

Facharbeit

im Rahmen der Ausbildung für das zweite Einstiegsamt der
Laufbahngruppe 2 im feuerwehrtechnischen Dienst

Nachhaltigkeit und Klimaschutz im Bereich eines Feuerwehrhauses

Verfasser:

M.Eng. Nicolas Ennenbach

- Brandamtsrat -

Stadt Bochum

Feuerwehr und Rettungsdienst

Brandwacht 1

44894 Bochum

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Facharbeit selbstständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form ganz oder teilweise noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Bochum, 18. Dezember 2020

Nicolas Ennenbach

Aufgabenstellung:

Nachhaltigkeit und Klimaschutz im Bereich eines Feuerwehrhauses

Analysieren und bewerten Sie, mit welchen konkreten Maßnahmen (kurzfristig, mittelfristig und langfristig) im Bereich eines Feuerwehrhauses den Zielen Nachhaltigkeit und Klimaschutz entsprochen werden kann.

Themenausgabe: 25.09.2020

Abgabetermin: 28.12.2020

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Begriffsbestimmung von „Nachhaltigkeit“ und „Klimaschutz“	2
3	Analyse und Festlegung der zu betrachtenden Maßnahmen	3
4	Festlegung der Fristigkeit	5
4.1	Kriterium 1: „Mittel“	5
4.2	Kriterium 2: „Ausführungsdauer“	5
4.3	Kriterium 3: „Auswirkung“	5
4.4	Definition der Fristigkeit	6
5	Bewertung der Maßnahmen	6
5.1	Ökonomische Bewertung	6
5.2	Ökologische Bewertung	7
5.3	Soziale Bewertung	8
5.4	Gesamtbewertung	9
6	Konkrete Maßnahmen	9
6.1	Kurzfristige Maßnahmen	10
6.1.1	Nutzerverhalten	10
6.1.2	Automatisierung (Beispiel Fahrzeugtore)	11
6.2	Mittelfristige Maßnahmen - Bauen im Bestand	12
6.2.1	Fassadendämmung	12
6.2.2	Fenstersanierung	14
6.2.3	Heizungssanierung	15
6.3	Langfristige Maßnahmen – Neubau Planung	17
6.3.1	Außenwände	18
6.3.2	Lage und Geometrie	19
7	Fazit	20
	Literaturverzeichnis	I
	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	IV
	Anlagen	V

1 Einleitung

Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind Trendwörter, die mit dem Überbegriff „Fridays for Future“ nicht nur auf Platz drei zum Wort des Jahres 2019 gewählt wurden¹, sondern aktuell immer häufig in vielen verschiedenen Zusammenhängen verwendet werden. Dies ist auch kaum verwunderlich, da es für beide Begriffe keine Legaldefinition gibt. Die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung bezieht sich, in Ableitung der Agenda 2030 der Vereinten Nationen, auf insgesamt 17 Hauptpunkte. Unter anderem werden die Bereiche „Bildung“, „Gesundheit und Wohlergehen“ sowie „Geschlechtergleichheit“ thematisiert². Natürlich lassen sich für diese beispielhafte Aufzählung diverse Ableitungen für den Bereich eines Feuerwehrhauses finden. Da aber auch der Klimaschutz und dessen Ziele in der Aufgabenstellung genannt sind, soll sich die vorliegende Arbeit mit baulichen Maßnahmen im Gebäudesektor befassen. In der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung sind bauliche Maßnahmen im Gebäudesektor nicht als Einzelpunkt aufgeführt, finden sich aber abstrahiert in den Punkten „Städte und Gemeinden“, „Konsum und Produktion“, „Leben an Land“ und natürlich „Maßnahmen zum Klimaschutz“ wieder.

Das Ziel dieser Facharbeit soll es sein, konkrete Maßnahmen darzustellen, die den Zielen Nachhaltigkeit und Klimaschutz im Gebäudesektor entsprechen könnten. Dazu sollen die anhand einer Analyse herausgearbeiteten Bereiche untersucht werden, in denen der Energieverlust eines Gebäudes am Größten ist. Nach der Festlegung dieser Bereiche soll eine Bewertung der einzelnen Maßnahmen und deren unterschiedlichen Möglichkeiten in der Ausführung erfolgen.

Die gängigen Bewertungssysteme wie die DIN EN Reihen, die durch das technische Komitee CEN/ TC 350 „Nachhaltigkeit von Bauwerken“ erstellt werden, das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung als auch die Zertifizierung durch die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. bewerten keine Einzelmaßnahmen, sondern immer die nachweisbare Wirkung des Gesamtkonzeptes des Gebäudes^{3 4 5}. Diese Systeme sind also für die vorliegende Arbeit, aufgrund der expliziten Aufgabenstellung, nur bedingt anwendbar und fungieren als Orientierungsrahmen und Grundgerüst für die wertenden Aussagen zur Erreichung von Zielen. In Anlehnung an die oben genannten Bewertungssysteme wird durch den Verfasser eine Nutzwert-Analyse durchgeführt, um die Vorgaben der oben genannten Richtlinien operationalisierbar zu machen. Neben den allgemeingültigen Aussagen zu konkreten Maßnahmen im Fließtext soll anhand eines Modellhauses eine Berechnung nach dem vorgestellten Bewertungssystem vorgenommen und so eine Aussage zum Grad der Eignung einzelner Maßnahmen getroffen werden.

Als Systemgrenze wird das Feuerwehrhaus analog zur DIN 14092 Teil 1 ohne Werkstätten und Schlauchturm betrachtet. Auch die Außenanlagen sind nicht Bestandteil dieser Arbeit.

¹ Vgl. (GfdS, 2019)

² Vgl. S. 22 (Die Bundesregierung, 2016)

³ Vgl.: S. 4; (BMVBS, 2011)

⁴ Vgl.: S. 7; (DIN EN 15978 (2012-10), 2012)

⁵ Vgl. S. 22 (Schneider, 2011)

2 Begriffsbestimmung von „Nachhaltigkeit“ und „Klimaschutz“

Die Begriffe „Nachhaltigkeit“ und „Klimaschutz“ sind eng miteinander verbunden. Eine Legaldefinition des Begriffes „Nachhaltigkeit“, insbesondere im Bezug auf den Bausektor, gibt es nicht. 1987 veröffentlichten die Vereinten Nationen den „Brundtland-Bericht“, der erstmals eine Definition des Nachhaltigkeitsbegriffes vornahm und eine ganzheitliche Strategie einer zukunftsfähigen globalen Entwicklung beschreibt⁶.

In der AGENDA 21 der Vereinten Nationen von 1992 wird darauf bezugnehmend, erstmals in einem hochrangigen Papier auf politischer Ebene, das heute üblicherweise verwendete Drei-Säulenmodell beschrieben, auch wenn es dort noch als „Synergien zwischen Handel, Umwelt und sonstigen Ressourcen“ bezeichnet wurde⁷. Daraus abgeleitet definiert das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, wie viele andere Quellen auch, Nachhaltigkeit folgendermaßen:

„Nachhaltiges Handeln bedeutet, ökologische, ökonomische und soziale Gesichtspunkte gleichberechtigt zu berücksichtigen, um nachfolgenden Generationen eine intakte Umwelt und gleiche Lebenschancen hinterlassen zu können.“⁸

Bezogen auf den Gebäudesektor führt die Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB) auf ihrer Homepage aus:

Nachhaltiges Bauen bedeutet einen bewussten Umgang und Einsatz vorhandener Ressourcen, die Minimierung von Energieverbrauch und ein Bewahren der Umwelt. Dabei basiert das gängige Nachhaltigkeitskonzept auf einem Dreisäulenmodell aus: Ökonomie, Ökologie und Sozialem. [...] Die Ökonomie bezieht sich darauf, dass wir Gebäude wirtschaftlich sinnvoll und über dessen gesamten Lebenszyklus betrachten. Die Ökologie steht – vereinfacht gesprochen – für den ressourcen- und umweltschonenden Bau von Gebäuden. Im Fokus des Sozialen steht der Nutzer des Gebäudes. Von nachhaltigem Handeln kann also dann gesprochen werden, wenn diese drei Dimensionen in Einklang gebracht sind.⁹

Mit dem o.g. Begriff des „Bauen“ ist nicht nur die Errichtung des Gebäudes gemeint. Ferner wird auch die Nutzung des Gebäudes und dessen Außenanlagen sowie der Rückbau betrachtet¹⁰.

In der durch die Bundesregierung 2002 beschlossenen Nachhaltigkeitsstrategie wurden die Ergebnisse der AGENDA 21 und der Folgekonferenzen umgesetzt. Eine Neuauflage erfolgte 2016, nachdem die UN-Staaten 2015 in New York die AGENDA 2030 beschlossen haben¹¹.

Auch der Klimaschutz basiert als Teilmenge der Nachhaltigkeit auf dem beschriebenen Drei-Säulenmodell. Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) führt dazu aus:

⁶ Vgl. S. 8 (Pohl, 2014)

⁷ Vgl. S.7 (UN, 1992)

⁸ S.7 (BMI, 2019)

⁹ (DGNB, 2020)

¹⁰ Vgl.S.5 (DIN EN 15643 (2:2011) , 2011)

¹¹ Vgl.: S. 11 (Die Bundesregierung, 2016)

Zweck dieses Gesetzes ist es, zum Schutz vor den Auswirkungen des weltweiten Klimawandels die Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben zu gewährleisten. Die ökologischen, sozialen und ökonomischen Folgen werden berücksichtigt. [...] ¹²

Ferner beschreibt der §1 auch, dass es das Ziel ist, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 Grad Celsius und möglichst auf 1,5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen und die Treibhausgasneutralität bis 2050 anzustreben¹³. Für die Reduzierung des Temperaturanstiegs ist es notwendig, den Ausstoß von CO₂ Treibhausgasemissionen bis 2030 auf 70 Millionen Tonnen zu beschränken¹⁴. Der Anteil der Nicht-Wohngebäude am Energieverbrauch liegt bei 37%¹⁵. Als Definition für den Begriff „Klimaschutz“ lässt sich somit ableitend sagen, dass damit alle auf die Abmilderung der globalen Erwärmung abzielenden Maßnahmen, das heißt vor allem Maßnahmen zur Minderung der durch den Menschen verursachten Treibhausgasemissionen, gemeint sind. Betrachtet man an dieser Stelle noch einmal das Drei-Säulenmodell, so zeigt sich, dass Klimaschutz eine Teilmenge der Nachhaltigkeit, genau genommen sogar eine Teilmenge der Säule Ökologie ist. Mit den Festlegungen der globalen Klimaschutzziele und deren Umsetzung in gesetzlich geregelte nationale Klimaschutzziele findet sich die konkrete Umsetzung in der Energieeinsparverordnung (EnEV) wieder. Diese legt konkrete Bauteilanforderungen im Bezug auf Energieeinsparungen fest, wodurch eine Bewertung hinsichtlich der Ökonomie immer nur eingeschränkt möglich ist, da gesetzliche Mindestanforderungen der einzelnen Maßnahmen zu beachten sind.

3 Analyse und Festlegung der zu betrachtenden Maßnahmen

Um zu analysieren, in welchen Bereichen eines Gebäudes Maßnahmen getroffen werden können, werden zwei Herangehensweisen ausgewählt. Zum einen sollen aus Literaturrecherchen allgemeingültige Aussagen abgeleitet werden. Diese sind wissenschaftlich gut fundiert, weil sie bereits seit Jahren von verschiedensten Institutionen untersucht werden. Obwohl diese sich zumeist auf Wohngebäude beziehen, lassen sich die Ergebnisse trotzdem auf Feuerwehrhäuser übertragen. Zum anderen sollen anhand eines beispielhaften Modells einer ständig besetzten Feuerwache, mit einem ausschließlich durch die Freiwillige Feuerwehr genutzten Gebäudeteil, die speziellen Besonderheiten von Feuerwehrhäusern beleuchtet werden. Die Modellbeschreibung und die Rahmenbedingungen des Feuerwehrhauses sind der Anlage 1 zu entnehmen. In Anlehnung an die DIN EN 15643-1 wird festgelegt, dass das Feuerwehrhaus ohne Außenanlagen betrachtet wird. Gleiches gilt für nicht mit dem Gebäude verbundenen Geräten¹⁶.

Eines der ersten Dokumente, welches herangezogen werden sollte, um zu analysieren, wie hoch das Energieeinsparpotential, bezogen auf die Heiz- und Stromenergie, des Gebäudes ist, ist der Energieausweis oder der Energieverbrauchsausweis. Ist ein

¹² §1 Satz 1-2 (KSG, 2019))

¹³ Vgl. §1 Satz 3 (KSG, 2019)

¹⁴ Vgl. Anlage 2 (KSG, 2019)

¹⁵ Vgl. S. 10 (dena, 2019)

¹⁶ Vgl. S. 19f (DIN EN 15643 (2:2011) , 2011)

solcher Ausweis nicht vorhanden, ist es ratsam eines der Dokumente erstellen zu lassen, um eine belastbare Ausgangslage herzustellen. Natürlich kann auch in Anlehnung an diesen Ausweis eine eigene Erhebung der Kerndaten erfolgen und für die ersten Planungen zugrunde gelegt werden. Je genauer die Anfangsdaten jedoch sind, desto exakter kann hinterher die Entscheidung ausfallen. In Abhängigkeit der Ergebnisse zu Energieverbrauch und CO₂-Emission kann bestimmt werden, wie umfangreich die Maßnahmen sein müssen. Dabei gilt naturgemäß: je schlechter die Ausgangslage, desto größer ist das Einsparpotential - leider häufig auch der Umfang der Maßnahmen. Allgemein werden 80% der Endenergie einer Heizungsanlage in Raumwärme und 18% für die Warmwasseraufbereitung aufgewendet¹⁷. Daraus lässt sich bereits ableiten, dass der Dämmung und der Heizung eines Gebäudes eine besondere Bedeutung zukommt. Erst danach folgt der Stromverbrauch¹⁸.

Betrachtet man an welchen Stellen eines Gebäudes die Wärme verloren geht, dann sind die größten Verlustbereiche Fenster und Fassade, gefolgt vom Dach und einem Wärmeverlust durch Lüftungen¹⁹. Auch der Verlust von Wärmeenergie durch die Heizung selbst ist nicht zu vernachlässigen²⁰. In einigen Internetquellen sind an dieser Stelle Verluste von 30% der produzierten Energie angegeben, was aber nicht gut validiert erscheint. Auf ein Feuerwehrhaus bezogen muss berücksichtigt werden, dass die Fahrzeughallen nur minderbeheizte Räume sind, bei denen eine Temperatur von +7 °C²¹ ausreichend ist. Sie können also ähnlich zu Kellerräumen bewertet werden. Da hier der größte Wärmeverlust durch die Rolll Tore zu erwarten ist, erscheint eine Dämmung der Außenwände nicht prioritär. Prüfwert wäre ein Austausch der Tore und organisatorische Maßnahmen, die das Öffnen und Schließen der Tore in der Heizperiode regeln. Die Schottung dieses Bereichs durch Innenwand- und Geschossdeckendämmung könnte sinnvoll sein. Die übrigen Gebäudeteile können analog zu mehrgeschossigen Wohngebäuden betrachtet werden.

Bezüglich der Dämmung soll die Bewertung beispielhaft für die Fassadendämmung durchgeführt werden, da hier der Energieverlust am größten ist. Weitere Dämmmaßnahmen wie beispielsweise Dach-, Innenwand-, und Perimeterdämmung können aus der beispielhaften Betrachtung abgeleitet werden.

Der Wärmeverlust der Heizungsanlagen durch schlechte Isolierung des Kessels, der Abgasrohre und der Leitungen ist ebenfalls ein Punkt, den es zu beleuchten lohnt. Kombiniert man dies mit der Betrachtung der Heizungen selbst im Hinblick auf Wirkungsgrad und Energieverbrauch, könnten sich durch einen Heizungstausch ebenfalls große Energieeinsparpotenziale finden lassen.

Das Lüftungsverhalten ist ebenso betrachtenswert, da es zu den vier energieverlustreichsten Bereichen zählt. Dies bestätigen auch persönliche Erfahrungen des Autors, aus denen sich ebenfalls ein Bedarf für die Betrachtung von grundsätzlichen Verhaltensweisen im Bezug auf Energiesparmaßnahmen ergibt.

Somit ergibt sich für die Bereiche (Fassaden-) Dämmung, Fenstertausch und Heizungsanlagenanierung ein Bewertungsbedarf für bauliche Maßnahmen und für den organisatorischen Bereich müssen Nutzerverhalten, insbesondere Lüftung und

¹⁷ Vgl.: S.7 (Prof. Holm, et al., 2015)

¹⁸ Vgl.: (Umweltbundesamt, 2020)

¹⁹ Vgl. S. 2 (Deutsche Umwelthilfe e.V., 2017)

²⁰ Vgl. S. 204 (Königstein, 2020)

²¹ Tabelle 2 (DIN 14092-1 (2012-04), 2012)

Automatisierung betrachtet werden. Abschließend sollte noch überlegt werden, welche Dinge nur bei einem Neubau umgesetzt werden können, weil die Änderungen bei Bestandsgebäuden nicht möglich bzw. zu aufwendig sind.

Natürlich erscheint es auch betrachtenswert, Anlagen zur Gewinnung von erneuerbaren Energien wie Photovoltaik oder Solarthermie auf ihre Nachhaltigkeit zu untersuchen. Davon wird allerdings Abstand genommen, weil diese Anlagen gemäß § 52 Gebäudeenergiegesetz²² bei grundlegenden Renovierungen von Gebäuden der öffentlichen Hand ohnehin verpflichtend sind.

4 Festlegung der Fristigkeit

Neben der eigentlichen Bewertung der Fragestellung, ob eine Maßnahme geeignet ist, um die Ziele der Nachhaltigkeit und damit verbunden auch des Klimaschutzes zu erfüllen, muss für die Planung die Fristigkeit berücksichtigt werden. Diese soll gemäß Aufgabenstellung unterschieden werden in kurz-, mittel- oder langfristig. Da Planungen und Ziele für Nachhaltigkeits- und Klimaschutzziele durchaus in der Feuerwehrplanung eine Rolle spielen sollten und auch eine Aufnahme von einzelnen Maßnahmen in die Bedarfsplanung ratsam sein kann, orientiert sich die nachfolgende Einteilung an den Haushaltsjahren (ggf. Doppelhaushalt) und den Zyklen des Brandschutzbedarfsplans. Um die oben genannte Einordnung treffen zu können, wurden drei Kriterien herausgearbeitet.

4.1 Kriterium 1: „Mittel“

Die Höhe der Mittelbindung ist der erste Einflussfaktor. Ob es sich um eine Maßnahme mit hoher oder eher geringer Mittelbindung handelt, ist natürlich subjektiv und hängt von den Gegebenheiten der einzelnen Gemeinden ab. Hinzu muss der Aufwand und die Zeitspanne von Kostenermittlung / -abschätzung, Einstellen in den Haushalt und Bereitstellung der Mittel berücksichtigt werden.

4.2 Kriterium 2: „Ausführungsdauer“

Im Kriterium „Ausführungsdauer“ soll eine Abschätzung dazu getroffen werden, wie lange es nach der Bereitstellung der Mittel dauert, bis die Maßnahme abgeschlossen ist. Dies beinhaltet die Schritte Ausschreibung, Vergabe, Beauftragung bis Übergabe. Die Zeiträume orientieren sich zum einen am Haushaltsjahr (i.d.R ein Jahr) und an der Laufzeit eines Brandschutzbedarfsplans (i.d.R fünf Jahre). Dabei ist zu berücksichtigen, dass Maßnahmen, die innerhalb einer Laufzeit der Bedarfspläne umgesetzt werden sollen, nicht fünf Jahre Ausführungsdauer benötigen dürfen, da die Mittelbeschaffung und -bereitstellung im Vorfeld erfolgen muss.

4.3 Kriterium 3: „Auswirkung“

Das Kriterium „Auswirkung“ soll den Grad an Veränderungen innerhalb der Feuerwehr beschrieben. Dies kann sowohl organisatorisch als auch strukturell sein. Als Anhaltspunkte sollen die Änderung des persönlichen Verhaltens, die Auswirkung auf den

²² (GEG, 2020)

Dienstbetrieb bis hin zur Herbeiführung eines politischen Beschlusses herangezogen werden.

4.4 Definition der Fristigkeit

Aus den oben genannten Punkten lassen sich folgende Ableitungen treffen:

Kurzfristig: geringe Mittelbindung bei kurzer Dauer der Maßnahme ohne organisatorische Veränderungen der Feuerwehr und somit auch ohne Einfluss auf die Bedarfsplanung.

Mittelfristig: Mittelbeschaffung und -bereitstellung sowie Umsetzungsdauer im Bereich des aktuellen Bedarfsplanzyklus, keine bis wenig ausgeprägte Organisationsveränderungen.

Langfristig: hohe Mittelbindung über oder ohne vorhandene Haushaltspositionen, Gesamtdauer der Maßnahme über den Zeitraum der Bedarfsplanung und Veränderung der Organisationsstruktur. Langfristige Maßnahmen stehen in der Regel im Zusammenhang mit der Bedarfsplanung der Feuerwehr.

5 Bewertung der Maßnahmen

Wie in der Einleitung bereits beschrieben, basieren die gängigen Bewertungsmodelle immer auf einer ganzheitlichen Betrachtung eines Gebäudes. Um einzelne Maßnahmen bewerten zu können, müssen die drei Säulen der gängigen Bewertungssysteme abgeschichtet und Teilbereiche verwendet werden. Für diese Arbeit ist vom Verfasser eine Nutzwertanalyse angefertigt worden. Diese soll es ermöglichen, die unterschiedlichen Maßnahmen untereinander zu vergleichen und ein analytisches Ergebnis zu liefern²³. Wie in den gängigen Bewertungssystemen auch werden die drei Säulen Ökonomie, Ökologie und Soziales gleich bewertet.

Ob die in den darauffolgenden Kapiteln aufgeführten Maßnahmen auf ein konkretes Objekt bezogen zur Erfüllung der Ziele beitragen, muss immer mit detaillierter Kenntnis zu den ausgewählten Bauprodukten und zum Bauobjekt selbst, mittels der gängigen Bewertungssysteme, ganzheitlich betrachtet werden.

5.1 Ökonomische Bewertung

Für den ökonomischen Bereich erscheint eine Amortisationsrechnung sinnvoll. Diese soll unter den Parametern Kosten (Bau- sowie Folgekosten) und Energiekosteneinsparungen ermitteln, ob eine wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit durch die Maßnahme gegeben ist. Denkbar sind natürlich auch entsprechend dynamischere Verfahren, die bei Vorliegen aller Objektdaten naturgemäß ein deutlicheres Bild zeichnen, in diesem Fall jedoch aufgrund von fehlenden Objektdaten zu mehr Unschärfe aufgrund von zu treffenden Annahmen führen²⁴. Der Aspekt Fördermittel ist in der tatsächlichen Umsetzung unbedingt mit aufzunehmen und wird einen entscheidenden Einfluss haben.

²³ Vgl. S 43 (Gonde, 1995)

²⁴ Vgl.: S.6 (BAFA, 2019)

Einen Überblick zu den Förderungen für NRW beispielsweise kann im sogenannten „Fördernavi“ der Energieagentur entnommen werden. Da die Fördermittel aber zeitlich und auch örtlich stark variieren und spezielle Anforderungen an die Umsetzung stellen, werden in dieser Arbeit Fördermittel nicht betrachtet.

Für die Bewertung der Ergebnisse soll der Break-Even-Point herangezogen werden. Die Nutzungsdauer der verschiedenen Teile eines Gebäudes variiert selbstverständlich. Bauteile wie Fenster, Dach und Außenwände sowie deren Dämmvarianten halten in der Regel mindestens 30 Jahre bis mindestens 50 Jahre, Heizung sowie Lüftungs- und Solaranlagen mindestens 20 Jahre. Um die Komplexität der Bewertung zu begrenzen, wird ein „mittlerer“ Betrachtungszeitraum von 20 Jahren durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle empfohlen²⁵. Um der nicht mitbetrachteten Energiepreissteigerung gerecht zu werden und um die Aufwendungen auch tatsächlich in eine dauerhafte Kostensenkung umzusetzen, werden 15 Jahre als obere Grenze der Wirtschaftlichkeit festgelegt. Die weiteren Abstufungen ergeben sich linear im Fünfjahres-Rhythmus.

Die Kostenkennwerte werden aus der Fachbuchreihe des Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammer e.V. entnommen.

Ökonomische Bewertung		
Amortisierung	Beurteilung	Punkte
≤ 5 Jahre	Sehr gut geeignet	3
< 10 Jahre	Gut geeignet	2
< 15 Jahre	geeignet	1
≥ 15 Jahre	Ungeeignet	0

Tabelle 1: Ökonomische Bewertung

5.2 Ökologische Bewertung

Für den ökologischen Bereich bietet sich eine Ökobilanzierung oder auch Lebenszyklusanalyse (englisch: Life Cycle Assessment bzw. Life Cycle Analysis, kurz LCA) an. Diese ist in den Regelwerken ISO 14040 und ISO 14044 international genormt.

Analog zu den dynamischen Rechenverfahren des ökonomischen Bereichs kann die LCA aufgrund der Komplexität, fehlender Detailkenntnisse und schlussendlich auch Umfänglichkeit nicht durchgeführt werden. Allerdings bietet sich das LCA-Screening für diese Arbeit an. Dieses Verfahren dient als Wirkungsabschätzung und erfolgt im Vorfeld vieler Maßnahmen. Zumeist sind an diesem Punkt eines Vorhabens noch nicht alle Details bekannt, trotzdem soll aber bereits eine generelle Aussage zur Ökobilanz getroffen werden²⁶. Betrachtet werden sollen die Kriterien „Globales Erwärmungspotential (GWP)“ und „Energie“. Beide Kriterien sollen gleichgewichtet zu einem Gesamtergebnis für die ökologische Bewertung zusammengeführt werden.

Ein Bewertungsschlüssel für die ökologische Bewertung gibt es derzeit nicht. Üblicherweise werden die Amortisationszeiten erhoben und wenn überhaupt, dann vergleichend verwendet. Dies ist aber bei den zu erwartenden unterschiedlichen Ausprägungen der Werte nicht sinnvoll und lässt auch die Klimaschutzziele außer Acht. Abgeleitet aus diesen Zielen, die eine Einsparung von 27,324 Gt CO₂ für den Gebäudesektor in den nächsten 10 Jahren vorsehen, soll eine eigene Bewertungsmatrix entstehen.

²⁵ Vgl.: S. 26 (BAFA, 2019)

²⁶ Vgl. S.320 (Kaltschmitt, et al., 2015)

Rechnet man die geforderten 27,324 Gt CO₂ auf den Anteil an Nutzgebäuden um, so müssten 9,84 Gt CO₂ eingespart werden. Für jedes der 2,7 Mio. Gebäude würde dies eine Einsparung von 3,64 t CO₂ ergeben²⁷. Dies muss also der Minimalwert sein, den eine Maßnahme erfüllen muss. Ist eine Einsparung dieses Wertes bereits im ersten Jahr möglich, so wird sie als besonders effizient angesehen. Für den Bereich der energetischen Einsparung wird analog verfahren. Hier ist das Ziel, bis 2030 300TWh einzusparen oder eben 111.110 kWh pro Gebäude.

Anzumerken ist, dass es politisch natürlich nicht vorgesehen ist, dass jedes Gebäude einen entsprechenden Minderwert erzielt, sondern die Gesamtheit aller Gebäude.

Ökologische Bewertung					
CO ₂ Einsparung			Energetische Einsparung		
Zielerreichung	Beurteilung	Punkte	Zielerreichung	Beurteilung	Punkte
≤ 1 Jahre	Sehr gut geeignet	3	≤ 1 Jahre	Sehr gut geeignet	3
< 5 Jahre	Gut geeignet	2	< 5 Jahre	Gut geeignet	2
< 10 Jahre	geeignet	1	< 10 Jahre	geeignet	1
≥ 10 Jahre	Ungeeignet	0	≥ 10 Jahre	Ungeeignet	0

Tabelle 2: Ökologische Bewertung

Die Daten für die Bauprodukte, die zur Bewertung herangezogen werden, sind den Umweltproduktdeklarationen nach DIN EN 15804 zu entnehmen. Als Bezugsquelle für die Datenblätter wird die Plattform ÖKOBAUDAT des Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) unter www.oekobaudat.de verwendet.

5.3 Soziale Bewertung

Anders als für die beiden vorangegangenen Säulen sind die Ziele weniger zahlenlastig definiert. Zu bewerten sind die Kriterien Komfort, Funktionalität und Ästhetik. Das Kriterium Komfort umfasst beispielweise die Merkmale thermischer-, akustischer- und visueller Komfort. Hinzu kommen die Merkmale Einflussnahme des Nutzers, Hygiene und Sicherheit. Die Funktionalität von Gebäuden bezieht sich zum einen auf die umfassende Nutzbarkeit, zum anderen stellt sie die Voraussetzungen sicher, das Gebäudeleben auch über einen üblichen Nutzungszeitraum hinaus wirtschaftlich verlängern zu können²⁸. Auf ein Feuerwehrhaus bezogen bedeutet dies, dass das Gebäude auch nach einer Standortverlegung (vielleicht aufgrund neuer Bedarfsanforderungen) noch wirtschaftlich genutzt werden kann, z.B. als Betriebshof für andere städtische Ämter. Im Kriterium Ästhetik soll neben dem Wohlbefinden durch eine optisch ansprechende Umgebung auch eine stärkere Identifikation des Nutzers mit dem Gebäude zu einer längeren Nutzungsdauer beitragen²⁹. Ein Aspekt, der immer mehr an Bedeutung zunimmt, ist die politische Komponente. Politische Entscheidungen sind zunehmend von Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsentscheidungen geprägt. In der Stadt Bochum wurde nach dem Ausrufen den Klimanotstandes festgelegt, dass jede politische Entscheidung aus diesem Grund einem Klima-Check unterzogen wird³⁰. Dieser Prozess soll die Einbindung von sogenannten Stakeholdern berücksichtigen. Ziel ist die verstärkte

²⁷ Vgl. (dena, 2019)

²⁸ Vgl. S. 23 (BMVBS, 2011)

²⁹ ebenda

³⁰ Vgl. Gesprächsprotokoll Sonja Eisenmann, Klimaschutzbeauftragte der Stadt Bochum

Partizipation Betroffener, in diesem Fall die Bürgerinnen und Bürger, sowie eine bessere Konsensfindung in den Entscheidungen³¹. Neben Bochum haben 72 weitere Städte und Gemeinden den Klimanotstand ausgerufen, was den Trend zeigt, nachhaltiges Handeln in den politischen Fokus zu stellen³².

Die Bewertung der Säule „Soziales“ ist subjektiv. Es existiert derzeit kein Analysesystem, das mit hinnehmbarem Umfang ein objektives, zahlenbasiertes Ergebnis liefern kann. Daher wird bei den einzelnen Maßnahmen auf die oben genannten Punkte Bezug genommen, um so möglichst deutlich zu begründen, weshalb sich der gewählte Punktwert ergibt.

Soziale Bewertung	
Beurteilung	Punkte
sehr gut geeignet	3
gut geeignet	2
geeignet	1
ungeeignet	0

Tabelle 3: Soziale Bewertung

5.4 Gesamtbewertung

Wie in den gängigen Bewertungssystemen auch werden die drei Säulen „Ökonomie“, „Ökologie“ und „Soziales“ gleichgewichtet bewertet. Der daraus resultierende Durchschnitt gibt an, wie geeignet die Maßnahme im Hinblick auf die Ziele Nachhaltigkeit und Klimaschutz ist. Der Bewertungsschlüssel ergibt sich wie folgt.

Gesamtbewertung		
Durchschnitt	Gesamtpunkte	Beurteilung
2,5 – 3	3	sehr gut geeignet
1,5 – 2,49	2	gut geeignet
0,5 – 1,49	1	geeignet
0 – 0,49	0	ungeeignet

Tabelle 4: Gesamtbewertung

6 Konkrete Maßnahmen

Ist die Entscheidung gefallen, Maßnahmen zu ergreifen, die den Klimaschutz und die Nachhaltigkeit im Gebäudesektor einer Feuerwehr verbessern sollen und sind Bestandsaufnahme sowie Analyse abgeschlossen, kann die Planung der Umsetzung beginnen.

Neben allgemeingültigen Aussagen, die im ersten Teil der nachstehenden Unterpunkte in Form eines Fließtextes zusammengefasst wurden, soll anhand eines Modellhauses eine Berechnung nach dem vorgestellten Bewertungssystem vorgenommen werden. Die Rechnungen sind der Anlage 2 zu entnehmen. Ebenfalls findet sich dort eine ausführliche Berechnung mit Erläuterungen anhand eines Beispiels, um den Rechenweg zu verdeutlichen.

Grundsätzlich sind die Anforderungen der EnEV (bzw. künftig des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)) als gesetzlicher Mindeststandard einzuhalten.

³¹ Vgl. S.137f (Kaltschmitt, et al., 2015)

³² (Wikipedia Autoren)

6.1 Kurzfristige Maßnahmen

Kurzfristige Maßnahmen sind gekennzeichnet durch eine geringe Mittelbindung, die keine oder nur unwesentliche Haushaltsanpassungen erfordern. Darüber hinaus sollen die Maßnahmen schnell umgesetzt werden können; der Aufwand soll sich also in Grenzen halten. Veränderungen der Bedarfspläne lösen diese Maßnahmen nicht aus. Typisch hierfür sind organisatorische Maßnahmen, die mit kleinen Anschaffungen einhergehen und die Änderung des Nutzerverhaltens. Eine Berechnung nach dem im Kapitel 5 genannten Schema ist für diese Maßnahmen nicht sinnvoll, da es keine wirklichen Investitionen gibt, die sich amortisieren müssen und auch keine Herstellungskosten oder CO₂ Emissionen. Aus diesem Grund sollen in diesem Abschnitt mögliche Maßnahmen analysiert werden und anhand von Literaturrecherchen die Wirksamkeit dargestellt werden. Als Beispiele für kurzfristige Maßnahmen soll der Energieverlust durch geöffnete Flächen in der Außenwand betrachtet werden.

6.1.1 Nutzerverhalten

Dass sich aus einem geänderten Nutzerverhalten Energieeinsparungen ableiten lassen, klingt selbstverständlich. Schaltet man beim Verlassen eines Raumes das Licht aus, spart man ca. 7% Energie ein³³. Genauer gesagt wird keine Energie verschwendet. Dies ist auch der erste Ansatz, der in das Bewusstsein der Nutzer eines Gebäudes einzugreifen sollte: Das eigene Verhalten hat einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch und damit auf die Nachhaltigkeit und den Klimaschutz.

Das Dilemma besteht darin, dass umweltschädigendes Verhalten eines Einzelnen (offen stehen lassen von Fenstern am Morgen) oft unmittelbar positive Auswirkungen für denjenigen hat (frische Luft im Schlafraum am Abend), während etwaige negative Auswirkungen auf die Umwelt nicht direkt sichtbar werden³⁴. Es ist also erforderlich, den Nutzer in seiner Verhaltensänderung zu begleiten. Dies muss durch zweierlei Dinge erfolgen. Zum einen bedarf es einer Vorgabe (verhaltenserzeugende Maßnahmen), was vom Nutzer in Bezug auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz erwartet wird und zum anderen müssen verhaltensfördernde Maßnahmen, z.B. Kontrollen und Bestärkung durch Vorgesetzte erfolgen³⁵. Vorgaben können beispielsweise in Dienstvorschriften geregelt sein. Sollte es diese gemeindeweit nicht geben, ist es durchaus denkbar, eine Regelung speziell für die Feuerwehr zu entwickeln. Die Aufgabe der Vorgesetzten besteht dann, neben dem eigenen Verhalten, darin, zusammen mit den Mitarbeitern auf die Ziele hinzuwirken und ggf. steuernd einzugreifen.

Anhand des Beispiels „Lüften“ soll nun gezeigt werden, wie Verhaltensmaßnahmen konkretisiert werden können. Die daraus resultierenden „Lüftungsregeln“ wurden als Aushang entwickelt und sind der Anlage 3 zu entnehmen. Die technischen Anforderungen an das Lüften ergeben sich aus der DIN 1946 – 6 „Raumluftechnik - Lüftung von Wohnungen“ und dienen an dieser Stelle als normativer Verweis auf die technischen Anforderungen, auf die im weiteren Verlauf nicht mehr eingegangen wird.

³³ Vgl. S. 95 (Stumpf, 2014)

³⁴ Vgl. S. 79 (Stumpf, 2014)

³⁵ Vgl. S. 81 ff (Stumpf, 2014)

Da das Raumluftklima einen entscheidenden Einfluss auf das Leistungsvermögen und die Gesundheit hat und darüber hinaus aus hygienischer und energetischer Sicht einen hohen Stellenwert einnimmt, ist gezieltes und kontrolliertes Lüften notwendig³⁶. Ein luftdichter Abschluss der Gebäudehülle ist energetisch wünschenswert, führt aber bei unzureichendem Luftaustausch zu Schimmelbildung, Feuchteschäden oder hohen Schadstoffkonzentrationen. Die Anforderungen an gute Lüftung sind folglich einerseits die Herbeiführung einer hohen Luftqualität und zum anderen ein möglichst geringer Energieverlust³⁷. Dass durch das Öffnen von Fenstern und Türen Wärme verloren geht, ist selbstverständlich. Zwischen 15% und 17 % der Wärmeverluste bei Gebäuden erfolgt durch das Lüften³⁸. Um diesen Wert möglichst klein zu halten, ist also zu klären, wie häufig und für wie lange zu lüften ist.

In Bereichen, die wenig belegt sind wie Häusern der Freiwilligen Feuerwehr außerhalb der Nutzung oder auch Schlafräume auf ständig besetzten Wachen, reicht ein Luftwechsel von 0,3 bis 0,4 bezogen auf die Raumkubatur pro Stunde. Bei dichter Belegung und häufigerer Anwesenheit werden die von der EnEV angesetzten Luftwechselraten von 0,6 bis 0,7 pro Stunde nötig³⁹. Daraus lässt sich die erforderliche Dauer der Lüftung unter Beachtung der unterschiedlichen Temperaturdifferenzen zwischen Innen und Außen in den Jahreszeiten ableiten. Die notwendige Öffnungsdauer, um einen kompletten Luftaustausch im Raum zu erzielen, ist im Winter deutlich kürzer (ca. 5 min. bei vollständig geöffnetem Fenster) als in der Übergangszeit (15 min) oder gar im Sommer (30 min.)⁴⁰.

Aus der Erfahrung zeigt sich, dass Räume von Feuerwehrhäusern dauerhaft gelüftet werden und somit der Energieverlust vermutlich höher als 17% liegt. Beispielhaft sind hier die Schlafräume zu nennen, in denen nach dem morgendlichen Verlassen des Raumes das Fenster komplett geöffnet bleibt, bis der Raum am Abend wieder belegt wird. Ähnlich verhält es sich in Fernseh- und Raucherräumen, in denen die Fenster häufig dauerhaft auf Kipp gestellt werden. Allein die Umstellung von Stoßlüften anstelle von Kipplüften kann 7% Energieeinsparung bringen⁴¹. Diese Erkenntnisse wurden grafisch in einen Aushang umgesetzt, der in den jeweiligen Räumen ausgehängt werden kann. Der Aushang ist als Anlage 3 beigelegt.

6.1.2 Automatisierung (Beispiel Fahrzeugtore)

Auch an vielen anderen Stellen des Gebäudes sind Automatisierungen denkbar, wie beispielsweise bei Heizkörperregelungen oder Bewegungssensoren für die Raumbeleuchtung. Beispielhaft wird im Folgenden die Automatisierung von Fahrzeugtoren behandelt.

Zusammen mit der Fassade erfolgt der größte Energieverlust über die Fenster⁴². Da in den Fahrzeughallen ein überproportional großer Anteil der Gebäudehülle aus Rolltoren besteht, muss überlegt werden, ob hier ein Austausch gegen besser isolierte Tore erfolgen muss. Demgegenüber steht die Tatsache, dass die Tore bei einem

³⁶ Vgl. S. 129 (Königstein, 2020)

³⁷ Vgl. S. 162 ff (Gabriel, et al., 2014)

³⁸ Vgl. S 2 (Deutsche Umwelthilfe e.V, 2017)

³⁹ Vgl. S. 3 (HMUKLV, 2011)

⁴⁰ Vgl. S. 7 (HMUKLV, 2011)

⁴¹ Vgl. S.95 (Stumpf, 2014)

⁴² Vgl. S 2 (Deutsche Umwelthilfe e.V, 2017)

Einsatz geöffnet werden und häufig länger offenstehen als es für das eigentliche Ausrücken erforderlich ist. Nimmt man diese Tatsache als Grundlage für die Überlegungen, erscheinen zunächst organisatorische Maßnahmen sinnvoller. Darüber hinaus sollte beachtet werden, dass aufgrund der geringen Heizenergie in diesem Bereich, vor einem Austausch zu Elementen mit einer größeren Wärmedämmung, erst eine Kapselung des Bereichs zu erwägen ist, zum Beispiel durch Dämmungen der Wände zu anders genutzten und stärker beheizten Gebäudeteilen.

Eine denkbare und in vielen Feuerwehren bereits praktizierte Maßnahme ist das automatische Schließen der Tore. Dies erfolgt häufig nach einer vordefinierten Zeit. Aus zweierlei Aspekten ist dies jedoch nicht ideal. Zum einen führte das automatische Schließen der Tore bei der Feuerwehr Bochum zu einigen Unfällen, die mit erheblichen Kosten verbunden waren. Grund hierfür war die unzureichende Überwachung der Tore mit Lichtschranken und die nicht immer sinnvolle Anbringung der Torampeln. In jedem Fall muss sichergestellt werden, dass die Fahrer frühzeitig bemerken, wenn sich die Tore schließen und die Torüberwachung auch den Außenbereich erfasst, damit es gerade beim rückwärts in die Halle fahren nicht zu Unfällen kommt. Auch wenn dies gelöst werden kann, dann bleibt immer noch ein zweiter Aspekt. Die Tore werden nicht direkt nach dem Ausrücken geschlossen, weshalb der Wärmeverlust unnötig hoch ist. Eine Möglichkeit der Abhilfe stellt die manuelle Schließung der Tore dar. Dies kann organisatorisch gelöst werden, aber auch technisch. Es wäre denkbar, die nicht belegte Statustaste 9 mit einem Schließen des hinterlegten Tores zu belegen. So kann die Besatzung des Fahrzeuges nach dem Ausrücken eigenständig schließen und so den Wärmeverlust auf das nötige Maß beschränken. Kombiniert man dies mit einer automatischen Schließung der Tore nach einem festgelegten Zeitintervall, wird der Energieverlust deutlich minimiert.

6.2 Mittelfristige Maßnahmen - Bauen im Bestand

Wie beschrieben, soll mittelfristig bedeuten, dass die Beschaffung der Haushaltsmittel und auch die komplette Umsetzung der Maßnahme nicht länger als fünf Jahre in Anspruch nehmen sollen, gleichzeitig aber auch nicht innerhalb eines Haushaltsjahres umsetzbar sind. Die organisatorischen Veränderungen sollen darüber hinaus wenig ausgeprägt sein. Typisch dafür ist energetisches Sanieren, bzw. Bauen im Bestand als Einzelmaßnahmen. Natürlich ist es auch denkbar und sogar ratsam, mehrere Einzelmaßnahmen zu einer Gesamtmaßnahme bis hin zur energetischen Kernsanierung zusammenzufassen. In diesen Fällen verschiebt sich die Fristigkeit hin zu einem langfristigen Projekt, da nicht nur organisatorische Veränderungen des Wachstags nötig werden, sondern auch Ausführung und Mittelbeschaffung mehr Zeit in Anspruch nehmen. Die im Folgenden dargestellten Maßnahmen werden als Einzelmaßnahme betrachtet.

6.2.1 Fassadendämmung

Betrachtet werden sollen ein synthetischer und drei natürliche Baustoffe. Die Auswahl fiel auf expandiertes Polystyrol (EPS), Steinwolle, Holzfaser und Zellulose. Zunächst ist zu sagen, dass die Dämmung eines Gebäudes keineswegs nur den Schutz vor Kälte zum Ziel hat. Die DIN 4108-02 unterscheidet in winterlichen und sommerlichen Wärmeschutz. Grundlage für die Einstufung der Baustoffe bezogen auf die

wärmeschutztechnische Einstufung ist gemäß DIN 4108-04 die Wärmeleitfähigkeit λ . Je kleiner dieser Wert ist, desto besser ist die Dämmwirkung. Hier haben die synthetischen Baustoffe einen Vorteil (0,021 – 0,045 W/(mK)) im Vergleich zu den natürlichen Baustoffen (0,038 – 0,09 W/(mK))⁴³. Allerdings haben die synthetischen Bauprodukte aufgrund langer Herstellungsketten den Ruf, in ökologischer Hinsicht nachteilig zu sein, da diese in direkter Verbindung mit Chlor- und Petrochemie, Ozonschicht zerstörenden Treibmitteln, Treibhausgasen sowie krebserregender Substanzen, die bei der Herstellung freigesetzt werden, stehen. Das Recycling benötigt von allen Seiten immer noch guten Willen, meist folgt die Entsorgung auf der Deponie und die Rohstoffreserven sind begrenzt. Aber auch die natürlichen Baustoffe haben Nachteile. Probleme gibt es durch Monokulturen oder Pestizideinsatz bei der Massenproduktion, durch hohe Transportkosten (z.B. Schafwolle aus Neuseeland oder Kork aus Portugal) oder durch Belastungen bei der Herstellung (z.B. Abwasserbelastung bei Zellulose oder dem hohen Energieaufwand bei Holzfasern). Da die natürlichen Dämmstoffe aus Gründen des Brandschutzes teilweise mit bis zu 10% Borsalz imprägniert sind, müssen sie im Falle der Entsorgung deponiert oder aufwändig verbrannt werden⁴⁴. Kernfrage für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist, ob die Fassade des Gebäudes ohnehin erneuert werden soll oder nicht. Ist dies der Fall, werden die Kosten für Gerüst, Putz und Beschichtung der Fassade nicht mit betrachtet. Diese Kosten werden als Ohnehinkosten (OHK) bezeichnet. Ist die Fassade nicht sanierungsbedürftig, müssen diese Kosten natürlich in die ökonomischen Berechnungen mit aufgenommen werden. Dies führt zu erheblichen Änderungen der Amortisierung.

Am Beispiel des Modellhauses zeigt sich, dass die Hinzunahme der OHK die Amortisierung um bis zu 47% verlängert. Inklusive der OHK ist keiner der Dämmstoffe ökonomisch geeignet. Ohne OHK kommt lediglich das EPS auf einen Punktwert von 1. Holzfaser und Zellulose weisen aufgrund der hohen Anschaffungskosten Amortisierungen von über 70 bzw. über 60 Jahren aus.

Auch energetisch amortisieren sich die Stoffe so spät, dass die Zielerreichung in allen Fällen um mindestens das doppelte überschritten ist. Aufgrund des hohen Energieverbrauchs bei der Herstellung der Zellulose benötigt diese über 82 Jahre, um die bis 2030 vorgesehene Einsparung von 111.110 kWh zu erreichen. Die CO₂-Billanz ist deutlich erfreulicher. Alle Stoffe erreichen die Ziele. EPS und Zellulose erreichen die Zielvorgabe bereits in unter fünf Jahren.

In die Bewertung des Sozialen spielen die Kriterien Sicherheit und Komfort eine Rolle. Die Steinwolle ist der einzige Baustoff, der in die Baustoffklasse A eingeteilt ist. Alle anderen Stoffe sind brennbare Baustoffe. Die Dämmstoffdicke führt grundsätzlich zu einem geringeren Lichteinfall aufgrund einer tieferen Fensterleibung. Hier haben die Bauprodukte einen kleinen Vorteil, die dünner ausgeführt werden können (EPS und Steinwolle). In der Außendarstellung und der politischen Argumentation könnte es vorteilhaft sein, organische Baustoffe zu verwenden. Das EPS wird im Hauptprodukt aus fossilen Brennstoffen hergestellt, was beim politischen Klima-Check nicht die besten Ergebnisse erzielen wird.

⁴³ S. 34 (Königstein, 2020)

⁴⁴ Vgl. ebenda

	Ökonomisch		Ökologisch					Sozial	Gesamt	
Produkt	Kap.- Ar- mort.	Pkt.	CO ₂ – Zielerr.	Pkt.	Energ. – Zielerr.	Pkt.	G ⁻	Pkt.	Ø	Pkt.
EPS	14,23	1	22,49	0	4,38	2	1	2	1,33	1
Steinwolle	27,09	0	23,3	0	5,57	1	1	3	1,33	1
Zellulose	67,38	0	42,16	0	7,94	1	1	2	1	1
Holzfaser	63,63	0	82,41	0	4,98	2	1	2	1	1

Tabelle 5: Ergebnisse Fassadendämmung

6.2.2 Fenstersanierung

Das Thema Rolll Tore wurde bereits unter dem Punkt 6.1.2 thematisiert, sodass nun ausschließlich die Sanierung üblicher Fenster betrachtet werden soll.

Wie bereits erwähnt, verliert ein Gebäude die meiste Energie über die Fassade. Direkt danach erfolgt der größte Energieverlust über die Fenster.⁴⁵ Ein Grund hierfür ist sicherlich, dass Fenster deutlich hinter den Dämmwerten anderer Baustoffe zurückbleiben. Undichtigkeiten, egal ob beim Einbau oder im Laufe der Zeit entstanden, führen neben Energieverlusten auch zu Unbehagen. Betrachtet man die Dämmwirkung der Verglasung, so stellt man fest, dass zwischen 1-Scheiben-Glas und 3-Scheiben-Wärmeschutzglas der Faktor 10 steht. Selbst 2-Scheiben-Isolierglas hat eine dreifach schlechtere Dämmwirkung als die Dreifachverglasung⁴⁶. Nicht immer ist es erforderlich, die Fenster komplett auszutauschen. Undichtigkeiten im Fugenbereich können durch Ausfräsen der Fuge und Einsetzen eines neuen Dichtungsbandes zu einem relativ günstigen Kostenpreis von ca. 10 €/lfd. m ertüchtigt werden. Auch Scheiben von Fenstern lassen sich ersetzen. Hier belaufen sich die Kosten auf 80-120 €/m² ⁴⁷. Ob sich diese Maßnahmen für nicht denkmalgeschützte Gebäude eignen, ist allerdings fraglich. Bedenkt man, dass 25-45% der Fensteröffnungen im Rohbau auf den Rahmen entfallen, wird deutlich, welchen wichtigen Beitrag auch der Rahmen zur Energieeinsparung beitragen kann. Dabei stellt sich zunächst natürlich die Frage nach dem Material. Holz und Kunststoff sind mit einem Marktanteil von 80% führend. Während die Dämmeigenschaften bei Holz von Grund auf gut sind, kann der Wartungsaufwand jedoch erheblich sein. Kunststofffenster haben bei gleicher Dämmwirkung deutlich weniger Wartungsaufwand, dafür sind diese eben nicht aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt⁴⁸. Da die meisten Feuerwehrrhäuser nicht unter Denkmalschutz stehen werden und die Sanierung der Fenster keine Zwischenlösung sein soll, wird vermutlich häufig nur ein Austausch der Fenster zur Wahl stehen.

Es stellen sich also zwei Fragen im Zusammenhang mit der Sanierung der Fenster: Aus welchem Material sollen die Rahmen hergestellt sein und soll eine 2- oder 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung verwendet werden? Betrachtet werden also die Kombinationen aus Rahmenmaterial und Scheibenanzahl. Egal welches Material des Rahmens man betrachtet, beide erreichen konstruktionsbedingt dieselben U-Werte,

⁴⁵ Vgl. S. 2 (Deutsche Umwelthilfe e.V., 2017)

⁴⁶ Vgl. S. 104 (Königstein, 2020)

⁴⁷ Vgl. S. 103 (Gabriel, et al., 2014)

⁴⁸ Vgl. S.109 (Königstein, 2020)

sodass ökonomisch nur der jeweilige Anschaffungspreis ausschlaggebend ist. Eine Amortisation in einer angemessenen Zeit findet nicht statt. Alle Fenster benötigen hierfür min. 96 Jahre. Die Amortisation übersteigt damit vermutlich die Restnutzungsdauer der zu sanierenden Gebäude.

Auch energetisch werden die vorgegebenen Ziele nicht erreicht. Lediglich das 3-Scheiben-Holzfenster überschreitet die Minimalvorgabe knapp, alle anderen sind auch hier weit über den Zielen. Im Bereich des CO₂ zeigt sich, dass durch den besseren U-Wert der Scheiben die 3-Scheiben Varianten die Minimalziele erreichen. Das Holzfenster liegt sogar nur knapp über der Grenze für eine gute Eignung. Auch das Holzfenster mit zwei Scheiben erreicht das Minimalziel.

Im sozialen Bereich spielen vor allem die Kriterien Komfort und Funktionalität eine Rolle. Bei den 3-Scheiben-Fenstern ist der akustische Komfort am größten, da durch die zusätzliche Scheibe eine Reduktion von Außengeräuschen stattfindet. Abzüge gibt es für diesen Scheibentyp, da an kalten und feuchten Wintertage die Scheiben von außen beschlagen⁴⁹. Werden in einem nicht gedämmten Gebäude 3-Scheiben-Fenster verbaut, kann es zu einer Verschiebung des Taupunktes in die Wand kommen, wodurch es zu feuchtigkeitsbedingten Problemen kommen kann. Diesem kann mit richtigem Lüften vorgebeugt werden, erfordert jedoch wieder mehr Aufwand.

Bei der Funktionalität ist zu bedenken, dass die Holzrahmen häufiger gewartet werden müssen als Kunststoffrahmen. Auch müssen die Holzrahmen in regelmäßigen Abständen neu gestrichen werden⁵⁰.

	Ökonomisch		Ökologisch					Sozial	Gesamt	
Produkt	Kap.- Ar- mort.	Pkt.	CO ₂ – Zielerr.	Pkt.	Energ. – Zielerr.	Pkt.	G ⁻	Pkt.	Ø	Pkt.
Kunst. 2-Sch.	183,3	0	80,37	0	11,35	2	0	3	1	1
Kunst. 3-Sch.	96,82	0	28,92	0	6,50	1	1	2	1	1
Holz. 2-Sch.	220,37	0	45,1	0	8,63	1	1	2	1	1
Holz. 3-Sch.	122,84	0	16,08	0	5,15	2	1	2	1	1

Tabelle 6: Ergebnisse Fenstersanierung

6.2.3 Heizungssanierung

Die Bestandsaufnahme aber vor allem die weiteren Planungen zu energetischen Maßnahmen am Bestandsgebäude spielen bei der Heizungssanierung eine erhebliche Rolle. Soll das Gebäude gedämmt werden, muss als Grundlage aller Überlegungen der Energieverbrauch nach der Dämmung verwendet werden. Der Grund dafür ist paradox: Je schlechter das Gebäude gedämmt ist und je höher somit der Energieverbrauch ist, je größer ist der Rechenspielraum für die Investitionen der Heizungssanierung, da der Investitionskostenanteil pro erzeugter Wärmeeinheit natürlich geringer ausfällt. Aufgrund der hohen Anschaffungskosten einer neuen Heizung (oder auch Teilen wie z.B. eines Kessels) amortisieren sich die Anschaffungen bei hohem Energieverbrauch natürlich schneller⁵¹. Der verringerte Energieverbrauch führt ggf. auch zu

⁴⁹ Vgl. S. 103 ff (Gabriel, et al., 2014)

⁵⁰ Vgl. S. 109 (Königstein, 2020)

⁵¹ Vgl. S. 130 (Gabriel, et al., 2014)

einem kleineren Heizkessel. Wenn der Energiebedarf also ermittelt wurde, kann mit den Überlegungen zur Sanierung begonnen werden. Zunächst ist zu beachten, dass Heizkessel, die vor dem 1. Oktober 1978 eingebaut wurden, nicht mehr betrieben werden dürfen. Darüber hinaus dürfen Heizkessel, die nach 1985 verbaut oder aufgestellt wurden, nur noch 30 Jahre lang betrieben werden⁵². Ist die Heizung jünger als 30 Jahre, kann also über eine Sanierung nachgedacht werden. Als Bestandsaufnahme bietet sich der Heizungs-Check nach DIN 15378 an. Betrachtet werden alle Bereiche der Heizungsanlage, von Wärmeerzeugung über -verteilung bis hin zur -übergabe. Anhand vorgegebener Parameter werden Minuspunkte vergeben. In Abhängigkeit des Ergebnisses besteht nun die Möglichkeit, die Anlage komplett auszutauschen, nur in Teilbereichen zu tauschen oder unverändert zu lassen. Es ist davon auszugehen, dass ein Tausch einer kompletten Anlage nur in Betracht kommt, wenn die Anlage älteren Baujahrs ist. Erfahrungsgemäß haben diese Feuerwehrrhäuser Flächenheizkörper. Ein Austausch des Wärmeverteilungssystems oder gar ein Wechsel hin zu Fußbodenheizungen oder Luftwärmeverteilung geht mit einem Aufwand einher, der eigentlich nur bei einer Kernsanierung des Gebäudes sinnvoll erscheint. In den meisten Fällen wird also das Wärmeverteilungssystem über das Wasser als Ausgangsvoraussetzung bestehen. Die Kernüberlegung ist nun die Frage, welcher Energieträger verwendet werden soll. Zur Auswahl stehen neben den am häufigsten verwendeten Brennstoffen wie Gas (47,7%) und Öl (30,4%) auch Holzpellets (2,8%) oder Fernwärme (6,6%) und Elektro-Wärmepumpen (3,4%)⁵³. Die Fernwärme scheint eine lohnenswerte Alternative zu sein, wie das Projekt am ehemaligen Schacht der Zeche Rober-Müser in Bochum zeigt. Dort wird seit 2012 Grubenwasser genutzt, um die Hauptfeuer- und Rettungswache mit Wärmeenergie aus dem Grubenwasser zu versorgen. Insgesamt können so ca. 35% des Wärmebedarfs gedeckt werden⁵⁴. Allerdings hängt die Bewertung der ökologischen Gesichtspunkte natürlich auch an der Wärmeerzeugung und dem Transport des Mediums bis zur Übergabestelle im Haus. Da dies absolut standortabhängig ist und keine allgemeingültigen Dokumente aus der Ökodatenbank herangezogen werden können, kann in dieser Arbeit die Fernwärme nicht betrachtet werden. Es wird allerdings dringend empfohlen, die Anbindung an eine Fern- oder Nahwärmenetz bei einem konkreten Projekt zu prüfen. Für den Bereich der Elektrowärmepumpen soll beispielhaft die Luft-Wasser-Wärmepumpe betrachtet werden.

Für die Referenzwerte wurden die Werte des Energieausweises des Modellhaus ausgewählt. Ökonomisch sind die neue Gasheizung und die Pelletheizung gut geeignet. Die Öl-Heizung scheidet aufgrund der hohen Anschaffungskosten schlechter ab, was sich aus der zusätzlichen Anschaffung eines Öl-Tanks ergibt, der fast so teuer ist, wie die Heizung selbst. Die Wärmepumpe schneidet nicht gut ab, obwohl deutlich weniger Brennstoff (elektrischer Strom) benötigt wird. Dieser ist gut fünfmal teurer je kWh, was sich natürlich deutlich auf die Amortisation auswirkt. Ganz anders sieht es dann bei der Energiebilanz aus. Aufgrund der beschriebenen hohen Einsparungen an Energie amortisiert sich die Heizung bereits nach 10 Tagen, was zu einer Zielerreichung innerhalb von 307 Tagen führt.

Bei den sozialen Aspekten der Bewertung fällt zunächst der Platzbedarf der Geräte ins Auge, durch den Nutzungsfläche verloren geht. Ab einer Heizleistung von 100kW

⁵² Vgl. §10 Abs. 1 (EnEV, 2016)

⁵³ Vgl. S. 10ff (BDEW, 2019)

⁵⁴ Vgl. S 1f (FIZ Karlsruhe, 2013)

(bei Feststoffanlagen 50kW) sind Heizräume erforderlich⁵⁵. Der Platzbedarf führt insbesondere bei der Holzpellet- und der Ölheizung zu einer Abwertung, weil dort auch die Brennstoffe gelagert werden müssen. Ebenfalls zu Abwertungen führt, dass zur Brennstoffanlieferung Personen anwesend sein müssen. Dies muss folglich organisiert und sichergestellt werden. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe kann auch außerhalb des Gebäudes installiert werden, wodurch keine Nutzfläche innerhalb des Gebäudes verloren gehen würde, allerdings ist in diesem Fall die Geräuschemission zu beachten. Dies führt zu erforderlichen Abstandsflächen zu Nachbargebäuden. In Wohngebieten kann dies bei einer Anlage mit einem Schallleistungspegel von 50 dB(A) 13m bedeuten, bei 70 dB(A) 23m bis 80m⁵⁶. Abwertungen erhält die Ölheizung, da das Verbrennen fossiler Brennstoffe politisch schwieriger zu vertreten ist, außerdem produziert die Öl-Heizung mehr Co2 als die alte Gastherme, weshalb sie per se ausscheidet.

Produkt	Ökonomisch		Ökologisch					Sozial	Gesamt	
	Kap.- Ar-mort.	Pkt.	CO ₂ – Zielerr.	Pkt.	Energ. – Zielerr.	Pkt.	G ⁺	Pkt.	Ø	Pkt.
Gas Heizung	5,73	2	7,13	1	0,8912	3	2	2	2	2
Öl Heizung	16,78	0	13,02	0	nie	0	0	0	0	0
Holzpellet	8,78	2	25,86	0	3,5499	2	1	2	1,66	2
Wärmepumpe	20,68	0	0,84	3	0,0942	3	3	2	1,66	2

Tabelle 7: Ergebnisse Heizungssanierung

6.3 Langfristige Maßnahmen – Neubau Planung

Immer wieder stellt sich die Frage, ob eine Sanierung eines alten Gebäudes noch sinnvoll ist oder ob nicht ein Neubau die bessere Alternative wäre. Liegt das Feuerwehrhaus strategisch ungünstig und sind die räumlichen Kapazitäten erschöpft oder vielleicht schon überschritten, so fällt die Entscheidung vermutlich schneller zugunsten des Neubaus. Ist der Standort des Gebäudes gut im Hinblick auf die Erreichungsgrade sowie die Stadtentwicklung und sind die räumlichen Gegebenheiten zukunftsfähig oder bietet das Gelände die Möglichkeit zur Entwicklung, wird vermutlich eher eine Sanierung und Modernisierung in Betracht gezogen. Dabei sind es in der Regel keine energetischen Fragestellungen die dazu führen, dass ein neues Gebäude benötigt wird. Die Erreichung der Ziele der Nachhaltigkeit und des Klimaschutzes fließen sicherlich in die Grundsatzüberlegungen ein, sind aber nicht die Hauptargumente⁵⁷. Aus diesem Grund kann hier auch nicht die grundsätzliche Entscheidungsfindung dargestellt werden, weshalb man sich für einen Neubau oder eine Sanierung entscheiden sollte.

Langfristige Maßnahmen erfordern eine hohe Mittelbindung und die Gesamtdauer der Maßnahme wird sich über mehr als fünf Jahre erstrecken. Hinzu kommen Veränderung der Organisationsstruktur und die Maßnahmen stehen daher häufig im Zusammenhang mit der Bedarfsplanung der Feuerwehr. Fasst man die im Kapitel 6.2 beschriebenen Einzelmaßnahmen zusammen, so würde dies einer energetischen Kernsanierung gleichkommen. Eine Kernsanierung erfüllt ebenfalls alle Voraussetzungen

⁵⁵ Vgl. §§ 5 und 6 (MFeuV, 2007)

⁵⁶ Vgl. S 200 (Königstein, 2020)

⁵⁷ Vgl. Gesprächsprotokoll Andreas Kleber

einer langfristigen Maßnahme. Da die Einzelmaßnahmen jedoch bereits beschrieben wurden, soll sich dieser Teil der Arbeit mit Maßnahmen befassen, die im Bestandgebäude unveränderlich sind. Als Beispiel sollen hier die Außenwände sowie die Lage und die Geometrie des Gebäudes dienen.

6.3.1 Außenwände

Während die Möglichkeiten zur Dämmung von bestehenden Wänden bereits thematisiert wurden, soll nun der eigentliche Kernbaustoff der Außenwand beleuchtet werden. Bautechnisch erfüllen heute viele Baustoffe die gesetzlichen Anforderungen. Auch dass ein Feuerwehrhaus grundsätzlich in Massivbauweise hergestellt werden muss, ist nicht der Fall. Zur Auswahl stehen beim Neubau eine Vielzahl ganz unterschiedlicher Produkte, die in ihren Grundeigenschaften sehr unterschiedlich sind.

Im Jahr 2019 wurden 29,1% aller Neubauten im Bereich der Nicht-Wohngebäude aus Stahlbeton hergestellt. Dem Ziegelstein kommt mit 11,8% ebenfalls eine Bedeutung zu, da er unter den Steinen den größten Marktanteil besitzt. Ebenso dem Holz, das mit 17,8% einen überraschend hohen Anteil aufweist.⁵⁸

Betrachtet werden sollen nun zunächst die mineralischen Baustoffe. Hochlochziegelsteine weisen einen guten Wärmedurchgangskoeffizienten auf, benötigen für einen U-Wert $< 0,2 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$ jedoch Bauteildicken von 49cm inkl. Putz. Mit Wärmedämmsteinen (Hochlochziegel mit Hohlraumfüllung aus Dämmmaterial) oder auch Leichthochlochziegel genannt, sind diese Werte bereits schon bei einer Bauteildicke von 36,5cm möglich. Stahlbeton schneidet am schlechtesten ab. Ohne zusätzliche Dämmung ist ein U-Wert $< 0,2 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$ nicht zu erreichen, weshalb in der nachfolgenden Betrachtung der Stahlbeton als einschaliges System nicht in Frage kommt. Alternativ soll ein Leichtbeton-Element (zwei Stahlbetonwände, die mittig eine Dämmung enthalten) betrachtet werden. Im Holzbau kommen in der Regel keine Vollholzwände zum Einsatz. Meist werden Holzrahmen- oder Tafelbauwände verwendet, die ähnlich aufgebaut sind, wie die Leichtbeton-Elemente. Das Holz besitzt einen ähnlichen Wärmedurchgangskoeffizienten wie Hochlochziegel. Üblicherweise bestehen die Wände aus einem Verbund aus Holzwerkstoffplatte, -tragkonstruktion, Dämmung sowie einem Putzträger oder einer Holzfassade⁵⁹. Nach eigenen Berechnungen mittels eines online Tools, wird ein entsprechender U-Wert ab einer Bauteildicke von ca. 25 cm erreicht⁶⁰. Dies liegt daran, dass die Außenwand zum größten Teil aus Dämmstoff besteht. Um die Wände untereinander vergleichen zu können wird als Referenz die kostengünstigste Alternative für Neubauten herangezogen. Dabei handelt es sich um eine Kalksandsteinwand (KS-Wand) in einer Stärke von 17,5 cm und einer EPS-Dämmung. Der U-Wert entspricht den Mindestanforderungen des Gebäudeenergiegesetzes.

Preislich ist die KS-Wand wie beschrieben am günstigsten. Direkt danach folgen die Holzbaulemente. Aufgrund der hohen Kosten und des nicht wesentlich besseren U-Wertes, schneidet das Beton-Element am schlechtesten ab. Energetisch erreicht keine der Wände auch nur ansatzweise die Zielvorgaben. Bei den CO₂-Einsparungen erreicht das Holzelement die Vorgaben bereits nach etwas mehr als 3 Jahren. Dies liegt daran, dass der Baustoff als solches CO₂-neutral ist. Im Sozialen spielen vor allem die Wandstärken eine Rolle. Das Holzelement hat die geringste Dimension, wodurch mehr

⁵⁸ Vgl. S. 63 (Destatis, 2020)

⁵⁹ Vgl. S. 22ff (Königstein, 2020)

⁶⁰ Ermittlung siehe Anlage 5

nutzbare Fläche entsteht und der Lichteinfall verbessert werden kann. Über die Ästhetik lässt sich trefflich streiten und da auch das Holz-Element mit einer Putzträgerplatte ausgestattet werden kann, gibt es hier für keines der Bauteile einen Vor- oder Nachteil. Im Rahmen des politischen Klima-Checks wird die Holzwand sicherlich punkten. Bei den gedämmten Ziegeln ergibt sich, aufgrund der verhältnismäßig dünnen Wände ein Vorteil.

	Ökonomisch		Ökologisch					Sozial	Gesamt	
Produkt	Kap.-Ar-mort.	Pkt.	CO ₂ – Zielerr.	Pkt.	Energ. – Zielerr.	Pkt.	G ⁺	Pkt.	Ø	Pkt.
Beton-Elem.	35,76	0	48,46	0	41,14	0	0	0	0	0
Holz-Elem.	14,05	1	45,96	0	3,05	2	1	3	1,66	2
HLZ gedämm.	21,41	0	64,92	0	18,35	0	0	1	0,33	0

Tabelle 8: Ergebnisse Außenwände

6.3.2 Lage und Geometrie

Anders als bei den anderen Maßnahmen kann bei der Auswahl der Lage und der Geometrie in dieser Arbeit keine entsprechende Berechnung durchgeführt werden, da insbesondere für die Lage Rahmenbedingungen (z.B. infrage kommende Grundstücke und die Gegebenheiten auf diesen) bekannt sein müssen, um entsprechend beurteilen zu können. Aus diesem Grund werden in diesem Abschnitt nur allgemeingültige Aussagen getroffen.

Mit der Planung eines Feuerwehrhauses kann dessen Wärmebedarf entscheidend beeinflusst werden. Durch die Verminderung des Windangriffs, z.B. durch benachbarte Bauten oder durch die Ausrichtung der Fenster, kann der Heizbedarf gemindert werden. Liegt das Gebäude in einer geschützten Lage, kann der Wärmeverlust durch den Wind um die Hälfte reduziert werden. Steht das Gebäude in einer exponierten Lage, z.B. auf einer Erhöhung, verdoppelt sich der Wärmeverlust im Vergleich zur freien Lage. Nach Möglichkeit sollte das Gebäude trotzdem nicht in einer Mulde errichtet werden. Zwar ist es dann gut vor dem Wind geschützt, benötigt aber gut 25% mehr Heizenergie, da sich kalte Luft in den Mulden sammelt.⁶¹ Auch die Ausrichtung des Gebäudes, bzw. die Raumplanung spielen eine Rolle. Im Wohnungsbau sollen Fenster nach Süden ausgerichtet und möglichst groß ausgeführt werden, um die Wärmeenergie der Sonne nutzen zu können. Dabei ist zu bedenken, dass im Sommer eine Verschattung erfolgen muss.⁶² Dies gilt natürlich auch für Feuerwehrhäuser. Es bietet sich also an, wenig genutzte Räume oder nur wenig geheizte Räume wie Schlaf- oder Technikräume in Nord-Ausrichtung zu planen. Die Fensterflächen sollten dann auch kleiner ausfallen, da sie, aufgrund der geringeren Nutzung, nur wenig zum Raumgefühl beitragen, aber einen höheren Wärmeverlust im Verhältnis zur Wand aufweisen. Die häufiger genutzten Bereiche wie Aufenthalts- und Schulungsräume sollten dann südlich ausgerichtet und, wie oben beschrieben, mit einem Sonnenschutz versehen sein. Dieser kann auch baulich hergestellt und als Vordache ausgeführt sein, welches

⁶¹ Vgl. S 43 f (Prof. Marquardt , 2016)

⁶² Vgl. S. 12 (Bauministerkonferenz, 2003)

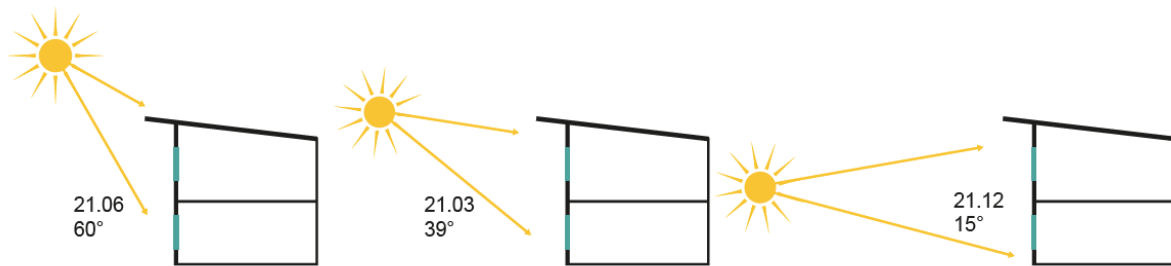


Abbildung 1: Sonneneinstrahlung in Abhängigkeit der Jahreszeit

die hochstehende Sonne im Sommer abschirmt, bei tiefer stehender Sonne im Winter aber einen Wärmegewinn erzielt. Abb. 1⁶³ soll dies verdeutlichen.

Auch die Geometrie des Gebäudes hat eine Auswirkung auf den Wärmebedarf. Ein Gebäude mit einer großen Oberfläche im Verhältnis zum Volumen gibt mehr Wärme ab als ein kompaktes Gebäude.⁶⁴ Darüber hinaus ist ein größeres Gebäude gleicher Form günstiger für den Wärmebedarf, weil auch hier die Außenfläche proportional kleiner ist als das beheizte Volumen. Das Ziel sollte es also sein, möglichst kompakte Gebäudeformen mit einer geringen Oberfläche zu wählen.⁶⁵ Demgegenüber steht die Tatsache, dass sogenannte Pufferräume (weniger beheizte Bereiche eines Gebäudes) sich günstig auf den Heizwärmebedarf auswirken.⁶⁶ Für den Innenbereich ist dies leicht umzusetzen, indem stärker beheizte Räume wie Badezimmer durchaus in den Kern eines Gebäudes gelegt werden können. Auch Fahrzeughallen stellen Pufferzonen dar. Die Anordnung neben dem Sozialtrakt könnte also energetisch auch eine Alternative sein, obwohl sich dadurch die Außenfläche des Gebäudes sowie die benötigte Bebauungsfläche vergrößern.

7 Fazit

Bereits in der Vorbereitung dieser Arbeit und bei Gesprächen mit vielen Kollegen wurde deutlich, dass der Begriff „Nachhaltigkeit“ falsch assoziiert wurde, was ebenso auf den Verfasser dieser Arbeit zutraf. Die Vielschichtigkeit des Begriffes zeigte sich erst nach eingehender Literaturrecherche. Nachhaltigkeit wurde in den meisten Fällen als „umweltbewusstes Handeln“ verstanden und nur teilweise ließ sich erkennen, dass auch ein sozialer Aspekt eine Rolle spielen könnte.

Die erste Herangehensweise an diese Facharbeit war der Versuch, allgemeingültige Aussagen zu Maßnahmen wie beispielsweise Dämmung oder Heizungssanierung zu treffen. Bereits nach kurzer Zeit und den ersten Literaturrecherchen wurde schnell klar, dass dies vermutlich nicht funktionieren wird. Es ist unmöglich generell zu sagen, „dämmen lohnt sich“ oder „dämmen lohnt sich nicht“, da dies von einer Fülle an Faktoren abhängig ist, die bei jedem Gebäude unterschiedlich ausfallen. Der Versuch konkrete Maßnahmen mit Hilfe der gängigen Bewertungssysteme an einem spezifischen Objekt zu untersuchen, musste ebenfalls verworfen werden, da diese wie in der Einleitung erläutert, immer auf eine ganzheitliche Bewertung des Gebäudes abzielen.

Ein Fokus dieser Arbeit lag somit auf der Erstellung eines objektiven Bewertungssystems, das es ermöglicht, der Aufgabenstellung gerecht werdende Ergebnisse zu liefern

⁶³ Vgl. S. 47 (Prof. Marquardt, 2016)

⁶⁴ S. 10 (Bauministerkonferenz, 2003)

⁶⁵ Vgl. S.45 (Prof. Marquardt, 2016)

⁶⁶ Vgl. S. 46 (Prof. Marquardt, 2016)

und sich dabei so nah wie möglich an den gängigen Systemen zu orientieren. Dazu wurden zunächst die Hauptkriterien aus den vorhandenen Bewertungssystemen herausgearbeitet. Nun bestand die Schwierigkeit darin, dass es zu diesen Kriterien keine vergleichenden Aussagen gab, also ab wann eine CO₂-Armortisation gut ist oder was eine schlechte Energiebilanz ist; ein Bewertungsmaßstab fehlt. Anhand der Nachhaltigkeitsstrategie und den Klimaschutzzielen wurde dieser Maßstab abgeleitet. Das GEG und die EnEV konnten nur bedingt herangezogen werden, da dort zwar konkrete Anforderungen einzelner Bauteile festgeschrieben sind, es schlussendlich aber dem Bauherrn freigestellt ist, wie er diese Anforderungen erreicht.

Mit dem entwickelten Bewertungssystem in Form einer Nutz-Wert-Analyse war es nun möglich, konkrete Maßnahmen untereinander zu vergleichen. Beispielhaft wurde dies an einem Modellhaus durchgeführt. Das entwickelte System kann mühelos bei anderen Feuerwehrhäusern und den dort konkret geplanten Maßnahmen angewandt werden. Zugleich konnten aus Literaturrecherchen allgemeingültige Aussagen getroffen werden, die sich dann an einem Modellhaus überprüfen ließen.

Die Nutz-Wert-Analyse lieferte nicht immer das erwartete Ergebnis, was an einigen Stellen sehr überraschend war. Dies lag teilweise daran, dass die Säule „Ökonomie“ ein gleichwertiger Baustein ist, der demzufolge einen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse hatte. Besonders am Beispiel der Wärmepumpe zeigt sich dies recht deutlich. Rechnet man den ökonomischen Teil heraus, ist die Wärmepumpe die nahezu perfekte Lösung für Heizanlagen und wird vor allem in der Vermarktung der Hersteller als besonders nachhaltig beworben. Dass diese Heizungsart in der tatsächlichen Nachhaltigkeitsbewertung hinter der mit fossilen Brennstoffen betriebenen Gas-Therme zurückliegt, überraschte dann doch. Ebenfalls zeigt sich durch das entwickelte Bewertungssystem deutlich, dass die Ohnehinkosten maßgeblich für die ökonomisch Bewertung sind. Geht man davon aus, dass die Fassade nicht renovierungsbedürftig ist, erhält auch das EPS in der Säule „Ökonomie“ keine Punkte, was dazu führt, dass die Steinwolle die höchste Gesamtpunktzahl aller Maßnahmen aufweist. Es ist daher auch nicht verwunderlich, dass die meisten Produzenten von Dämmmaterial bei ihren Wirtschaftlichkeitsberechnungen stets ohne Ohnehinkosten rechnen.

Einen weiteren erheblichen Einfluss haben die „Sozialen“ Kriterien. Durch fehlende harte Ziele ist die Bewertung subjektiv. So gut oder vermeintlich stichhaltig die Argumentation zur Vergabe der Punkte auch sein mag, es bleibt immer eine Frage von persönlichen Präferenzen.

Würde man das Bewertungssystem dahingehend ändern, dass nur Maßnahmen in Betracht gezogen würden, die in allen drei Säulen geeignet sind, so würde nur der Austausch der alten gegen eine neue Gas-Heizung dieser Anforderung gerecht werden. Demgegenüber steht jedoch der §4 GEG, der eine Vorbildfunktion der öffentlichen Hand vorschreibt. Der Begründung zum Gesetz ist zu entnehmen, dass immer dann Maßnahmen zu treffen sind, wenn diese vom Grundsatz her zur Energieeinsparung geeignet sind, auch wenn dadurch ggf. Mehrkosten anfallen können⁶⁷.

Betrachtet man das Modellhaus näher, so wird deutlich, dass das Gebäude gute energetische Grundvoraussetzungen wie beispielsweise Pufferzonen in Form von

⁶⁷ Vgl. S. 140 Zu § 55 (Deutscher Bundestag, 2020)

Fahrzeughallen, die zu einer massiven Reduzierung der zur Dämmung notwendigen Flächen führen oder ein Vordach, welches die Sonnenergie je nach Jahreszeit nutzt bzw. abhält, besitzt. Hinzu kommt, dass das Gebäude nur mittelmäßig alt ist und auch die Anlagentechnik nicht gänzlich veraltet ist.

Wie beschrieben, sind pauschale Aussagen zur Sinnhaftigkeit von einzelnen Maßnahmen schwierig. Am Beispiel des Modellhauses wird jedoch deutlich, dass auch bei guten Grundvoraussetzungen und einem moderaten Baujahr immer noch Möglichkeiten bestehen, den Zielen Nachhaltigkeit und Klimaschutz zu entsprechen. Daraus kann abgeleitet werden, dass es generell sinnvoll ist, Feuerwehrhäuser auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz zu prüfen, da mit hinreichender Wahrscheinlichkeit gute Chancen bestehen, den Ist-Zustand nachhaltig zu verbessern.

Produkt	Ökonomisch		Ökologisch					Sozial	Gesamt	
	Kap.- Ar- mort.	Pkt.	CO ₂ – Ziel- err.	Pkt.	Energ. – Zie- lerr.	Pkt.	G-Pkt.	Pkt.	Ø	Pkt.
Fassadendämmung										
EPS	14,23	1	22,49	0	4,38	2	1	2	1,33	1
Steinwolle	27,09	0	23,3	0	5,57	1	1	3	1,33	1
Zellulose	67,38	0	42,16	0	7,94	1	1	2	1	1
Holzfaser	63,63	0	82,41	0	4,98	2	1	2	1	1
Fenstersanierung										
Kunst. 2-Sch.	183,3	0	80,37	0	11,35	2	0	3	1	1
Kunst. 3-Sch.	96,82	0	28,92	0	6,5	1	1	2	1	1
Holz. 2-Sch.	220,37	0	45,1	0	8,63	1	1	2	1	1
Holz. 3-Sch.	122,84	0	16,08	0	5,15	2	1	2	1	1
Heizungssanierung										
Gas Heizung	5,73	2	7,13	1	0,8912	3	2	2	2	2
Öl Heizung	16,78	0	13,02	0	nie	0	0	0	0	0
Holzpellet	8,78	2	25,86	0	3,5499	2	1	2	1,66	2
Wärmepumpe	20,68	0	0,84	3	0,0942	3	3	2	1,66	2
Außenwände										
Beton-Elem.	35,76	0	48,46	0	41,14	0	0	0	0	0
Holz.-Elem.	14,05	1	45,96	0	3,05	2	1	3	1,66	2
HLZ gedämm.	21,41	0	64,92	0	18,35	0	0	1	0,33	0

Tabelle 9: Tabellarische Übersicht der rechnerischen Ergebnisse

Literaturverzeichnis

BAFA. 2019. *Leitfaden Wirtschaftlichkeit - Betrachtung energetischer Sanierungen in Ein- und Zweifamilienhäusern.* Eschborn : Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2019.

Bauministerkonferenz. 2003. *Planungshilfe Energiesparendes Bauen.* Aachen : Ausschuss für staatlichen Hochbau der Bauministerkonferenz, 2003.

BDEW. 2019. *Wie heizt Deutschland 2019? - BDEW-Studie zum Heizungsmarkt.* Berlin : Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW), 2019.

BKI. 2012. *Baukosten Positionen - Statistische Kostenkennwerte.* s.l. : Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammer e.V., 2012.

BMI. 2019. *Leitfaden Nachhaltiges Bauen Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden.* Berlin : Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI), 2019.

BMVBS. 2011. *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen Büro- und Verwaltung.* Berlin : Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), 2011.

dena. 2019. *GEBÄUDEREPORT KOMPAKT 2019 - Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand.* Berlin : Deutsche Energie Agentur, 2019.

Destatis. 2020. *Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach überwiegend verwendetem Baustoff Lange Reihen ab 2000.* Wiesbaden : Statistisches Bundesamt, 2020.

Deutsche Umwelthilfe e.V. 2017. *Energetische Gebäudesanierung Fragen und Antworten zur Wirtschaftlichkeit - Hintergrundpapier.* Berlin : s.n., 2017.

Deutscher Bundestag. 2020. *Entwurf eines Gesetzes zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude.* Berlin : s.n., 2020. Drucksache 19/16716.

DGNB. 2020. Nachhaltiges Bauen: Die Rolle der DGNB. [Online] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V. , 2020. [Zitat vom: 2. Oktober 2020.] <https://www.dgnb.de/de/themen/nachhaltiges-bauen/index.php>.

Die Bundesregierung. 2016. *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Neuauflage 2016.* Berlin : s.n., 2016.

DIN 14092-1 (2012-04). 2012. *Feuerwehrrhäuser – Teil 1: Planungsgrundlagen.* Berlin : Deutsches Institut für Normung e. V., 2012.

DIN EN 15378-1 (2017-09). 2017. *Energetische Bewertung von Gebäuden - Heizungsanlagen und Trinkwassererwärmung in Gebäuden - Teil 1: Inspektion von Kesseln, Heizungsanlagen und Trinkwassererwärmung, Module M3-11, M8-11.* Berlin : Deutsches Institut für Normung, 2017.

DIN EN 15643 (2:2011) . 2011. *Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden - Teil 2: Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität.* Berlin : Deutsches Institut für Normung, 2011.

DIN EN 15978 (2012-10). 2012. *Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode.* Berlin : Deutsches Institut für Normung e.V., 2012.

EnEV. 2016. *Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV).* 2016. Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die zuletzt durch Artikel 257 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

FIZ Karlsruhe. 2013. *Projektinfo 13/2013 - Heizwärme aus Grubenwasser.* Eggenstein-Leopoldshafen : FIZ Karlsruhe GmbH - Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur, 2013.

Gabriel, Ingo und Ladener, Heinz. 2014. *Vom Altbau zum Effizienzhaus.* Staufen bei Freiburg : Ökobuch Verlag, 2014.

GEG. 2020. *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden - Gebäudeenergiegesetz.* Berlin : s.n., 2020.

GfdS. 2019. *Pressemitteilungen - GfdS wählt »Respektrente« zum Wort des Jahres 2019.* [Online] Gesellschaft für deutsche Sprache e.V., 29. November 2019. [Zitat vom: 01. Dezember 2020.] <https://gfds.de/wort-des-jahres-2019/>.

Gonde, Dittmer. 1995. *Nutzwertanalyse In: Managen mit Methode - Instrumente für individuelle Lösungen.* Wiesbaden : Gabler Verlag, 1995.

HMUKLV. 2011. *Lüften in Wohngebäuden.* Wiesbaden : Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2011.

Königstein, Thomas. 2020. *Energiesparendes Bauen und Sanieren.* Taunusstein : Blottner Verlag, 2020.

Kaltschmitt, Martin und Schebek, Liselotte. 2015. *Umweltbewertung für Ingenieure.* Berlin : Springer Verlag, 2015.

KSG. 2019. *Bundes-Klimaschutzgesetz . 2019.* vom 12. Dezember 2019.

MFeuV. 2007. *Muster-Feuerungsverordnung.* 2007. geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom 28.01.2016 und 27.09.2017.

Pohl, Sebastian. 2014. *Nachhaltigkeit im Gebäudebetrieb - Dissertation.* Darmstadt : Institut für Massivbau TU Darmstadt, 2014. Bd. Heft 30.

Prof. Holm, Andreas und Sprengard, Christoph. 2015. *CO2 Einsparpotential im Wohngebäudebestand durch energetische Sanierung der Gebäudehülle.* München : Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München, 2015.

Prof. Marquardt , Helmut. 2016. *Energiesparendes Bauen - Ein Praxisbuch für Architekten, Ingenieure und Energieberater.* Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2016. 3. Auflage.

Schneider, Carmen. 2011. *Steuerung der Nachhaltigkeit im Planungs- und Realisierungsprozess von Büro- und Verwaltungsgebäuden - Dissertation.* Darmstadt : Institut für Massivbau TU Darmstadt, 2011. Heft 21.

Stumpf, Michael. 2014. *Verhaltensänderungen und organisatorisch-technische Optimierungen - ein starkes Team bei der Energieeinsparung -Dissertation.* Freiburg im Breisgau : Albert-Ludwigs-Universität, 2014.

Umweltbundesamt. 2020. *Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2008 und 2018.* Dessau-Roßlau : s.n., 2020.

UN. 1992. *Agenda 21.* Rio de Janeiro : Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung, 1992.

WärmeschutzVO. 1994. *Verordnung über einen Energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden - Wärmeschutzverordnung.* Berlin : s.n., 1994. in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. August 1994 (BGBl. I 1994 S. 2121).

Wikipedia Autoren. Liste deutscher Orte und Gemeinden, die den Klimanotstand ausgerufen haben. [Online] Wikipedia - Die freie Enzyklopädie. [Zitat vom: 10. November 2020.] https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_deutscher_Orte_und_Gemeinden,_die_den_Klimanotstand_ausgerufen_haben.

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Ökonomische Bewertung	7
Tabelle 2: Ökologische Bewertung.....	8
Tabelle 3: Soziale Bewertung.....	9
Tabelle 4: Gesamtbewertung	9
Tabelle 5: Ergebnisse Fassadendämmung	14
Tabelle 6: Ergebnisse Fenstersanierung.....	15
Tabelle 7: Ergebnisse Heizungssanierung.....	17
Tabelle 8: Ergebnisse Außenwände	19
Tabelle 9: Tabellarische Übersicht der rechnerischen Ergebnisse	22
Abbildung 1: Sonneneinstrahlung in Abhängigkeit der Jahreszeit	20

Anlagen

Das Modellhaus

Als Grundlage für die Modellwache dient die Feuerwache 4 der Feuerwehr Gelsenkirchen. Alle Energieverbräuche sind dem Energieausweis entnommen und entsprechen der Realität. Gleiches gilt für die Maße, die den Bauplänen entnommen wurden und als Berechnungsgrundlage dienen.

Per Definition des § 3 Pkt. 33 GEG ist eine Feuerwache ein Nicht-Wohngebäude. Der Energiebedarf ist jedoch mit dem von Wohngebäuden vergleichbar, ähnlich wie es sich mit Hotels und Beherbergungsstätten verhält. Bei dem Modellhaus soll es sich um eine Feuer- und Rettungswache handeln, an die im rechten Gebäudeteil eine Unterkunft für einen Löschzug der Freiwilligen Feuerwehr grenzt. Das Gebäude wurde 1996 errichtet und gemäß der damals geltenden Wärmeschutzverordnung von 1994 ausgeführt. Die Referenzbauteile oder -anlagen wurden, sofern erforderlich, an den technischen Stand des Baujahres sowie die damals geltenden gesetzlichen Mindestanforderungen angepasst.



Quelle: Feuerwehr Gelsenkirchen



Quelle: Feuerwehr Gelsenkirchen

Rechenschritte am Beispiel Fassadendämmung

Ökonomische Berechnung:

Zur ökonomischen Berechnung wurden die mittleren Preisangaben des Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammer e.V. zu Grunde gelegt. Die jährlich erscheinende Fachbuchreihe dient deutschlandweit zur Kostenermittlung und -abschätzung für Bauvorhaben.

Anmerkung: In den Bochumer Bibliotheken ist das aktuellste Exemplar von 2012. Da der Band 2020 knapp 200€ kostet, wird auf eine Anschaffung verzichtet und die Version von 2012 für die beispielhafte Anwendung genutzt.

Für alle Maßnahmen gleiche Kosten pro m² sind: Außenputz 12 € und Anstrich / Beschichtung 6 €. Diese Ohnehinkosten (OHK) müssen im Anschluss zu den einzelnen Maßnahmen addiert werden. Bei EPS und Steinwolle müssen für Dübel zusätzlich 2€ / m² veranschlagt werden. Die dämmbare Fläche beträgt 290 m².

Material	EPS	Steinwolle	Holzfaser	Zellulose
€/ m ²	22	39	97	95
inkl. ohnehin	42	59	115	113
Ges. – Kosten €	6.380	11.310	28.130	27.550
inkl. ohnehin	12.180	17.110	33.350	32.770

Um den Dämmwert von 0,24 W / (m² K) gemäß EnEV zu unterschreiten, müssen bei den unterschiedlichen Baustoffen verschiedene, handelsübliche Materialstärken gewählt werden. Daraus wird nun der neue U-Wert berechnet:

Material	EPS	Steinwolle	Holzfaser	Zellulose
Stärke	12	12	16	14
U _{Neu}	0,21	0,23	0,23	0,22

Um die Einsparung der Heizenergie in Kilowattstunden pro Jahr berechnen zu können, wird der Heizungsnutzungsgrad des Modellhauses von 84 % (84 Kilokelvinstunden), der aktuelle U-Wert der Außenwände (0,5 W/m²K) sowie die Quadratmeterzahl der dämmbare Außenwandfläche benötigt. Daraus ergibt sich die Berechnung:

U-Wert-Verbesserung [W/m²K] x Heizungsnutzungsgrad [kKh] x dämmbare Außenfläche [m²] = Einsparung pro Jahr [kWh]

Daraus ergibt sich die nachfolgende Einsparung an Energie. Unter der Annahme eines Gaspreises von 6,07 €-Cent je kWh, lässt sich die jährliche Kosteneinsparung berechnen:

Material	EPS	Steinwolle	Holzfaser	Zellulose
U _{Verbesserung}	0,29	0,27	0,27	0,28
Einsparung kWh	7064,4	6.577,2	6.577,2	6.820,8
Einsparung €	437,99	407,79	407,79	422,89

Aus den Anschaffungspreisen mit OHK und den jährlichen Einsparungen ergeben sich die nachfolgenden Amortisierungszeiten in Jahre und daraus die Punkte für den Bereich der Ökologie:

Material	EPS	Steinwolle	Holzfaser	Zellulose
Amortisierung	27,81	41,96	81,78	77,49
Punkte	0	0	0	0

Anlage 2 Berechnungen

Nimmt man an, dass die Fassade renovierungsbedürftig ist und ohnehin erneuert werden soll, errechnet sich die Amortisation ohne die Ohnehinkosten:

Material	EPS	Steinwolle	Holzfaser	Zellulose
Amortisierung	14,57	27,74	68,98	65,15
Punkte	1	0	0	0

Ökonomische Berechnung:

Zunächst werden für die vier Baustoffe aus der Ökobaudatenbank des Bundes die Kennzahlen für die Energieaufwendungen pro m³ ermittelt:

Material	EPS	Steinwolle	Holzfaser	Zellulose
MJ pro m ³	1.480,3	1.304	3.717,3	10.007

Bezogen auf die 290m² zu dämmende Fläche werden in Abhängigkeit der jeweiligen Dämmstoffstärke folgende Energien aufgebracht:

Material	EPS	Steinwolle	Holzfaser	Zellulose
Gesamt in MJ	51.516	45.379	172.481	464.337
Gesamt in kWh	14.310	12.605	47.912	

Aus Kapitel 5.2 geht hervor, dass jedes Gebäude 111.111kWh innerhalb von 10 Jahren einsparen sollte. Addiert man diesen Wert zu den Gesamtenergieauswendungen des Stoffes und teilt diese Summe durch die jährlichen Energieeinsparungen, so erhält man die Zielerreichung in Jahren.

Material	EPS	Steinwolle	Holzfaser	Zellulose
Amortisation in a	23,02	23,79	43,12	84,37
Punkte	0	0	0	0

Für die CO₂-Bewertung werden zunächst wieder die Werte aus der Ökobaudentank ermittelt. Aus den Ergebnissen der Rechnung zur Energieeinsparung kann mittels Umrechnungsfaktor 0,22 die Menge an CO₂ bestimmt werden, die nach der Sanierung jährlich eingespart wird, weil entsprechend weniger Gas zum Heizen verbraucht wird:

Material	EPS	Steinwolle	Holzfaser	Zellulose
GWP / m ³	96,03	132,54	175,33	86,69
GWP gesamt	3341,8	4612,4	8135,3	4022,4
CO ₂ Einsparung	1554,2	1447	1447	1500,6

Die Division der Werte GWP gesamt und CO₂-Einsparung liefert wiederum die Amortisation und folgende Punkte:

Material	EPS	Steinwolle	Holzfaser	Zellulose
Amortisation in a				
Punkte				

Anlage 2 Berechnungen

Ökonomische Berechnung:

Fassadendämmung

Gaspreis kWh 0,062 € Dämmbare Fläche 290 m² Heiznutzungsgrad 84

Material	Stärke in cm	Kosten €/m ²	Inkl. ohnehin	Gesamtpreis ohne OHK	Gesamtpreis inkl. OHK	U _{Wert}	U _{Verbesserung}	Einsparung kWh/a	Einsparung €/a	Amortisierung mit OHK	Amortisierung ohne OHK	Punkte mit OHK	Punkte ohne OHK
EPS	12	22	42	6380	12180	0,21	0,29	7064,4	437,99	27,81	14,57	0	1
Steinwolle	12	39	59	11310	17110	0,23	0,27	6577,2	407,79	41,96	27,74	0	0
Holzfaser	16	97	115	28130	33350	0,23	0,27	6577,2	407,79	81,78	68,98	0	0
Zellulose	16	95	113	27550	32770	0,22	0,28	6820,8	422,89	77,49	65,15	0	0

Ökologische Berechnung:

Material	Energie / m ³ in MJ	Energie ges. auf Objekt in MJ	Einsparung in kWh	Amortisierung energy in a	Zielerreichung in a	Punkte Energie	GWP / m ³ in kg CO ₂	GWP gesamt in kg CO ₂	Einsparung CO ₂ aus Energie in a	Amortisierung CO ₂ in a	Zielerreichung nach a	Punkte CO ₂	Punkte	
EPS	1480,3	51516	14310	7064,4	2,0256	23,02	0	96,03	3341,8	1554,2	2,1502	4,49	2	1
Steinwolle	1304	45379	12605	6577,2	1,9165	23,793	0	132,54	4612,4	1447	3,1876	5,70	1	1
Holzfaser	3717,3	172481	47912	6577,2	7,2845	43,117	0	175,33	8135,3	1447	5,6223	8,13	1	1
Zellulose	10007	464337	128983	6820,8	18,91	84,367	0	86,69	4022,4	1500,6	2,6806	5,10	2	1

Fensteranierung

Bestand U-Wert 1,7 Fensterfläche 193

Material	U _{Wert}	U _{Verbesserung}	Einsparung kWh/a	Einsparung €/a	Anschaffungskosten	Amortisierung in a	Punkte
Kunst. 2 Sch.	1,3	0,4	6484,8	402,06	75463	187,69	0
Kunst. 3 Sch.	0,9	0,8	12970	804,12	79709	99,13	0
Holz 2 Sch.	1,3	0,4	6484,8	402,06	90710	225,61	0
Holz 3 Sch.	0,9	0,8	12970	804,12	101132	125,77	0

Material	Energie / m ³ in MJ	Energie ges. auf Objekt in MJ	Einsparung kWh/a	Amortisierung energy in a	Zielerreichung in a	Punkte Energie	GWP / m ³	GWP gesamt	Einsparung CO ₂ aus Energie in a	Amortisierung CO ₂ in a	Zielerreichung in a	Punkte CO ₂	Punkte
Kunst. 2 Sch.	2188,9	422454	117348	6484,8	18,096	82,279	0	67,05	12941	1426,7	9,0706	11,617	0
Kunst. 3 Sch.	1413,8	272856	75793	12970	5,8439	29,605	0	79,62	15367	2853,3	5,3856	6,6585	1
Holz 2 Sch.	975,16	188206	52279	6484,8	8,0618	46,157	0	46,5	8974,5	1426,7	6,2906	8,8365	1
Holz 3 Sch.	530,5	102387	28441	12970	2,1929	16,461	0	59,07	11401	2853,3	3,9955	5,2685	1

Heizungssanierung

Energieverbr. 150000 kWh

Material	Anschaffungskosten in €	Nutzungsgrad bzw. Leistungszahl*	Brennstoffbedarf / a in kWh	Brennstoffkosten je kWh*	Brennstoffkosten pro Jahr in €	Einsparung Brennstoffkosten / a in €	Amortisierung in a	Punkte
Gas Heizung	6331	95	157500	0,067	10553	1105,5	5,7268	2
Öl-Heizung	19534	90	165000	0,0636	10494	1164	16,782	0
Holzpellet	27504	87	169500	0,0503	8525,9	3132,2	8,7812	2
Wärmepum.	9369	4	37500	0,2988	11205	453	20,682	0
Referenz	84		174000	0,07	11658			

Material	Energie für die Herstellung in MJ	Energie für die Herstellung in kWh	Brennstoffbedarf / a in kWh	Einsparung Brennstoff in kWh	Amortisierung energy in a	Zielerreichung in a	Punkte Energie	GWP für Herstellung in kg	GWP pro kWh für Herstellung	CO ₂ auf Verbrauch kWh / a in kg	Einsparung CO ₂ in a	Amortisierung CO ₂ in a	Zielerreichung in a	Punkte CO ₂	Punkte
Gas Heizung	23337	6482,6	157500	16500	0,3929	7,1268	1	926,49	0,24	37800	3960	0,234	1,1512	2	1,5
Öl-Heizung	21881	6078	165000	9000	0,6753	13,021	0	926,49	0,31	51150	-9390	nie	nie	0	0
Holzpellet	18936	5260,1	169500	4500	1,1689	25,86	0	1319,9	0,02	3390	38370	0,0344	0,1291	3	1,5
Wärmepum.	13287	3690,7	37500	136500	0,027	0,841	3	354,33	0,59	22125	19635	0,018	0,203	3	3
Referenz			174000					0,24	41760						

* Werte aus Anlage 9 Abs. 3 GEG übernommen

Auswahl Außenwand

Energieverbr. 150000 kWh Wandfläche 290 Heiznutz 86

Material	Wandstärke	U-Wert	U _{Verbesserung}	Einsparung kWh/a	Einsparung €/a	Kosten / m ² Außenwand	Kosten gesamt	Heizkosten zur Referenz	Amortisierung	Punkte
Beton-Elem.	40	0,2	0,15	3741	227,08	101	29290	8120	35,759	0
Holz-Elem.	25	0,2	0,15	3741	227,08	84	24360	3190	14,048	1
HLZ gedämm.	36,5	0,18	0,17	4239,8	257,36	92	26680	5510	21,41	0
Referenz	17,5	0,35				73	21170			

Material	MJ / m ²	MJ für ges. Objekt	Energie in kWh	Einsparung zur Referenz kWh/a	Amortisierung energy in a	Zielerreichung in a	Punkte Energie	GWP / m ²	GWP gesamt	Einsparung CO ₂ aus Energie in a	Amortisierung CO ₂ in a	Zielerreichung in a	Punkte CO ₂	Punkte
Beton-Elem.	871	252590	70164	3741	18,755	48,456	0	104,23	30227	823,02	36,727	41,14	0	0
Holz-Elem.	755	218950	60819	3741	16,258	45,958	0	-3,88	-1125	823,02	-1,367	3,0461	2	1
HLZ gedämm.	2037,6	590898	164139	4239,8	38,714	64,92	0	46,5	13485	932,76	14,457	18,351	0	0
Referenz	1484	430360	119545	2390,9				469	136010	526	258,58			



Richtig Lüften – Energie sparen

- 👍 Vor dem Lüften Heizung abstellen
- 👍 Raumweise lüften: Sommer 30 Min. – Winter 5 Min.
- 👍 Querlüftung: durch mehrere Zimmer 3 Min.
- 👍 Nur aktiv lüften, wenn Zimmer benutzt werden. In nicht belegten Räumen reicht die Selbstlüftung durch Fugen zur Lufterneuerung.
- 👍 Gekippte Fenster vermeiden
- 👍 „Stoßlüftung“ durch ein ganz geöffnetes Fenster ist im Winter nur dann energiesparend, wenn dies sehr „diszipliniert“ und kurzzeitig geschieht (max. nur 4 - 7 Minuten!).

Beachte:
Je kälter es draußen wird, desto kürzer müssen die Lüftungszeiten werden

Quelle: Lüften in Wohngebäuden. Wiesbaden : Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2011

Gesprächsprotokoll Sonja Eisenmann

Zur Person

Diplom-Geographin, Klimaschutzbeauftragte der Stadt Bochum seit dem 01. August 2020

Unterschied Klimaschutz und Nachhaltigkeit. Ist Klimaschutz nicht Teilbereich der Nachhaltigkeitssäule „Ökonomie“?

Klimaschutz hat klare Ziele und lässt sich in den Bereich der Ökonomie einsortieren. Natürlich nicht als einzigen Kriterium

Soziale Aspekte im Bezug auf Gebäude? (Wohlfühlen?)

Das sind eher weiche Ziele. Vorgaben zur Bewertung gibt es nicht. Dinge die allgemein im Bereich des Sozialen zu berücksichtigen sind wären: Estetik, Raumgefühl, Mitarbeitergefühl zum Unternehmen, Steigerung der Attraktivität des Unternehmens, Vorbildfunktion. Ggf. lassen sich Aspekte aus der Gemeinwohl-Öko-Bilanz ableiten.

Was sind die einschlägigen Vorschriften, an den man sich orientiert und welche Ziele gibt es in den Bereichen?

Die Agenda 2021 bzw. 2030 für die Nachhaltigkeit und die Klimaschutzgesetze für den Klimaschutz, wenn man das so separat aufführen möchte.

Woran orientiert sich die Stadt Bochum (Zertifizierung von welcher Organisation)?

Die Stadt Bochum orientiert sich an der Agenda 2021 und natürlich an den Klimaschutzgesetzen. Darüber hinaus wird jeder Beschluss des Rates einem Klima-Check unterzogen. Gebäude werden derzeit noch nicht zertifiziert, dies ist aber ein guter Ansatzpunkt der aufgenommen und geprüft wird.

Gibt es Konzeptpapiere außer das des Bundes, der DGNB und der DIN Reihe?

Keine, die mir bekannt wären.

Gibt es einen renommierten Lehrstuhl innerhalb Deutschland?

Es gibt einen Lehrstuhl für Nachhaltigkeit im Bereich der Elektrotechnik an der Ruhr-Universität Bochum (RUB) und vielleicht noch das Geothermie-Zentrum der Uni.

Organisatorische Maßnahmen. Gibt es konkrete Handlungsempfehlungen?

Organisatorische Maßnahmen umfassen auch das persönliche Verhalten. Die Stadt Bochum hat eine Dienstanweisung zu dem Thema und eine Video-Reihe („Zeit das sich was dreht“) zu dem Thema erstellt. Darüber hinaus ist das Thema Beschaffung auch lohnenswert. Ggf. können Ableitungen noch aus dem „European Energy Award“ abgeleitet werden.

Amortisierung von Maßnahmen. Ab wann saniert die Stadt? (Restnutzdauer)

Das ist immer eine Einzelfallentscheidung. Konkrete Zahlen und Daten gibt es dazu nicht. Ziel der Sanierung ist immer der KfW 55-Standard. Fördermittel sollten in jedem Fall mit eingerechnet werden. Dazu gibt es bei der Energieagentur NRW ein „Fördernavi“. Bei allen Maßnahmen muss man schauen, ob nicht mehrere Maßnahmen gleichzeitig durchgeführt werden können, um Baunebenkosten zu sparen.

Anlage 4 Gesprächsprotokolle

Was würden Sie zu dem Thema sonst noch Empfehlen?

Smarte Lösungen und Automatisierung sind ein Thema, das immer mehr an Bedeutung gewinnt. Es ist von Vorteil, wenn man eine Verstärkungsstrategie implementiert, in dem man beispielsweise feste Ansprechpartner in den Bereichen hat. Auch wenn die Ökonomie bei der Bewertung die gleiche Wertigkeit hat wie die beiden anderen Säulen, so muss doch klar gesagt werden, dass nur Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen wirklich nachhaltig sind. Gerade für die Außenanlagen ist auf eine insektenfreundliche Ausführung zu achten.

Gesprächsprotokoll Andreas Kleber

Zur Person

Abteilungsleiter Feuerwehr Wiesbaden, begleitete einen Neubau in Mainz und aktuell den Neubau der FRW 3 in Wiesbaden

Welche Bauprojekte gab es? (Neubau/Umbau)

FRW 2 der Feuerwehr Mainz und der Bau der FRW 3 der Feuerwehr Wiesbaden

Sind die Gebäude mit Blick auf die Nachhaltigkeit zertifiziert?

Nein. Es sind nur die gesetzlichen Mindestanforderungen umgesetzt worden. Für Investitionen darüber hinaus ist immer ein politischer Beschluss erforderlich, der nicht leicht zu erwirken ist.

Organisatorische Maßnahmen. Gibt es konkrete Handlungsempfehlungen für die neuen Gebäude?

Nein, gab es nicht. Es gab mal den Versuch, alte Heizkörperthermostate gegen neue (digitale) auszutauschen. Dies funktionierte aber mit der alten Heizung nicht, weshalb die alten wieder montiert wurden.

Gibt es eine Übersicht über den Energieverbrauch von Feuerwehrhäusern?

Für neue Häuser gibt es Energieausweise, eine konkrete Aufstellung bezüglich des Verbrauchs gibt es nicht.

Was sind aus Ihrer Sicht die „Knackpunkte“ im Gebäude wie z.B. den Übergang zwischen Fahrzeughalle und Sozialbereich?

Ja, z.B. genau den. 70% der Energie geht über alte Tore verloren. Sonst sind es vermutlich immer Einzelfallentscheidungen. Wichtig ist immer eine langfristige Planung, dies kommt häufig zu kurz.

Amortisierung von Maßnahmen. Ab wann saniert die Stadt? (Restnutzdauer)

Da gibt es keine Vorgabe. Auch hier ist es wieder eine Einzelfallentscheidung. Bzgl. der Nutzungsdauer setzen wir für eine Feuerwache 50 Jahre an.

Erscheinen Amortisierungszeiten in der ökonomischen Betrachtung von unter 5 als gut, unter 10 als akzeptabel und über 10 Jahren als nicht empfehlenswert sinnvoll?

Ja, das passt ganz gut. Erfahrungsgemäß braucht es deutlich mehr als 5 Jahre, bis ein Neubau entsteht. So könnte die Frage erklärt werden, ab wann sich neu Bauen lohnt.

Anlage 4 Gesprächsprotokolle

Gibt es spezielle Aspekte bei dem Thema, die Sie besonders interessieren?

Ich fände es wichtig zu beleuchten, ab wann sich ein Neubau lohnt und bis wann eine Sanierung sinnvoll ist. Darüber hinaus empfehle ich eine ganzheitliche Betrachtung des Gebäudes. Es macht wenig Sinn, sich auf Einzelmaßnahmen zu stürzen, weil dann genau diese Frage nicht beantwortet werden kann.

Gesprächsprotokoll Thomas Deckers

Zur Person

Leiter der Feuerwehr Bocholt, Mitglied im Lenkungsausschuss VB NRW

Gibt es Konzeptpapiere, in der AGHF oder im Lenkungsausschuss, die sich mit den Themen Nachhaltigkeit oder Klimaschutz beschäftigen?

Aktuell wird kein Konzeptpapier oder ähnliches in der AGHF oder im VdF Lenkungsausschuss erarbeitet. Holzbau ist derzeit ein Thema, auch durch das Baurechtsmodernisierungsänderungsgesetz.

Wäre es aus Ihrer Sicht sinnvoll, die Einteilung der Begriffe bezüglich der Fristigkeit an den Kriterien „Finanzen“, „Ausführungsdauer“ und „Veränderungen des Wachstums“ zu definieren? Als Kenngrößen sollen Haushaltsjahr und der Zyklus der Bedarfsplanung herangezogen werden.

Dies erscheint durchaus schlüssig und sinnvoll. Es deckt sich darüber hinaus mit den Erfahrungen aus dem Bau eines neuen Feuerwehrhauses in Bocholt. Über den Bedarfsplan 2015 war ein neuer Standort für ein Feuerwehrhaus beschlossen. Dieser Standort wird nun umgesetzt. Neu Bauen ist also langfristig und passt gut in die Gruppe länger als 5 Jahre

Sind Planungen von Nachhaltigkeitsmaßnahmen in Bereich von Bestandsgebäuden bedarfsplanrelevant, weil sie mit hohen Investitionen verbunden sind und der Gesamtausrichtung der Feuerwehr in diesem Bereich Rechnung tragen oder ist das eher eine rein haushalterische Fragestellung?

Absolut. Es ist natürlich sinnvoll, diese Fragen in den Brandschutzbedarfsplan mit aufzunehmen, weil somit ja auch direkt ein politischer Beschluss vorliegt.

Der Gesprächspartner gab einen Hinweis auf ein Förderprogramm für Feuerwehrhäuser auf dem Dorf des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bauen und Gleichstellung NRW. Der Verfasser prüft, ob ggf. Nachhaltigkeitsmaßnahmen speziell gefördert werden.

Anlage 5 Ermittlung der Außenwände

