökonomisch angemessene Variante empfohlen werden konnte. Hierbei eignen sich überwiegend Kombinationen aus Maßnahmen zur Dämmung der Gebäudehülle mit Naturbaustoffen mit einer regenerativen Wärme- und Stromversorgung. Bei den Ergebnissen der Quartiersstrategie handelt es sich um keine quantitativ belastbaren Simulationsergebnisse mit einem

Realitätsanspruch, sondern vielmehr um Ergebnisse einer Modellierung von Szenarien unterschiedlicher Sanierungsvarianten, die eine planerische Richtung und Prinzipien vorschlagen. Für eine tatsächliche Umsetzung von Gebäudesanierungen müssen neben den Maßnahmen zur energetischen Optimierung auch Maßnahmen zur baulichen Instandhaltung in Ökobilanz und Kostenprognosen berücksichtigt werden.
Die Durchführung unterschiedlicher transdisziplinärer Formate ermöglichte mit nachhaltiger Wirkung Akteure aus Politik, Verwaltung, Forschung und Zivilgesellschaft aktiv einzubinden, einen Wissen- und Erfahrungsaustauch und damit die Akzeptanz neuer Planungsansätze zu stärken. Durch die positive Resonanz aller beteiligten Zielgruppen wird die Stadt Neckargemünd das Reallabor fortführen und ein Modellprojekt, die energetische Sanierung eines städtischen Gebäudes, in die Umsetzung bringen.

Das Forschungsprojekt konnte durch seine Beteiligungsformate und seine Ergebnisse zur Bauwende auf kommunaler Ebene impulsgebend beitragen. Die Stadtverwaltung von Neckargemünd konzentriert sich zukünftig auf ein suffizientes Flächenmanagement sowie der ressourcengerechten Sanierung der Bestandsgebäude (und stellt den Neubau hinten an). Die empfohlenen Strategien für die energetische Sanierung der städtischen Gebäude werden neben instandhaltungsbedingten Sowieso-Sanierungsmaßnahmen in die zukünftige Planung einfließen. Die Stadt Neckargemünd hat das Potenzial durch ihre eigenen Bauaktivitäten die Wertschöpfungsketten für eine regionalen und biobasierte Kreislauf-Bauwirtschaft zu etablieren, bzw. stärken und privaten Bauherr:innen und anderen Kommunen ein Vorbild zu sein. Ein großer Teil der Ergebnisse und Methoden des Forschungsprojekts sind außerdem auf andere Kommunen übertragbar und können bei der Entwicklung von Sanierungsfahrplänen Richtung Ressourcengerechtigkeit und Klimaneutralität unterstützen.

LITERATURVERZEICHNIS

[1] SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN: *Suffizienz als „Strategie des Genug“: eine Einladung zur Diskussion*, *Diskussionspapier / Sachverständigenrat für Umweltfragen*. Berlin : Geschäftsstelle des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU), 2024 — ISBN 978-3-947370-27-6

[2] UMWELTBUNDESAMT: *Indikator: Energieverbrauch für Gebäude*. URL https://www.umweltbundesamt.de/indikator-energieverbrauch-fuer-gebaeude. - abgerufen am 2026-03-05

[3] DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR (DENA) (Hrsg.): *DENA-GEBÄUDEREPORT 2023. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand.”*. Berlin, 2022

[4] WUPPERTAL INSTITUT ; BUTTERFLY EFFECT CONSULTING (Hrsg.): *Studie Nachhaltige Baustoffwende*, 2025

[5] UMWELTBUNDESAMT: *Abfallaufkommen*. URL https://www.uba.de/n12535de. - abgerufen am 2025-06-24. — Umweltbundesamt - Ressourcen und Abfall

[6] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMASCHUTZ, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT: *Flächenverbrauch – Worum geht es?* URL https://www.bundesumweltministerium.de/WS2220. - abgerufen am 2025-06-24. — Bundesweltministerium - Reduzierung des Flächenverbrauchs

[7] STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS): *Seit 1950 wurden in der Bundesrepublik Deutschland durchschnittlich 405 000 neue Wohnungen pro Jahr fertiggestellt*. URL https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/06/PD23_N041_31.html. - abgerufen am 2025-10-23

[8] UMWELTBUNDESAMT: *Bevölkerungsentwicklung und Struktur privater Haushalte - Tab: Zahl der Haushalte von 2000 bis 2024 nach Haushaltsgröße*. URL https://www.uba.de/n11434de. - abgerufen am 2025-10-23

[9] BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN INDUSTRIE E.V. (BDI) (Hrsg.): *Potenzial von Nichtwohngebäuden nutzen Bestehende Potenziale erkennen. Smarte Technologien nutzen.* Berlin

[10] GIES, JÜRGEN ; HOLZ, PHILIPP ; JOSSIN, JASMIN ; MILBERT, ANTONIA ; MÜLLER, ANDRÉ ; PETERS, OLIVER ; SCHELLER, HENRIK ; BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) IM BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (BBR) (Hrsg.): *Wege zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands 2050*, *BBSR-Online-Publikation 02/2021*. Bonn, 2021

[11] STADT NECKARGEMÜND: *Energiebericht für Neckargemünd 2023*. Neckargemünd, 2023

[12] STADT NECKARGEMÜND: *Neufassung Energie- und Klimaschutzleitbild von Neckargemünd*. Neckargemünd, 2022

[13] UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): *Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten*. Dessau-Roßlau, 2019

[14] UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): *Klimaneutraler Gebäudebestand 2050 Energieeffizienzpotentiale und die Auswirkungen des Klimawandels auf den Gebäudebestand*. Dessau-Roßlau, 2017

[15] *Hintergrundpapier zur Gebäudestrategie Klimaneutralität 2045. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz*. Berlin, 2022

[16] JAHN, MARTIN ; KÖSTER, HANNAH ; LAROS, SIMON ; LEIENBACH, LARISSA ; EUROPA-UNIVERSITÄT FLENSBURG, ZENTRUM FÜR NACHHALTIGE ENERGIESYSTEME (ZNES) (Hrsg.): *Forschungsprojekt „Klimaschutzkonzept 2050 kommunale Gebäude“ (FKZ: 03KSF034)*. Flensburg, 2015

[17] LAGLEDER, MATTHIAS ; HE, MIAOMIAO ; LANG, WERDER ; NEMETH, ISABELL ; STOPPER, JOCHEN ; BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) IM BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (BBR) (Hrsg.): *Energetische Zustandsbewertung großer Gebäudebestände (OfDataLyse) Entwicklung eines Tools für die strategische Auswertung von heterogenen Datensätzen großer Gebäudebestände* (Nr. BBSR-Online-Publikation 21/2022). Bonn, 2022

[18] BEHRENDT, SIEGFRIED ; GÖLL, EDGAR ; KORTE, FRIEDERIKE ; IZT - INSTITUT FÜR ZUKUNFTSSTUDIEN UND TECHNOLOGIEBEWERTUNG GEMEINNÜTZIGE GMBH (Hrsg.): *Effizienz, Konsistenz, Suffizienz: strategieanalytische Betrachtung für eine Green Economy*, *IZT-Text*. Berlin : IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH, 2018 — ISBN 978-3-941374-35-5

[19] MADLENER, R.; ALCOTT, B.: *Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkoppelung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen*. Im Auftrag von: Enquete Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität” des Deutschen Bundestages. Zürich, 2011

[20] HASCHE, KATJA ; HOCK, ANNIKA ; LAMMERS, JÖRG ; LAUTWEIN, MICHAEL ; SCHÜLE, RALF ; SIEDLE, JULIA: Welchen Beitrag kann Suffizienz zum klima- und ressourcenschonenden (Nicht-)bauen leisten? In: KALTENBRUNNER, R. (Hrsg.): *Klima und*

Ressourcenschonende Bauwende. Neuausrichtung an den planetaren Grenzen. Bielefeld : transcript Verlag, 2025 — ISBN 978-3-8394-0031-9, S. 71–115

[21] ZIMMERMANN, PATRICK ; DR. BRISCHKE, LARS-ARVID ; BIERWIRTH, ANJA ; BUSCHKA, MICHAEL ; BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) IM BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (BBR) (Hrsg.): *Unterstützung von Suffizienzansätzen im Gebäudebereich*, *BBSR-Online-Publikation 09/2023*. Bonn, 2023

[22] UNEP (Hrsg.): *Sustainable, Resource Efficient Cities: Making It Happen!* Paris : UNEP, 2012 — ISBN 978-92-807-3270-2

[23] WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (WGBU) (Hrsg.): *Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte: Hauptgutachten*. 2. Berlin : Wissenschaftlicher Beirat d. Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, 2016 — ISBN 978-3-936191-44-8

[24] SIEDLE, JULIA: Nutzungsverdichtung im Gebäudebestand - Transformationsstrategien für weniger Neubau. In: INFORMATIONSKREIS FÜR RAUMPLANUNG (IFR) E.V. (Hrsg.) . Dortmund (2020), Nr. RaumPlanung 205/1-2020

[25] DEUTSCHER STÄDTETAG: Nachhaltiges und suffizientes Bauen in den Städten.

[26] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC): *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 1. Aufl. : Cambridge University Press, 2023 — ISBN 978-1-009-32584-4

[27] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR NACHHALTIGES BAUEN – DGNB E.V.: *Wegweiser Klimapositiver Gebäudebestand*. Stuttgart, 2022

[28] SCHRÖER, ACHIM: Mehrfach:Nutzen - Mehrfachnutzung und Space Sharing als Strategie zur nachhaltigen Stadtentwicklung. In: HENCKEL, D. ; KRAMER, C.: *Zeitgerechte Stadt: Konzepte und Perspektiven für die Planungspraxis*. Hannover : Verlag der ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 2019 — ISBN 978-3-88838-087-7, S. 203 bis 222

[29] BUNDESMINISTERIUM FÜR FAMILIE, SENIOREN, FRAUEN UND JUGEND (BMFSFJ): *Gesetz zur ganztägigen Förderung von Kindern im Grundschulalter (Ganztagsförderungsgesetz - GaFöG)*. URL https://www.bmfsfj.de/bmfsfj/service/gesetze/gesetz-rechtsanspruch-ganztagsbetreuung-grundschulen-178966?utm_source=chatgpt.com. - abgerufen am 2025-07-07

[30] BUNDESMINISTERIUM FÜR FAMILIE, SENIOREN, FRAUEN UND JUGEND (BMFSFJ): *Zweiter Bericht zum Ausbaustand der ganztägigen Bildungs- und Betreuungsangebote für Grundschulkinder nach § 24a SGB VIII*, *2*. Berlin, 2024

[31] STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS): *15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*. URL https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/begleitheft.html. - abgerufen am 2026-01-16

[32] MONTAG STIFTUNG JUGEND UND GESELLSCHAFT (Hrsg.): *Handbuch Schulen planen und bauen: Praxiswissen für die Phase Null*. Berlin : JOVIS, 2025 — ISBN 978-3-98612-224-9

[33] DEUTSCHE KINDER- UND JUGENDSTIFTUNG GMBH (DKJS) (Hrsg.): *Hand in Hand für einen gelungenen Übergang. Praxistipps für eine intensive Kooperation von Kitas und Grundschulen und die gemeinsame Gestaltung kontinuierlicher Bildungsprozesse. Abschlussbericht Kinderbildungszentren Baden-Württemberg* (Abschlussbericht). Stuttgart : Deutsche Kinder- und Jugendstiftung GmbH (DKJS), 2024

[34] STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS): *Demografischer Wandel*. URL https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/_inhalt.html. - abgerufen am 2026-01-15

[35] STATISTISCHES BUNDESAMT: *Entwicklung der privaten Haushalte zwischen 1991 und 2040*. URL https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/Hintergruende-Auswirkungen/demografie-privathaushalte.html. - abgerufen am 2026-01-15

[36] MINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND WOHNEN BADEN-WÜRTTEMBERG: *Fokus Raumentwicklung 1 (2024): Der demografische Wandel in Baden-Württemberg*. Stuttgart, 2024

[37] PRYTULA, MICHAEL ; LUTZ, MANUEL ; HELFRICH, SOFIA ; KLEEMANN, MAX ; BÖLTING, TORSTEN ; KATNY, MATTHIAS ; ORTIZ, ANDRÉ: *Infrastrukturen des Gemeinsamen in der gemeinwohlorientierten Quartiersentwicklung: Untersuchung der Potentiale und Umsetzungshemmnisse für die Realisierung von Infrastrukturen des Gemeinsamen* (BBSR-Online-Publikation Nr. 34/2023). Bonn

[38] CARSTENSEN, SVEN ; FRECHEN, JOSEPH ; NUSSBAUM, JAKOB: *Büro- und Einzelhandelsimmobilien im Spannungsfeld von Krisen, Homeoffice und Klimaverpflichtung* (BBSR-Online-Publikation 45/2025). Bonn, 2025

[39] GEIER, WOLFRAM: *Strukturen, Akteure und Zuständigkeiten des deutschen Bevölkerungsschutzes | Bevölkerungsschutz*. URL https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/bevoelkerungsschutz-2021/327989/strukturen-akteure-und-zustaendigkeiten-des-deutschen-bevoelkerungsschutzes/. - abgerufen am 2026-05-05. — bpb.de

[40] DEUTSCHER BIBLIOTHEKSVERBAND E.V: Grundlagenpapier. Bibliotheken als Dritte Orte stärken und Sonntagsöffnung ermöglichen.

[41] BUNDESSTIFTUNG BAUKULTUR (Hrsg.): *Baukultur Bericht. Neue Umbaukultur 2022/23*. 2. Auflage. : Bundesstiftung Baukultur, 2023 — ISBN 978-3-9822240-1-5

[42] BUNDESMINISTERIUM FÜR WOHNEN, STADTENTWICKLUNG UND BAUWESEN (BMWSB): ÖKOBAUDAT.

[43] BUNDESINSTITUT FÜR BAU, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR): BNB Nutzungsdauer von Bauteilen.

[44] LAUSS, LUKAS; MEIER, ANDREAS; AUER, THOMAS: *Uncertainty and sensitivity analyses of operational errors in air handling units and unexpected user behavior for energy efficiency and thermal comfort*. Energy Efficiency, 2022

[45] JAGNOW, KATI ; BUTHOD-GARÇON, NILS: *Energetische Bewertung von Gebäuden: Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich: Überarbeitung DIN V 18599 Beiblatt 1* (Nr. BBSR-Online-Publikation 05/2025), 2025

[45] STADT NECKARGEMÜND: *Energiebericht für Neckargemünd 2024*. Neckargemünd, 2024

[46] MELLWIG, PETER ; PEHNT, MARTIN ; LEMPIK, JULIA: *Energieeffizienz als Türöffner für erneuerbare Energien im Gebäudebereich. Studie im Auftrag des Verbandes für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V.* Heidelberg : ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, 2021

[47] WIRTH, HARRY ; FRAUNHOFER ISE (Hrsg.): *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. Freiburg, 2026

[48] BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (BMWK) (Hrsg.): *Photovoltaik-Strategie - Handlungsfelder und Maßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der Photovoltaik*. Berlin, 2023

[49] FORSCHUNGSINSTITUT FÜR WÄRMESCHUTZ E.V. MÜNCHEN: *Technologien und Techniken zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden durch Wärmedämmstoffe*. Gräfelfing, 2023

[50] FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (FNR) (Hrsg.): *Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen*. Gülzow-Prüzen, 2020

[51] DR. JOHN, VIOLA ; PROF. DR.-ING. STARK, THOMAS ; BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) (Hrsg.): *Wieder- und Weiterverwendungvon Baukomponenten (RE-USE) Potenzial zur systematischen Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten im regionalen Kontext und Realisierung eines Pilotprojektes*. Bonn, 2021

[52] *Nachhaltiges Bauen - Fraunhofer IOSB*. URL https://www.iosb.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2019/nachhaltiges-bauen.html. - abgerufen am 2026-05-13. — Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

[53] *„Circular City Heidelberg“: HeidelbergCement ist Teil von europaweit erstem kommunalen Urban-Mining-Projekt | Heidelberg Materials Deutschland*. URL https://www.heidelbergmaterials.de/de/media/baufachpresse/circular-city-heidelberg. - abgerufen am 2026-05-13

[54] *BioCyclesRN | Mannheim.de*. URL https://www.mannheim.de/de/wirtschaft-entwickeln/wirtschaftsstandort/green-industry-cluster/biocyclesrn. - abgerufen am 2026-05-13

[55] BUNDESMINISTERIUM DES INNERN, FÜR BAU UND HEIMAT: Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB).

[56] KEMMLER, ANDREAS ; KREIDELMEYER, SVEN ; LIMBERS, JAN ; LÜBBERS, SEBASTIAN ; MURALTER, FABIAN: *Rahmendaten für die Treibhausgas-Projektionen 2025*. Dessau-Roßlau : Umweltbundesamt, 2025

[57] *Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen*. URL https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/gesellschaftliche-kosten-von-umweltbelastungen. - abgerufen am 2026-03-06. — Umweltbundesamt

[58] LÜTZKENDORF, THOMAS: *Klimaschutz im Gebäudebereich Grundlagen, Anforderungen und Nachweismöglichkeiten für klimaneutrale Gebäude – ein Diskussionsbeitrag*, *BBSR-Online-Publikation*. Bonn : Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), 2021

[59] BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (LAGA) (Hrsg.): *Möglichkeiten der Einsparung, der Substitution und des Recyclings von Gips*, 2022

[60] HUMMEL, M. ; BÜCHELE, R. ; MÜLLER, A. ; AICHINGER, E. ; STEINBACH, J. ; KRANZL, L. ; TOLEIKYTE, A. ; FORTHUBER, S.: The costs and potentials for heat savings in buildings: Refurbishment costs and heat saving cost curves for 6 countries in Europe. In: *Energy and Buildings*, Elsevier (2021), Nr. 231

[61] KOST, CHRISTOPH ; MÜLLER, PAUL ; SEPÚLVEDA SCHWEIGER, JAEL ; FLURI, VERENNA ; THOMSEN, JESSICA: *Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien* (Studie). Freiburg : Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2024

[62] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Sythesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland, 2023, S. 1–34

[63] GEF INGENIEUR AG: *Kommunale Wärmeplanung Stadt Neckargemünd* (Nr. Version 3.0). Leimen, 2025

[65] SCHAEPKE, NIKO; STEZLZER, FRANZISKA; BERGMANN, MATTHIAS; SINGER-BRODOWSKI, MANDY; WANNER, MATTHIAS; CANIGLIA, GUIDO: *Reallabore im Kontext transformativer Forschung. Ansatzpunkte zur Konzeption und Einbettung in den internationalen Forschungsstand* (Nr.1/2017). Leuphana Universität Lüneburg, Institut für Ethik und Transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung, 2017

[66] KOLBE, PETER ; KRÄCK, JAN ; GUGEL, BENJAMIN ; BAUER, HELMUT: *Integriertes Klimaschutzkonzept Stadt Neckargemünd*. Heidelberg : KliBA gGmbH, 2013

[67] LAGE, JONAS ; BÖCKER, MAIKE ; CHRIST, MICHAELA: Wie kann Suffizienzpolitik gelingen? Planung und Umsetzung suffizienzorientierter Stadtentwicklung durch kommunale Verwaltungen. In: *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* Bd. 32 (2023), Nr. 4, S. 368–376

[68] MONTAG STIFTUNG JUGEND UND GESELLSCHAFT: *Ganztag und Raum*. URL https://www.montag-stiftungen.de/handlungsfelder/paedagogische-architektur/ganztag-und-raum. - abgerufen am 2025-07-07. — Dokumentationen unserer Pilotprojekte

[69] FAUTH, RAINER; PIEPER, MARIANNE : *Designing sustainable office spaces- how to combine workspace characteristics with sufficiency*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022

[70] NOUROUZIASAS, ALIREZA; ATTIA, SHADY; HAMDY, MOHAMED: *Impact of Space Utilization and Work Time Flexibility on Energy Performance of Office Buildings*. Journal of Building Engineering, 2024

4 ANHÄNGE

Anhang 1 – Zielwerte Nutzungsintensität und F1

Typologie			Zielwerte Nutzungsintensität					Zielwerte Flächennutzung	
ID	Nutzung	Nutzungscodes (NC)	Stunden/Tag [h/a]	Tage/Jahr [d/a]	Belegungszeit im Jahr [h/a]	Erläuterung	Quellen/ Referenzen	m²/Person	Quellen/ Referenzen
A.1	Verwaltung + Nachmittagsnutzung	12, 13, 14, 21, 22, 27, 42, 44, 232, 261, 411	10,5	301	3.161	h/d: 1 Arbeitstag 8h + Pause 1h (9h x 5 Tage) / 6 Nutzungstage= 7,5 h/d + Nachmittagsnutzung, 3 Tage die Woche, 18:00-22:00 (4h x 3 Tage) / 6 Nutzungstage = 2 h/d + Samstag 10:00-16:00 6h / 6 Nutzungstage= 1 h/d **10,5 h/d** d/a: Nutzung über das gesamte Jahr hinweg an sechs Tagen pro Woche (an Samstagen ganztägig für außerbetriebliche Nutzung offen), abzüglich von 11 gesetzlichen Feiertagen **52 x 6 - 11 = 301 d/a**	Hock, Eckart, 2025, S.12. *Nachmittagsnutzung ergänzt*	13	BMF, 2023.
B.1	Ganztagschule + Nachmittagsnutzung	12, 13, 15, 21, 22, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 411, 611, 612, 793, 913, 5512	10	271	2.710	h/d: 1 Schultag Ganztag 08:00-16:00 (8h x 5 Tage) / 6 Nutzungstage= 6,67 h/d + Nachmittagsnutzung, 3 Tage die Woche, 17:00-22:00 (5h x 3 Tage) / 6 Nutzungstage= 2,5 h/d + Samstagnutzung 6h / 6 Tage= 1 h/d **10 h/d** d/a: Schulwoche mit 5 Tagen abzüglich Ferien (190 Tage), plus Samstage (52 Tage) und 30% Feriennutzung (29 Tage). **271 d/a**	Hock, Eckart, 2025, S.12.; Schulgesetz Baden-Württemberg (SchG BW), § 59 Abs. 4. Landesrecht BW; *Nachmittagsnutzung ergänzt aus eigener Erhebung*	Primärstufe 6,5 - 9,5 Sekundärstufe I 6,4 - 10,6 Sekundärstufe II 7,1 - 10	Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft et al., 2022, S. 69. Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft et al., 2022, S. 70 Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft et al., 2022, S. 71
B.2	Kindergarten + Nachmittagsnutzung		10,6	280	2.968	h/d: Öffnungszeiten KiTas 07:30 - 16:00 (8,5h x 5 Tage) / 6 Nutzungstage = 7,08 h/d + Nachmittagsnutzung, 3 Tage die Woche, 17:00-22:00 (5h x 3 Tage) / 6 Nutzungstage = 2,5 h/d + Samstagnutzung 6h / 6 Nutzungstage = 1 h/d **10,6 h/d** d/a: Nutzung über das gesamte Jahr hinweg an 6 Tagen die Woche (312 Tage), abzüglich von 11 gesetzlichen Feiertagen und 21 Schließtagen. **52 x 6 - 11 - 21 = 280 d/a**	Bock-Famulla et al., 2023, S. 7. *Nachmittagsnutzung ergänzt*	4,5 - 6,5	DGUV, 2019, S. 24.
K.1	Kultur (Museum, Bib)		10	301	3.010	h/d: 10 Stunden tägliche Öffnungszeit (z. B. Museum 10:00–20:00) **10 h/d** d/a: ganzjährige Nutzung sechs Tage pro Woche, abzüglich 11 Feiertagen: **52 × 6 – 11 = 301 d/a** Gelegentliche Schließtage werden nicht berücksichtigt.	Hock, Eckart, 2025, S.12	/	/

Anhang 2 – Übersicht Schulgebäude Neckargemünd

allgemeine Objektinformationen

ID	Adresse/Objekt	Ortsteil	Nutzung	BGF	NGF
28	Alter Postweg 10	Kernstadt Neckargemünd	Schule	13.837	12.565
28.1			Realschule	5.996	
28.2			Gymnasium	7.857	
24	Banngartenstr. 16	Kernstadt Neckargemünd	Schule	3.987	3.500
25	Im Spitzerfeld 33	Kernstadt Neckargemünd	Schule	1.660	1.439
26	Jakob-Bernhard-Str. 13	Dilsberg	Schule	2.898	2.533
27	Schulstr. 8	Waldhilsbach	Mischnutzung	847	736
27.1			Schule	530	464
27.4			VHS	42	31
27.2			Verwaltung	169	148
27.3			Wohnen	106	93
Gesamt				**22.912**	**21.509**

Stand November 2025

Anhang 3 – Flächennutzung Schulgebäude

aktuelle Flächennutzung

Vergleich der IST-Kennwerte mit typologischen Referenzwerten zur Bewertung des Handlungsbedarfs

ID	spezif. Nutzfläche (Nftyp) [m²]	IST Personen	Personenkreis bewertet	IST NFtyp/Person [m²]	Zielwert NFtyp/Person [m²]	Minimumwert NFtyp/Person [m²]	Übermaß pro Person [m²]	theoretisch freisetzbare Fläche [m²]
28	7.923	1.352	Schüler:innen					
28.1	3.430	543	Schüler:innen	6,32	*6,4 - 10,6*	*6,4*	0	-45
28.2	4.493	809	Schüler:innen	5,55	*7,1 - 10*	*7,1*	-2	-1.251
24	1.812	330	Schüler:innen	5,49	*6,5 - 9,5*	*6,5*	-1	-333
25	973	65	Schüler:innen	14,97	*6,4 - 10,6*	*6,4*	8,6	557
26	885	99	Schüler:innen	8,94	*6,5 - 9,5*	*6,5*	2,4	242
27								
27.1	216	32	Schüler:innen	6,75	*6,5 - 9,5*	*6,5*	0	8
27.4								
27.2								
27.3								
	11.809	**1.878**	**Schüler:innen**	**6,29**		**ø 6,57**	**0**	**0**

Stand November 2025

Anhang 4 – Analyse Nutzungsintensität Schulgebäude

aktuelle Nutzungsintensität

Vergleich der jährlichen IST-Nutzungsstunden mit typologischen Zielwertenzur Bewertung des Handlungsbedarfs

ID	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Nutzungs-stunden Tag [h/Tag]	Nutzungs-tage Jahr [d/a]	Zielwert Nutzungstage Jahr [d/a]	Nutzungs-stunden Jahr [h/a]	Zielwert Nutzungsstunden Jahr [h/a]	Nutzungs-intensität [%]
28													
28.1	10	10	10	10	7	0	0	9,40	184	*240*	1.730	*2.640*	66%
28.2	10	10	10	10	8	0	0	10	184	*240*	1.766	*2.640*	67%
24	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	0	0	8,5	184	*240*	1.564	*2.640*	59%
25	5	5	8	5	5	0	0	6	184	*240*	1.030	*2.640*	39%
26	8,5	8,5	10,5	8,5	8,5	0	0	9	184	*240*	1.638	*2.640*	62%
27													
27.1	7	7	7	7	7	0	0	7	184	*240*	1.288	*2.640*	49%
27.4													
27.2													
27.3													
	Gesamt							**ø 8**	**ø 184**	*240*	**1.503**	*2.640*	**57%**

Stand November 2025

Anhang 5 – Übersicht Verwaltungsgebäude Neckargemünd

allgemeine Objektinformationen

ID	Adresse/Objekt	Ortsteil	Nutzung	BGF	NGF
27	Schulstr. 8	Waldhilsbach	Mischnutzung	847	736
27.2			Verwaltung	169	148
27.1			Schule	530	464
27.4			VHS	42	31
27.3			Wohnen	106	93
32	Bahnhofstr. 54	Kernstadt Neckargemünd	Verwaltung	3.893	3.264
33	Talstr. 27/29	Mückenlioch	Mischnutzung	321	238
33.1			Verwaltung	137	102
33.2			Feuerwehr	184	136
33.3			Wohnen	149	238
Gesamt			**Verwaltung**	**4.199**	**3.514**

Stand November 2025

Anhang 6 – Analyse Flächennutzung Verwaltungsgebäude

aktuelle Flächennutzung
Vergleich der IST-Kennwerte mit typologischen Referenzwerten zur Bewertung des Handlungsbedarfs

ID	spezif. Nutzfläche (Nftyp) [m²]	IST Personen	Personenkreis bewertet	IST NFtyp/Person [m²]	Zielwert NFtyp/Person [m²]	Übermaß pro Person [m²]	theoretisch freisetzbare Fläche [m²]
27							
27.2	88	2	Mitarbeitende	44	*13*	31	62
27.1							
27.4							
27.3							
32	2.029	63	Mitarbeitende	32	*13*	19	1.210
33							
33.1	99,85	2	Mitarbeitende	50	*13*	37	74
33.2							
33.3							
	2.216	**67**	**Mitarbeitende**	**33**	*13*	**20**	**1.345**

Stand November 2025

Anhang 7 – Analyse Nutzungsintensität Verwaltungsgebäude

aktuelle Nutzungsintensität
Vergleich der jährlichen IST-Nutzungsstunden mit typologischen Zielwerten zur Bewertung des Handlungsbedarfs

ID	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Nutzungs-stunden Tag [h/Tag]	Nutzungs-tage Jahr [d/a]	Zielwert Nutzungstage Jahr [d/a]	Nutzungs-stunden Jahr [h/a]	Zielwert Nutzungsstunden Jahr [h/a]	Nutzungs-intensität [%]
27													
27.2	11	11	11	11	11	0	0	11	232	*301*	2.552	*3.161*	81%
27.1													
27.4													
27.3													
32	11	11	11	11	11	0	0	11	246	*301*	2.706	*3.161*	86%
33													
33.1	11	11	11	11	11	0	0	11	246	*301*	2.706	*3.161*	86%
33.2													
33.3													
	Gesamt							**ø 11**	**ø 241**	***301***	**2.655**	***3.161***	**84%**

Stand November 2025

Anhang 8 – Übersicht Kindergartengebäude Neckargemünd

allgemeine Objektinformationen

ID	Adresse/Objekt	Ortsteil	Nutzung	BGF	NGF
6	Allmendweg 4	Dilsberg	Kindergarten	754	637
7	Heidelberger Str. 14	Waldhilsbach	Mischnutzung	792	672
7.1			Kindergarten	584	498
7.2			Wohnen	208	175
8	Waldwimmersbacher Str. 15	Mückenloch	Mischnutzung	717	623
8.1			Kindergarten	620	539
8.2			Wohnen	97	84
9	Eichendorffstr. 18	Kernstadt Neckargemünd	Kindergarten	1.043	859
10	Kurpfalzstr. 9	Kleingemünd	Kindergarten	993	830
24.4	Banngartenstr. 16	Kernstadt Neckargemünd	Kindergarten	430	353
Gesamt			**Kindergarten**	**4.424**	**3.716**

Stand November 2025

Anhang 9 – Analyse Flächennutzung Kindergartengebäude

aktuelle Flächennutzung

Vergleich der IST-Kennwerte mit typologischen Referenzwerten zur Bewertung des Handlungsbedarfs

ID	spezif. Nutzfläche (Nftyp) [m²]	max. Personen	IST Personen	Personenkreis bewertet	IST NFtyp/Person [m²]	Zielwert NFtyp/Person [m²]	Mittelwert NFtyp/Person [m²]	Übermaß pro Person [m²]	theoretisch freisetzbare Fläche [m²]
6	262		51	Kinder	5,1	*4,5 - 6,5*	*5,5*	0,0	0
7									
7.1	318		58	Kinder	5,5	*4,5 - 6,5*	*5,5*	0,0	0
7.2									
8									
8.1	293		45	Kinder	6,5	*4,5 - 6,5*	*5,5*	1,0	46
8.2									
9	561	80	55	Kinder	10,2	*4,5 - 6,5*	*5,5*	4,7	259
10	423		70	Kinder	6,0	*4,5 - 6,5*	*5,5*	0,5	38
24.4	301	30	28	Kinder	10,8	*4,5 - 6,5*	*5,5*	5,3	147
	2.158		**307**	**Kinder**	**7,0**	**4,5 - 6,5**	**5,5**	**1,5**	**470**

Stand November 2025

Anhang 10 – Analyse Nutzungsintensität Kindergartengebäude

aktuelle Nutzungsintensität

Vergleich der jährlichen IST-Nutzungsstunden mit typologischen Zielwerten zur Bewertung des Handlungsbedarfs

ID	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Nutzungsstunden Tag [h/Tag]	Nutzungstage Jahr [d/a]	Zielwert Nutzungstage Jahr [d/a]	Nutzungsstunden Jahr [h/a]	Zielwert Nutzungsstunden Jahr [h/a]	Nutzungsintensität [%]
6	7	7	7	7	7	0	0	7	215	*280*	1.505	*2.968*	51%
7													
7.1	7	9	7	7	7	0	0	7,4	221	*280*	1.635	*2.968*	55%
7.2													
8													
8.1	7	7	7	7	7	0	0	7	227	*280*	1.589	*2.968*	54%
8.2													
9	9,5	11,0	9,5	11,0	9,5	0	0	10,1	221	*280*	2.232	*2.968*	75%
10	11	11	9	9	9	0	0	9,8	230	*280*	2.254	*2.968*	76%
24.4	10	10	10	10	10	0	0	10	222	*280*	2.220	*2.968*	75%
	Gesamt							**ø 9**	**ø 223**	***280***	**1.904**	***2.968***	**64%**

Stand November 2025

Anhang 11 – Übersicht Kulturgebäude Neckargemünd

allgemeine Objektinformationen					
ID	**Adresse/Objekt**	**Ortsteil**	**Nutzung**	**BGF**	**NGF**
44	An der Friedensbrücke 2	Kernstadt Neckargemünd	Mischnutzung	1.259	1.106
44.2			Kultur	825	
44.1			Wohnen	434	
11	Dilsberger Str. 2	Kernstadt Neckargemünd	Kultur	924	478
14	Dilsberger Str. 32	Kernstadt Neckargemünd	Kultur	474	278
12	Hauptstr. 25	Kernstadt Neckargemünd	Kultur	1.019	785
12.1			Bücherei	199	154
12.2			Museum	820	631
Gesamt				**3.242**	

Stand November 2025

Anhang 12 – Analyse Nutzungsintensität Museum und Bibliothek Neckargemünd

aktuelle Nutzungsintensität
Vergleich der jährlichen IST-Nutzungsstunden mit typologischen Zielwerten zur Bewertung des Handlungsbedarfs

ID	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Nutzungs-stunden Tag [h/Tag]	Nutzungs-tage Jahr [d/a]	Zielwert Nutzungstage Jahr [d/a]	Nutzungs-stunden Jahr [h/a]	Zielwert Nutzungsstunden Jahr [h/a]	Nutzungs-in-tensität [%]
44													
44.2								unbekannt	unbekannt	*301*		*3.010*	
44.1													
11								unbekannt	unbekannt	*301*		*3.010*	
14								unbekannt	43	*301*		*3.010*	
12	3	0	6	3	3	6	6	4,5	246	*301*	1.107	*3.010*	37%
12.1	3	0	6	3	3	3	0	3,6	246	*301*	886	*3.010*	29%
12.2	0	0	0	0	0	6	6	6,0	104	*301*	624	*3.010*	21%
Gesamt								-	-	-	-	-	-

Stand November 2025

Anhang 13 – Maßnahmenkatalog

Die Tabellen zeigen eine Auswahl relevanter politischer, kommunaler und gebäudebezogener Suffizienzmaßnahmen, die auf Grundlage von Literatur als besonders geeignet erscheinen. Sie stellen mögliche Ansatzpunkte dar und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

A ÜBERGEORDNETE (POLITIK)INSTRUMENTE

	Maßnahme	Beschreibung	Zuständigkeit	Quelle
A1	Nationale Effizienz- und Suffizienzstrategie	Entwicklung einer übergeordneten Strategie die Suffizienzziele integriert; Verankerung von Suffizienz in Klimaschutz- und Bauförderprogrammen	Bund	[10]
A2	Suffizienz in Bundesgebäuden	Anwendung suffizienter Bau- und Nutzungsprinzipien bei Bundesbauten (z. B. Flächennormen, Low-Tech)	Bund	[10]
A3	Anpassung der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)	Anpassung der Förderkriterien an Suffizienz-Prinzipien	Bund	[21]
A4	Anpassungen im Bau- und Planungsrecht	Bau- und planungsrechtliche Hindernisse zur Umsetzung von Suffizenzmaßnahmen abbauen	Bund, Länder	[21]
A5	Weiterentwicklung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)	Ergänzung um Suffizienzindikatoren (z. B. absolute THG-Grenzen, Flächenbezug)	Bund	[21]
A6	Suffizienz orientierte Öffentlichkeitsarbeit und bundesweite Kampagne	Nationale Informationskampagne zu suffizientem Bauen und Wohnen	Bund, Länder, Kommunen	[21]
A7	Integration von Suffizienz in kommunale Planungsprozesse	Prozessuale und finanzielle Unterstützung der Kommunen beim Aufbau von Leerstands und Nachverdichtungspotenzialkatastern sowie kommunalen Wärmeplanungen	Bund, Länder, Kommunen	[21]
A8	Integration von Suffizienz-orientierten Inhalten in Beratungsangeboten	Ergänzung von Energie- und Sanierungsberatung um suffiziente Nutzungs- und Flächenthemen	Bund, Länder, Kommunen	[21]
A9	Suffizienz-gewichtete Förderlandschaft	Förderprogramme sollten Suffiziensansätze integrieren und gewichten	Bund, Länder, Kommunen	[21]

B KOMMUNALE INSTRUMENTE

	Maßnahme	Beschreibung	Zuständigkeit	Quelle
B1	Suffizienz als kommunales Leitbild	Suffizienz als handlungsleitendes Prinzip in bestehende Strategien, Leitbilder und Prozesse integrieren	Kommune	[21], [65]
B2	Aufbau von Potenzialflächen- und Nutzungskatastern	Anwendung suffizienter Bau- und Nutzungsprinzipien bei Bundesbauten (z. B. Flächennormen, Low-Tech)	Kommune	[21]
B3	Aktive kommunale Bodenpolitik	Anpassung der Förderkriterien an Suffizienz-Prinzipien	Kommune	[21]

C GEBÄUDEBEZOGENE MAßNAHMEN

	Maßnahme	Beschreibung	Zuständigkeit / Beteiligte Akteure	Quelle
C1	Reduktion von Leerstand	Aktivierung un- oder untergenutzter Gebäude und Räume	Verwaltung	[21]
C2	Erhöhung der Nutzungsintensität	Zeitliche Ausweitung der Nutzung bestehender Gebäude zur Vermeidung zusätzlicher Flächenbedarfe	Verwaltung, Nutzende	[69], [70]
C3	Abwechselnde Mehrfachnutzung	Unterschiedliche Nutzungen eines Gebäudes oder Raumes zu verschiedenen Tages- oder Wochenzeiten	Verwaltung, Gebäudemanagement	[69]
C4	Parallele Mehrfachnutzung	gleichzeitige unterschiedliche Nutzungen eines Gebäudes oder Raumes	Verwaltung, Gebäudemanagement	[69]
C5	Vermeidung von Überdimensionierung (Reduktion der Pro-Kopf-Fläche)	Nutzflächen an tatsächliche Bedarfe anpassen, Raumprogramme kritisch hinterfragen und überdimensionierte Raumansprüche hinterfragen	Verwaltung, Gebäudemanagement	[21]
C6	Anpassungsfähige Grundrisse	Umnutzbarkeit von Räumen durch minimale bauliche Eingriffe (z.B. Möglichkeiten einer Einliegerwohnung im Einfamilienhaus oder leicht rückbaubare Trennwänden in einem Bürohaus)	Verwaltung	[21]
C7	Mobiliar anpassen	Raumausstattung flexibel, multifunktional, platzsparend und an wechselnde Nutzungsbedarfe anpassen	Verwaltung, Gebäudemanagement, Nutzende	[68]
C8	interne Organisation	Arbeitsstrukturen,- organisation, -formen und/oder -zeiten überprüfen und anpassen	Verwaltung, Gebäudemanagement, Nutzende	[69]
C9	Digitalisierung	Digitale Werkzeuge und Prozesse zur Unterstützung von Flächenreduktion, etwa durch den Abbau physischer Archiv- und Lagerflächen sowie zur Organisation von Mehrfachnutzung und Belegungsmanagement.	Verwaltung, Gebäudemanagement	[69], [70]
C10	Zonierung	Nutzungen an Gegebenheiten des Gebäudes ausrichten (z.B. Nutzungen ähnlicher Anforderungen an Raumklima, Ausstattung oder Betriebszeiten bündeln)	Verwaltung, Gebäudemanagement	[70]
C11	Komfortstandards anpassen	Anforderungen an Innenraumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftzufuhr werden gesenkt/ an Jahreszeiten angepasst (Abschalten von Gebäudtechnik bei Abweseneheit, Behilfsmaßnahmen bei Spitzenwerten wie passende Kleidung, Sommerpause oä.)	Gebäudemanagement, Nutzende	[21], [69]

TYPOLOGIE: SCHULGEBÄUDE

Ausgangslage Neckargemünd

- Zusätzlicher Flächenbedarf durch den Ausbau der Ganztagsschulbetreuung
- Wechselnde pädagogische Konzepte erfordern flexible und anpassungsfähige Räume
- Hohe Auslastung am Vormittag, geringere Nutzung am Nachmittag und am Wochenende
- In Grundschulen: Schule und Hort größtenteils organisatorisch und räumlich getrennt

Übertragene Maßnahmen aus den Maßnahmenkatalog C – Gebäudebezogene Maßnahmen

C GEBÄUDEBEZOGENE MAßNAHMEN

	Maßnahme	Beschreibung	Zuständigkeit / Beteiligte Akteure
C2	Erhöhung der Nutzungsintensität	Nutzung der Gebäude am Nachmittag, Abend und Wochenende	Kommune (Schulträger) / Schule, externe Nutzende
C3	Abwechselnde Mehrfachnutzung	Öffnung der Schulgebäude für außer-schulische Nutzungen nach Schulschluss und am Wochenende	Kommune (Schulträger) / Schule, externe Nutzende
C4	Parallele Mehrfachnutzung	Außerschulische Nutzung in Foyers, Fluren oder Außenbereiche (Berücksichtigung von Schutzbedarf und Aufsichtspflichten im Grundschulbereich, ggf. klare räumliche Trennungen)	Kommune (Schulträger) / Schule, externe Nutzende
C6	Anpassungsfähige Grundrisse	Klassenräume und Flure als flexibel nutzbare Raumverbünde anstelle starrer Raumstrukturen mit Fokus auf Frontalunterricht	Kommune (Schulträger) / Schule
C7	Mobiliar anpassen	Flexible, multifunktionale und platzsparende Möblierung für unterschiedliche Lern- und Nutzungsformen	Kommune (Schulträger) / Schule
C8	interne Organisation	Verzahnung von Unterricht und Ganztagsbetreuung, gemeinsames pädagogisches Team und gemeinsame Raumnutzung	Kommune (Schulträger) / Schule
C9	Digitalisierung	Digitale Werkzeuge zur Raumbelegung, Organisation von Mehrfachnutzung sowie Reduktion von Archiv- und Lagerflächen	Kommune (Schulträger) / Schule
C10	Zonierung	Nutzung alternativer Räume oder Außenflächen, z. B. Schulhöfe, Parks oder andere Gebäude in Sommermonaten, um temporäre Flächenbedarfe abzudecken	Kommune (Schulträger) / Schule, externe Nutzende

Auswirkungen suffizienzorientierter Maßnahmen im Gebäude

Der Ausbau der Ganztagsschulbetreuung führt in vielen Kommunen zu zusätzlichen Flächenbedarfen in Schulgebäuden. Gleichzeitig werden Schulgebäude überwiegend am Vormittag genutzt, während am Nachmittag, Abend sowie an Wochenenden und in den Ferien häufig Nutzungskapazitäten bestehen.

Durch organisatorische Anpassungen, eine gemeinsame Nutzung von Räumen sowie eine stärkere Nutzung außerhalb der Unterrichtszeiten können vorhandene Flächen besser ausgelastet werden. Ein zentrales Potenzial liegt in der integrierten Organisation von Schule und Ganztagsbetreuung, bei der Unterrichts-, Aufenthalts- und Gruppenräume gemeinsam genutzt werden [66].

Darüber hinaus können Schulgebäude durch Mehrfachnutzung zusätzliche Funktionen für das Gemeinwesen übernehmen, etwa durch Angebote von Vereinen, Bildungsinitiativen oder Ehrenamt. Insgesamt können zusätzliche Flächenbedarfe dadurch teilweise im Bestand aufgefangen werden, bevor bauliche Erweiterungen oder Neubauten erforderlich werden.

TYPOLOGIE: VERWALTUNGSEBÄUDE

Ausgangslage Neckargemünd

- Flächensuffizienz im kommunalen Gebäudebestand in Neckargemünd zeigen eine hohe Nutzfläche pro Mitarbeitende Person
- Verwaltungsgebäude werden überwiegend während der regulären Bürozeiten genutzt, während außerhalb dieser Zeiten Nutzungspotenziale für andere Angebote bestehen
- Digitalisierung, mobile Arbeit und hybride Arbeitsmodelle verändern zunehmend die Anforderungen an Büroarbeitsplätze und Raumorganisation
- Durch Gleitzeitmodelle bestehen lange Bürozeiten, gleichzeitig sind Arbeitsplätze häufig dauerhaft einzelnen Personen zugeordnet und daher nicht durchgehend belegt

Übertragene Maßnahmen aus den Maßnahmenkatalog C – Gebäudebezogene Maßnahmen

C GEBÄUDEBEZOGENE MAßNAHMEN

	Maßnahme	Beschreibung	Zuständigkeit / Beteiligte Akteure
C2	Erhöhung der Nutzungsintensität	Nutzung von Räumen und Arbeitsbereichen auch außerhalb der klassischen Bürozeiten und am Wochenende	Kommune / Verwaltung, externe Nutzende
C3	Abwechselnde Mehrfachnutzung	Nutzung einzelner Räume für Veranstaltungen, Angeboten für die Öffentlichkeit etc. außerhalb der Bürozeiten	Kommune / Verwaltung, externe Nutzende
C4	Parallele Mehrfachnutzung	Gleichzeitige Nutzung unterschiedlicher Gebäudebereiche, z. B. Büronutzung parallel zu Angeboten für die Öffentlichkeit, Veranstaltungen in Besprechungs- oder Veranstaltungsräumen.	Kommune / Verwaltung, externe Nutzende
C5	Vermeidung von Überdimensionierung (Reduktion der Pro-Kopf-Fläche)	Effiziente Nutzung von Büroflächen durch flexible Arbeitsplatzmodelle und Reduktion dauerhaft zugeordneter Einzelarbeitsplätze	Verwaltung / Kommune
C6	Anpassungsfähige Grundrisse	Flexible Raumstrukturen, die sowohl unterschiedliche Arbeitsplatzmodelle in der Verwaltung ermöglichen als auch eine Nutzung von Besprechungs- und Veranstaltungsräumen für weitere Angebote im Gebäude erleichtern	Kommune / Verwaltung
C8	interne Organisation	Anpassung der Arbeitsplatzorganisation, z. B. flexible Arbeitsplatznutzung oder abgestimmte Belegungsmodelle zur besseren Auslastung der Büroflächen	Verwaltung
C9	Digitalisierung	Digitale Aktenführung und Prozesse zur Reduktion von Archiv- und Lagerflächen; Unterstützung der Raumbelegung	Verwaltung

Auswirkungen suffizienzorientierter Maßnahmen im Gebäude

Durch organisatorische Anpassungen, räumliche Veränderungen und digitale Prozesse können bestehende Büroflächen besser genutzt werden. Flexible Arbeitsplatzmodelle, abgestimmte Belegungsregeln sowie weniger dauerhaft zugeordnete Einzelarbeitsplätze tragen dazu bei, Arbeitsplätze effizienter auszulasten und Überdimensionierung von Büroflächen zu vermeiden.

Digitale Verwaltungsprozesse und elektronische Aktenführung können zudem den Flächenbedarf für Archiv- und Lagerflächen verringern. Gleichzeitig ermöglichen anpassungsfähige Grundrisse und multifunktional nutzbare Räume eine flexiblere Nutzung der vorhandenen Flächen.

Darüber hinaus können einzelne Räume außerhalb der regulären Bürozeiten für Besprechungen, Veranstaltungen oder Angebote für die Öffentlichkeit genutzt werden. Auf diese Weise lassen sich vorhandene Flächen im Gebäudebestand besser nutzen und zusätzlicher Flächenbedarf kann größtenteils im Bestand aufgefangen werden.

Anhang 14 - Baukasten, Herstellungskosten (ökologische Version)

	Naturbaustoffe										
Maß-nahme	Sanierungsaufbau	Dicke	Schicht (1)	Schicht (2)	Schicht (3)	Schicht (4)	Schicht (5)	Schicht (6)	Schicht (7)	Schicht (8)	**Gesamt €/m²**
A	Bestand, **(1)** 20mm Augleich Lehmunterputz Stroh ,**(2)** 3mm Lehmklebe- &Armiermörtel , **(3)** 80mm Holzfaserdämmplatte , **(4)** 3mm Lehklebe- &Ariermörtel , **(5)** 3mm Lehmoberputz mit **(6)** Anstrich Lehmfarbe	109mm	38,27 €	**30,90 €**	54,16 €	**30,90 €**	49,00 €		-	-	**203,23 €**
B	Bestand, **(1)** 20mm Augleich Lehmunterputz Stroh, **(2)** 3mm Lehmklebe- &Armiermörtel, **(3)** 120mm Holzfaserdämmplatte, **(4)** 3mm Lehklebe- &Ariermörtel, **(5)** 3mm Lehmoberputz mit **(6)** Anstrich Lehmfarbe	149mm	38,27 €	**30,90 €**	61,55 €	**30,90 €**	49,00 €		-	-	**210,62 €**
C	Bestand, **(1)** 3cm Holzfaser weich, **(2)** 3cm Holzfaserplatte, **(3)** 16cm*8cm holz 10% **(4)** 90% Zellulose, **(5)** Holzfaserplatte Hart 3cm, **(6)** 2,5 cm Lattung 7,5% Holz,**(7)** nochmal Lattung gleich, **(8)** Holzfassade 2,2cm	322mm	**9,07 €**	**48,14 €**	58,20 €	47,33 €	**48,14 €**	19,18 €	19,18 €	144,60 €	**393,84 €**
D	Bestand, **(1)** 3cm Holzfaser weich, **(2)** 3cm Holzfaserplatte, **(3)** 24cm holz 10% **(4)** 90% Zellulose, **(5)** Holzfaserplatte Hart 3cm, **(6)** 2,5 cm Lattung 7,5% Holz, nochmal Lattung gleich, **(7)** Holzfassade 2,2cm	402mm	**9,07 €**	**48,14 €**	66,20 €	47,33 €	**48,14 €**	19,18 €	19,18 €	144,60 €	**401,84 €**
E	Bestand, **(1)** Voranstrich PC EM, **(2)** Kaltkleber PC 56 (4kg-qm), **(3)** Schaumglas 16cm, **(4)** Deckabstrich mit Kaltkleber PC 56 (1,5kg-qm), **(5)** Drainagematte 2cm	180mm	62,87 €	in Schicht 3 enthalten	168,21 €	31,07 €	30,66 €	-	-	-	**292,81 €**
F	**(1)** 16cm Sparren(16,7%) - **(2)** 3cm Anschlag Holz, **(3)** 3cm Holzfaserplatte Hart, **(4)** 10cm Zellulose (83,3%), **(5)** Holzfaserplatte 6cm, **(6)** 3mm Lehklebe- &Ariermörtel, **(7)** 3mm Lehmoberputz mit **(8)** Anstrich Lehmfarbe	246mm	Bestand	21,15 €	**48,14 €**	33,16 €	55,82 €	**30,90 €**	**49,00 €**	**6,01 €**	**244,18 €**
G	**(1)** Holzfaserplatte 6cm, **(2)** 20cm Holzbrett an Sparren(?%), **(3)** 16cm Sparren(?%) - **(4)** 20cm Zellulose (?%), **(5)** Holzfaserplatte 6cm, **(6)** 3mm Lehmklebe- &Ariermörtel, **(7)** 3mm Lehmoberputz mit **(8)** Anstrich Lehmfarbe	326mm	55,82 €	26,87 €	Bestand?	47,33 €	55,82 €	**30,90 €**	**49,00 €**	**6,01 €**	**271,75 €**
H	Bestand, **(1)** 20mm Augleich Lehmunterputz Stroh, **(2)** 3mm Lehmklebe- &Armiermörtel, **(3)** 120mm Holzfaserdämmplatte, **(4)** 3mm Lehklebe- &Ariermörtel, **(5)** 3mm Lehmoberputz mit **(6)** Anstrich Lehmfarbe	149mm	38,27 €	**30,90 €**	75,48 €	**30,90 €**	49,00 €	**6,01 €**	-	-	**230,56 €**
I	**(1)** 30 cm Zellulose von oben	300mm	47,33 €	-	-	-	-	-	-	-	**47,33 €**
J	**(1)** 12cm Mineralwolle, **(2)** 1,5cm Gipsfaser, **(3)** 6mm Gipsputz	141mm	109,26 €	39,17 €	35,40 €	-	-	-	-	-	**183,83 €**
K	**(1)** 12 cm Holzfaser, **(2)** 3cm Holzfaserplatte, **(3)** 3mm Lehklebe- &Ariermörtel, **(4)** 3mm Lehmoberputz mit **(5)** Anstrich Lehmfarbe	156mm	75,48 €	**48,14 €**	**30,90 €**	**49,00 €**	**6,01 €**	-	-	-	**209,53 €**
L	Bestand, **(1)** Abdichtung EPDM, **(2)** 120mm Holzbalken (10%) **(3)** Einblas Holzfaser (90%), **(4)** Trittschall Holzfaser 1,5cm, **(5)** Holzboden 1,5 cm	150mm	45,34 €	Bestand	33,16 €	25,63 €	136,82 €	-	-	-	**240,95 €**
M	Bestand, **(1)** Abdichtung EPDM, **(2)** 10cm Harte Holzfaser, **(3)** 1,5cm Bodenbelag	115mm	45,34 €	56,00 €	136,82 €	-	-	-	-	-	**238,16 €**
N	U-Wert Annhame 1,8		500,00 €	Austausch nach 30 Jahren 25.11.04_ BBSR 334.316.25							**500,00 €**
O	U_Wert 0,9		769,00 €	Austausch nach 30 Jahren 25.11.04_ BBSR 334.316.26							**769,00 €**
Q	U-wert 1,1		3.875,00 €								**3.875,00 €**
	R		S	T	U	V	W	X	Y	Z	
Anlagen	WP 1 bis 15kw Sole		WP 2 bis 15 kw Luft	WP 3 bis 20 kw Sole	WP 4 bis 25 kw Luft	WP 5 bis 35 kw Sole	WP 6 bis 35 kw Luft	WP 7 bis 50 kw Sole	RLT 1	RLT 2	
	20.659,00 €		21.171,00 €	29.626,00 €	30.584,00 €	36.444,00 €	43.917,00 €	47.282,00 €	14.487,00 €	26.637,00 €	
	Lila Zahlen stammen von Planungsbüro ZRS (Werte aus der Praxis)										

Anhang 15 - Baukasten, Herstellungskosten (konventionelle Version)

konventionell

M. Nr.	Bezeichnung	Bauteil	Sanierungsaufbau	Dicke	Schicht 1	Schicht 2	Schicht 3	Schicht 4	Schicht 5	Schicht 6	Schicht 7	Schicht 8	Gesamt
A	Außenwand Innendämmung 8cm	Außen-wand	(1) Zementkleber, (2) Metallständer 8cm, (3) Mineralwolle 8cm, (4) Dampfbremse, (5) Gipsfaserplatte 1,5cm, (6) Gipsutz 6mm		23,60 €	126,30 €	in Schicht 2 ent-halten	14,32 €	in Schicht 2 ent-halten	29,64 €	-	-	193,86 €
B	Außenwand Innendämmung 12 cm	Außen-wand	(1) Zementtkleber, (2) Metallständer 12cm, (3) Mineralwolle 12cm, (4) Dampfbremse, (5) Gipsfaserplatte 1,5cm, (6) Gipsutz 6mm		23,60 €	148,56 €	in Schicht 2 enthalten	14,32 €	in Schicht 2 enthalten	29,64 €	-	-	216,12 €
C	Vorhangfassade 16 cm	Außen-wand	(1) Mineralwolle ?16cm, (2) Metallwinkel 29/40, (3) 1,5cm Holzlattung, (4) Vento Distanzschrauben, (5) Eternit Fassade 1,5cm		49,24 €	92,76 €	19,18 €	in Schicht 5 ent-halten	242,28 €	-	-	-	403,46 €
D	Vorhangfassade 24cm	Außen-wand	(1) Mineralwolle?24cm, (2) Metallwinkel 29/40, (3) 1,5cm Holzlattung, (4) Vento Distanzschrauben, (5) Eternit Fassade 1,5cm		52,91 €	92,76 €	19,18 €	in Schicht 5 ent-halten	242,28 €	-	-	-	407,13 €
E	Kellerwand Außen Schaumglas	Außen-wand	Bestand, (1) Voranstrich PC EM, (2) Kaltkleber PC 56 (4kg-qm), (3) EPS Hartschaum 16cm, (4) Deckabstrich mit Kaltkleber PC 56 (1,5kg-qm), (5) Drainagematte 2cm		62,87 €	in Schicht 1 ent-halten	88,78 €	31,07 €	30,66 €	-	-	-	213,38 €
F	Zwischensparren ohne Dachabdeckung	Dach	(1) 16cm Sparren(16,7%) - (2) Abdichtung Polinbahn, (3) Mineralwolle 16cm, (4) Dampfbremse, (5) Gipsfaserplatte 1,5cm, (6) Gipsputz 6mm		Bestand	14,32 €	55,43 €	14,32 €	39,17 €	35,40 €	-	-	158,64 €
G	Zwischensparren mit Dachabdeckung	Dach	(1) Eps Hartschaumdämmplatte 4cm, (2) 16cm Sparren(16,7%) - (3) Abdichtung Polinbahn, (4) Mineralwolle, Hart, (5) Dampfbremse, (6) Gipsfaserplatte 1,5cm, (7) Gipsputz 6mm		47,48 €		14,32 €	55,43 €	14,32 €	39,17 €	35,40 €	-	206,12 €
H	Geschossdecke/ Dach innen	Dach	wie A										193,86 €
I	Geschossdecke 30cm von oben	Dach	(1) Glaswolle 30cm		68,36 €		-	-	-	-	-	-	68,36 €
J	Kellerdecke von unten, Mineralwolle	Boden-platte	Wie bei Öklogisch: (1) Mineralwolle 12, (2) Gipsplatte 1,5cm, (3) Gipsputz 6mm		109,26 €	39,17 €	35,40 €	-	-	-	-	-	183,83 €
K	Kellerdecke von unten, Holzfaser	Boden-platte	(1) EPS Hartschaumdämmplatte 8cm, (2) Gipsplatte 1,5cm, (3) Gipsputz 6mm		59,04 €	39,17 €	35,40 €	-	-	-	-	-	133,61 €
L	Bodenplatte von oben, Zwischenbalken	Boden-platte	Bestand, (1) Abdichtung Polibahn, (2) 120mm Holzbalken (10%) (3) Mineralwolle (90%), (4) Trittschall XPS 0,5cm, (5) Holzboden 1,5 cm		14,32 €		43,75 €	8,93 €	136,82 €	-	-	-	203,82 €
M	Bodenplatte von oben Estrich	Boden-platte	Bestand, (1) Abdichtung Polibahn, (2) 8cm Eps Hartschaum, (3) 1,5cm Bodenbelag		14,32 €	21,13 €	136,82 €		-	-	-	-	172,27 €
N	Fenstersanierung 2-fach Isolier	Fenster			500,00€	Austausch nach 30 Jahren 25.11.04_BBSR 334.316.25							500,00 €
O	Fenstertausch 3-fach Isolier	Fenster			769,00€	Austausch nach 30 Jahren 25.11.04_BBSR 334.316.26							769,00 €
Q	Außentürtausch	Außen-tür			3875,00€								3.875,00 €

Anhang 16 - Baukasten, Entsorgungskosten (konventionelle Version)

Quelle	An-zahl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	min	max	mittel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Einheit		€/t													m³									
Holzfaserdämmplatte, wie Altholz	8	82,6	191,3		191,3	191,3		25	65	70	125	25	191,3	117,7	16,52			92			6		25	
Lehm, Erdaushub unbelastet	7	6,3		15,5		28	18,45		75	69	45,22	6,3	75	36,8	9,89	7,5								
KVH	8	82,6	191,3		191,3	191,3		25	95	70	125	25	191,3	121,4	16,52			92			6			
Zellulose papier	1										91,6	91,3	91,6	91,6										
Holz (Latten)	8	82,6	191,3		191,3	191,3		25	95	70	125	191,3	191,3	121,4	16,52			92			6			
Kaltkleber	0											0	0	0										
Schaumglas, nicht ve-runreinigt , wie mineral. Bauschutt	7		130	110	130,4	130,4		105	75	60	55,34	55,34	130,4	95,1										
Drainagematte	0											0	0	0										
Mineralfaser	4					300	400		190	1000	642,6	300	1000	585,7						25				
Gips	3			125					85		148,8	85	148,75	119,6										
Metall	0											0	0	0										
Eternit, wie mineralischer Bauschutt	7		130	110	130,4	130,4		105	75	60	55,34	55,34	130,4	95,1							117			
EPS/XPS	3								950	714,3	1714	714,3	1714,3	1126,2							20	25		60

Quelle: Deponiegebühren, Preislisten heruntergeladen am 10.08.2025

1 https://web.ostalbkreis.de/bi/vo020.asp?VOLFDNR=828&
2 https://abfall-landkreis-waldshut.de/p/gebuehrenpflichtige-entsorgungsmoeglichkeiten
3 https://www.ebrd.de/fileadmin/user_upload_ebrd/formulare/Preisliste_Deponie_Bretten_2025_-_Stand_10.03.25.pdf 4 https://abfall-landkreis-waldshut.de/p/gebuehrenpflichtige-entsorgungsmoeglichkeiten
5 https://abfall-landkreis-waldshut.de/p/gebuehrenpflichtige-entsorgungsmoeglichkeiten
6 https://www.abfallwirtschaft-rems-murr.de/fileadmin/user_upload/downloads/gebuehren-entsorgungszentren/awrm_preisliste-entsorgungszentrum-bk_ab-01-2025_web.pdf 7 https://www.awg-info.de/unsere-leistungen/weitere-leistungen/gebuehren-behaelter
8 https://www.awn-online.de/images/download/03_gewerbetreibende/01_preisliste-anlieferung-abfaelle/01_preisliste.pdf?utm_source=chatgpt.com
9 https://www.awld.de/de/Gebuehren-Preise/Preisliste-AWZ-Asslar
10 https://www.avb-recycling.de/wp-content/uploads/2025/02/101-Preisliste-2025-2.pdf
11 https://www.awb-es.de/entsorgung/gebuehren

Anhang 17 – Rechenweg Variante 1

Ausgangsfrage: Wie viel muss das Gebäude gedämmt sein, also wie viel weniger Energie muss es verbrauchen, damit ein Betrieb mit 55 Grad möglich ist.

Schritt 1: Leistung der Heizkörper. Die Heizkörperleistung nimmt mit Abnahme der Vorlauftemperatur exponentiell ab. Heißt eine Senkung der Temperatur um 30 Prozent bedeutet eine höheren Leistungsverlust als 30%. Ausrechnen kann man dies mit dieser Formel:
Q˙2=Q˙1·(ΔT1ΔT2)n

- $\dot{Q}_1$= ursprüngliche Leistung
- $\dot{Q}_2$= neue Leistung
- n= Heizkörperexponent, meist etwa **1,3**
- ΔT= mittlere Temperaturdifferenz zwischen Heizkörper und Raum

Die mittlere Temperaturdifferenz ist:

$$\Delta T = \frac{t_V + t_R}{2} - t_i$$

mit

- t_V= Vorlauftemperatur
- t_R= Rücklauftemperatur
- t_i= Raumtemperatur

- **1) Alte mittlere Temperaturdifferenz**
- $\Delta T_1 = \frac{75+65}{2} - 20$

$$\Delta T_1 = 70 - 20 = 50\ K$$

- **2) Neue mittlere Temperaturdifferenz**
- $\Delta T_2 = \frac{55+45}{2} - 20$

$$\Delta T_2 = 50 - 20 = 30\ K$$

- **3) In die Heizkörperformel einsetzen**
- $\dot{Q}_2 = \dot{Q}_1 \cdot \left(\frac{30}{50}\right)^{1,3}$

$$\dot{Q}_2 = \dot{Q}_1 \cdot 0{,}515$$

Das heißt:
- $\dot{Q}_2 \approx 52\%$ der alten Leistung

Ergebnis: Der Heizkörper hat gerundet 52% Leistung. Leistungsreduktion um 48%.

Mit den 6 Grad Puffer durch die anderen Maßnahmen muss die Vorlauftemperatur aber nur auf 61 erniedrigt werden. Das entspricht dann einer Leistungsreduktion von 35% mit der gleichen Formel.

Grenzwert 100kwh/m²:

Annahme 1: (Durschnittsradiatoren)
- Typische Heizleistung pro m² Radiatorenfläche : 1000 W/m² (75C), 600 W/m² (55C)

Annahme 2:
- Radiatorenfläche Faustformel: 0,1 m² Radiator pro m² NGF (im Bestand tendenziell mehr, 0,1 als sichere Annahme mit Puffer)

Berechnung der Vollaststunden in Neckargemünd
b*vf*=**t***n* x **ß***m,t*
ß*m,t = 15C -10,1C / 15C - -10,7C = 0,1907*
b*vf = 8760 x 0,1907 =* ***1670,53***

Ausrechnen Grenze Nutzenergie Heizung
(Heizkörperfläche x Heizleistung) x Vollaststunden = Nutzenergie kwh/m²a
(0,1 x 0,6) x 1670,53 = 100,23 kwh/m²a

Anhang 18 - Endenergieverbrauch der Varianten

	Bestand	Variante 1			Variante 2			Variante 3		
CS	Verbrauch kWh/m²NGFa	Ver-brauch kWh/m²NGFa	Einspa-rung kWh/m²NGFa	Einsparung %	Ver-brauch kWh/m²NGFa	Einspa-rung kWh/m²NGFa	Einsparung %	Ver-brauch kWh/m²NGFa	Einspa-rung kWh/m²NGFa	Einspa-rung %
1	233	50	183	78%	34	199	86%	44	189	81%
2	427	60	367	86%	43	384	90%	57	370	87%
3	210	45	164	78%	26	183	88%	45	164	78%
4	401	37	364	91%	27	374	93%	37	364	91%
5	370	53	317	86%	31	340	92%	51	319	86%
6	205	33	172	84%	19	186	91%	33	172	84%
7	234	48	185	79%	31	203	87%	87	147	63%
8	549	89	459	84%	57	491	90%	89	459	84%
9	403	79	324	80%	30	373	93%	35	368	91%
10	98	38	61	62%	27	72	73%	38	61	62%
11	235	54	180	77%	35	200	85%	35	200	85%
ø				**80%**			**88%**			**81%**

Anhang 19 - GWP der Varianten in kg CO2-Äqv./m2NGF

CS	Bestand	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell
1	0	-0,2689	2,0623	-0,25733	3,275646	-0,34008	3,01043
2	0	-0,62199	3,43781	-0,66969	5,357029	-0,74502	5,07678
3	0	-0,13932	2,15727	-0,21253	3,504309	-0,13932	2,15727
4	0	-0,7046	2,84346	-1,0123	4,232049	-0,7046	2,84346
5	0	-0,18826	2,21215	-0,24089	4,458366	-0,26734	3,26562
6	0	-0,11458	1,92695	-0,65199	1,892929	-0,11458	1,92695
7	0	-0,60219	1,68569	-0,98864	1,856056	0	0
8	0	-0,5206	3,27961	-1,25488	2,459339	-0,5206	3,27961
9	0	-0,29229	4,52595	-0,42585	5,766266	-0,58169	4,59514
10	0	0	0	-0,31533	0,158953	0	0
11	0	-1,48091	1,77592	-1,42513	1,852448	-1,41097	1,85245
ø	**0**	**-0,44851**	**2,35519**	**-0,67769**	**3,164854**	**-0,43856**	**2,54616**

Anhang 20 - Herstellungskosten in €/m2NGF

CS	Bestand	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell
1	0 €	190,60 €	195,88 €	329,46 €	348,62 €	194,36 €	207,21 €
2	0 €	411,22 €	404,74 €	571,80 €	585,82 €	450,63 €	424,32 €
3	0 €	136,61 €	146,67 €	487,62 €	474,47 €	136,61 €	146,67 €
4	0 €	423,23 €	384,48 €	558,19 €	497,26 €	423,23 €	384,48 €
5	0 €	173,36 €	185,82 €	407,08 €	403,99 €	177,54 €	198,41 €
6	0 €	148,42 €	158,01 €	487,57 €	457,66 €	148,42 €	158,01 €
7	0 €	432,96 €	460,06 €	624,48 €	612,90 €	68,39 €	68,39 €
8	0 €	437,08 €	463,90 €	891,29 €	885,89 €	437,08 €	463,90 €
9	0 €	233,97 €	271,35 €	496,41 €	502,20 €	317,07 €	330,80 €
10	0 €	45,30 €	45,30 €	296,82 €	239,89 €	45,30 €	45,30 €
11	0 €	421,12 €	494,38 €	480,19 €	553,45 €	480,19 €	553,45 €
ø	**0 €**	**277,62 €**	**291,87 €**	**511,90 €**	**505,65 €**	**261,71 €**	**271,00 €**

Anhang 21 - Lebenszykluskosten pro Quadratmeter in €/m2NGF

CS	Bestand	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell
1	2.477 €	1.987 €	1.999 €	1.683 €	1.761 €	1.788 €	1.873 €
2	4.545 €	2.629 €	2.752 €	2.341 €	2.560 €	2.471 €	2.722 €
3	2.401 €	1.766 €	1.890 €	1.744 €	1.941 €	1.766 €	1.890 €
4	3.162 €	1.863 €	1.993 €	1.721 €	1.880 €	1.863 €	1.993 €
5	4.760 €	2.059 €	2.255 €	1.751 €	2.069 €	1.995 €	2.249 €
6	2.128 €	1.368 €	1.649 €	1.478 €	1.722 €	1.368 €	1.649 €
7	3.007 €	2.357 €	2.613 €	2.080 €	2.357 €	3.088 €	3.088 €
8	7.055 €	3.737 €	4.083 €	3.434 €	3.782 €	3.737 €	4.083 €
9	4.279 €	3.031 €	3.287 €	1.847 €	2.137 €	1.644 €	1.893 €
10	3.278 €	1.380 €	1.380 €	1.382 €	1.361 €	1.380 €	1.380 €
11	7.822 €	2.477 €	2.771 €	1.963 €	2.311 €	1.963 €	2.311 €
ø	**4.083 €**	**2.241 €**	**2.425 €**	**1.948 €**	**2.171 €**	**2.097 €**	**2.285 €**

Anhang 22 - Lebenszykluskosten gesamt in €

	Bestand	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
Case Study		ökologisch	konventionell	ökologisch	konventio-nell	ökologisch	konventionell
1	2.199.753 €	1.764.519 €	1.774.750 €	1.494.725 €	1.563.688 €	1.588.116 €	1.663.108 €
2	1.740.846 €	1.007.053 €	1.053.955 €	896.459 €	980.345 €	946.355 €	1.042.526 €
3	8.022.883 €	5.901.690 €	6.313.922 €	5.826.434 €	6.485.517 €	5.901.690 €	6.313.922 €
4	2.748.616 €	1.619.415 €	1.732.549 €	1.495.758 €	1.633.820 €	1.619.415 €	1.732.549 €
5	4.334.355 €	1.874.840 €	2.053.177 €	1.594.115 €	1.883.861 €	1.816.959 €	2.047.602 €
6	2.195.638 €	1.412.253 €	1.701.383 €	1.525.591 €	1.777.469 €	1.412.253 €	1.701.383 €
7	2.078.998 €	1.629.658 €	1.806.505 €	1.437.875 €	1.629.500 €	2.134.928 €	2.134.928 €
8	1.446.072 €	765.931 €	836.946 €	703.834 €	775.166 €	765.931 €	836.946 €
9	1.917.043 €	1.357.675 €	1.472.650 €	827.623 €	957.379 €	736.700 €	848.113 €
10	5.274.039 €	2.220.019 €	2.220.019 €	2.222.873 €	2.188.884 €	2.220.019 €	2.220.019 €
11	1.773.544 €	561.624 €	628.370 €	445.046 €	523.963 €	445.046 €	523.963 €
ø	**3.066.526 €**	**1.828.607 €**	**1.963.111 €**	**1.679.121 €**	**1.854.508 €**	**1.780.674 €**	**1.915.005 €**

Anhang 23 - Emissionen im Betrieb (GWP B6) in kgCO2-Äqv/m2

CS	Bestand	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell
1	2584	1406	1304	944	843	1235	1151
2	4742	1675	1588	1199	1108	1600	1482
3	2278	1268	1262	729	761	1268	1262
4	474	1030	1040	756	762	1030	1040
5	5482	1482	1518	856	931	1424	1460
6	2045	935	1060	543	707	935	1060
7	3470	1354	1433	865	1000	2429	2429
8	8126	2498	2505	1602	1678	2498	2505
9	4424	2216	2164	839	803	989	954
10	2753	1054	1054	748	784	1054	1054
11	6569	1523	1508	969	998	969	998
ø	**3904**	**1495**	**1494**	**914**	**943**	**1403**	**1400**

Anhang 24 - Inanspruchnahme von Rohstoffen – in m3

CS	Bestand	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell	ökologisch	konventionell
1	0,00	130,22	126,90	186,57	180,05	148,30	144,98
2	0,00	101,23	75,92	134,08	107,15	114,71	89,40
3	0,00	189,08	178,93	853,04	739,84	189,08	178,93
4	0,00	262,54	189,21	338,23	255,39	262,54	189,21
5	0,00	93,64	89,52	171,76	153,03	114,24	110,12
6	0,00	56,79	52,62	251,72	187,39	56,79	52,62
7	0,00	264,13	227,08	310,27	262,60	0,00	0,00
8	0,00	52,69	51,68	101,35	78,70	52,69	51,68
9	0,00	53,19	50,34	116,15	104,77	100,91	94,18
10	0,00	0,00	0,00	164,10	133,53	0,00	0,00
11	0,00	53,39	34,96	53,49	35,06	53,53	35,06
ø	**0,00**	**114,26**	**97,92**	**243,71**	**203,41**	**99,35**	**86,02**

Anhang 25 - Ergebnisse im Quartier

	Einheit	Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Endenergie	(kWh/a)	9.099.214,43	1.706.108	1.040.952	1.639.219
Kosten energetische Sanierung	€	-	6.962.899	16.928.625	6.720.034
Energiekosten	€/a	723.323,89	341.222	207.760	332.733
LCC	€	124.772.780,61	69.024.798	63.631.253	66.315.025
GWP A1-A3	kgCO2Äq	-	- 661.018	- 919.113	- 418.736
GWP B6	kgCO2Äq/a	2.587.176,80	955.425	582.926	917.949
Inanspruchnahme von Rohstoffen	m^3	-	7207	8812	3627

Anhang 26 – Anteil der Wohngebäude am Gesamtbestand der untersuchten Gebäude im Quartier

Nutzung/Gebäude	Endenergie Bestand		Summe von BGF	
Martin Luther Haus	211.628		1.186	
Villa Kiwi	172.518		377	
Wohngebäude	1.259.656		4.596	
Wohngebäude Allg.	242.275		530	
Wohngebäude Bauhof	112.452		246	
Wohngebäude, Odenwaldhaus und Garage	159.536		349	
Wohnung	36.357		186	
Wohnung (Schilderhaus)	124.337		272	
Gesamtergebnis	**2.318.758**		**7.742**	
Anteil an gesamt Quartier:		25%		19%