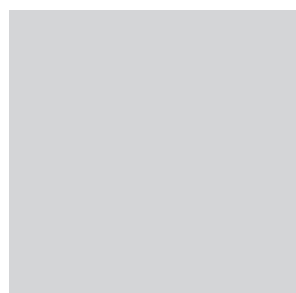
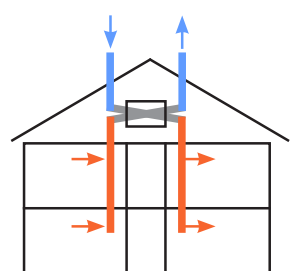
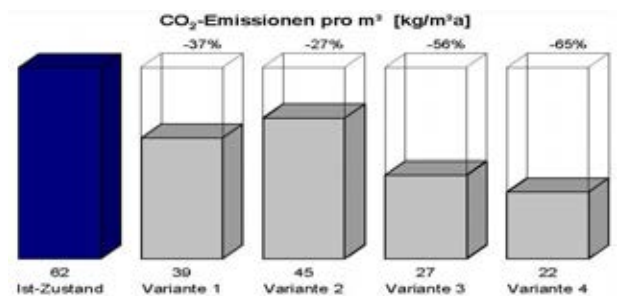
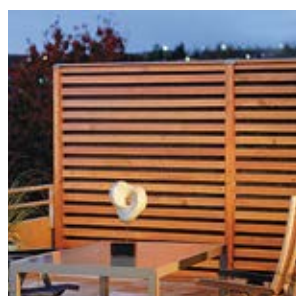
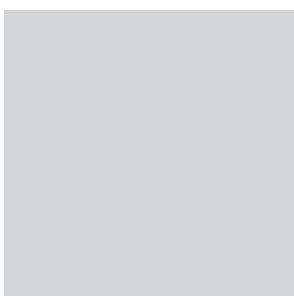
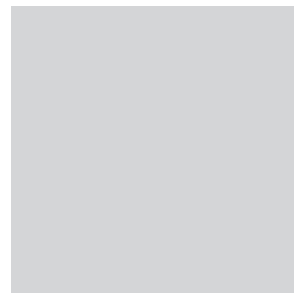
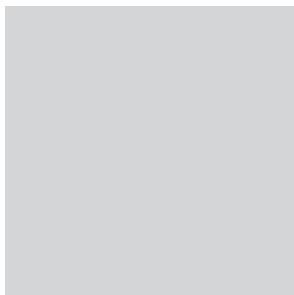


Rude.co2-frei ?

Fachschule für Technik und Gestaltung, Eckener Schule Flensburg, Klasse GST 12

Energiesparen, Energieeffizienz steigern, CO₂-Emissionen vermindern Ideen für die Rude



Rude.co2-frei ?

**Energiesparen, Energieeffizienz steigern, CO2-Emissionen vermindern
Ideen für die Rude**

Fortbildung zum Staatlich geprüften Gebäudesystemtechniker
Fachschule für Technik und Gestaltung, Eckener Schule Flensburg, Klasse GST 12

Nils Ahrendt, Christian Böckmann, Roland Diercks, Jens Ehnes, Oleg Funk,
Marcus Görlich, Tobias Habermann, Daniel Kemerer, Björn Müller, Farzin Oberg,
Jens Partzsch, Andre Röschmann, Sven Schefer, Marco Schneider

Betreuung durch das GST-Lehrerteam,
Ansprechpartnerin: Dr. Susanne Krosse, susanne.krosse@esfl.de

Flensburg, Mai 2013

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



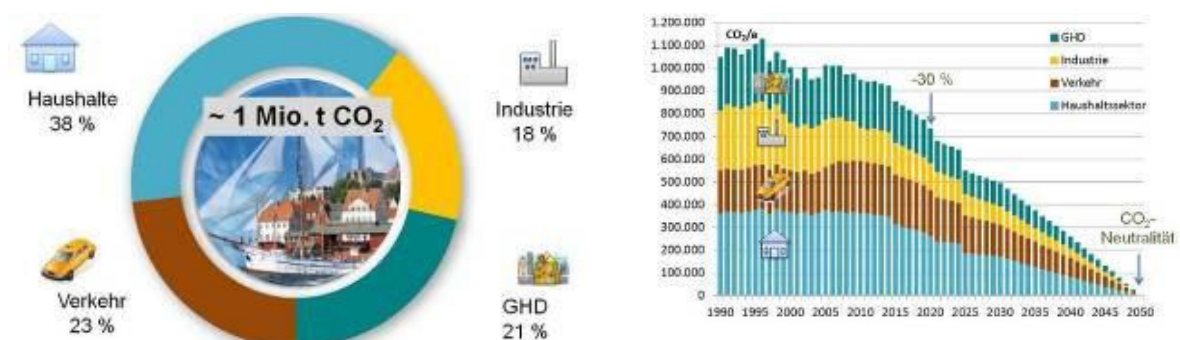
Inhalt

1. Ausgangssituation	3
1.1 Das Quartier „auf der Rude“	4
2. Wohnumfeld	6
2.1 Mehrgenerationspark	6
2.2 Abfall-/ Wertstoffsammelkonzept	8
2.3 Lärmschutz	13
3 Verkehr	14
3.1 Fahrradkonzept	14
3.2 Straßenbeleuchtung	17
4 Wohnungen	23
4.1 Nachhaltigkeit in der Quartierssanierung	23
5 Modernisierung bewohnter Gebäude im Bestand	25
5.1 Modellgebäude Einfamilienhaus	25
5.2 Mustergebäude Mehrfamilienhaus	34
6 Ökobilanz von Baustoffen	40_Toc356481148
7 Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen	46
8 Lüftungstechnik	53
8.1 Vor- und Nachteile einer kontrollierten Wohnraumlüftung (KWL)	53
8.2 Begriff der Behaglichkeit	54
8.3 Anforderungen an die Lüftung	58
8.4 Lüftungssystem	61
8.5 Versuch aus der Praxis	69
8.6 Kosten und Wirtschaftlichkeit	69
9 Rechtliche Grundlagen	77
Anhang	83

1. Ausgangssituation

Das Projekt „Rude nachhaltig II“ steht im Zusammenhang mit dem Projekt 100% Klimaschutz der Stadt Flensburg und dem Projekt „energetische Stadtsanierung“ der Universität.

Flensburgs Klimabilanz zeigt es deutlich: der Energiebedarf von Gebäuden ist ein zentraler Hebel zur Einsparung von Treibhausgasemissionen. Allein der Heizwärmebedarf der Flensburger Haushalte verursacht 22 % der klimawirksamen Emissionen, der Strombedarf der Haushalte zeichnet verantwortlich für weitere 14 %. Auf den Strom- und Wärmebedarf des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) sind weitere 22 % der Flensburger Emissionen zurückzuführen.



CO2-Emissionen Flensburgs 2008 (links), Pfad zur Co2-Neutralität in 2050 nach dem Klimaschutzkonzept (rechts)

Um Flensburgs selbstgestecktes Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, ist es daher nötig, dass in diesen beiden Sektoren die Emissionen durch wirksame Maßnahmen zeitnah und nachhaltig gesenkt werden. Im Unterschied zur Versorgungsseite mit dem zentralen Heizkraftwerk der Flensburger Stadtwerke sind die beiden Bereiche Haushalte und GHD geprägt durch eine Vielzahl von Einzelakteuren. Diese sind äußerst heterogen hinsichtlich ihrer Prioritäten, Werturteile, Kenntnisstände und Handlungsspielräume. Während die großen Flensburger Wohnungsbaugesellschaften wie der FAB und der SBV, nicht zuletzt durch ihre Gründungsmitgliedschaft im Klimapakt Flensburg e.V., Vorreiterrollen bei der energetischen Sanierung von Gebäuden einnehmen, lässt sich insgesamt ein erheblicher Sanierungsstau auf dem Flensburger Wohnungsmarkt feststellen. Dieser Sanierungsstau geht zulasten der Bewohner, v.a. der einkommensschwachen Haushalte.

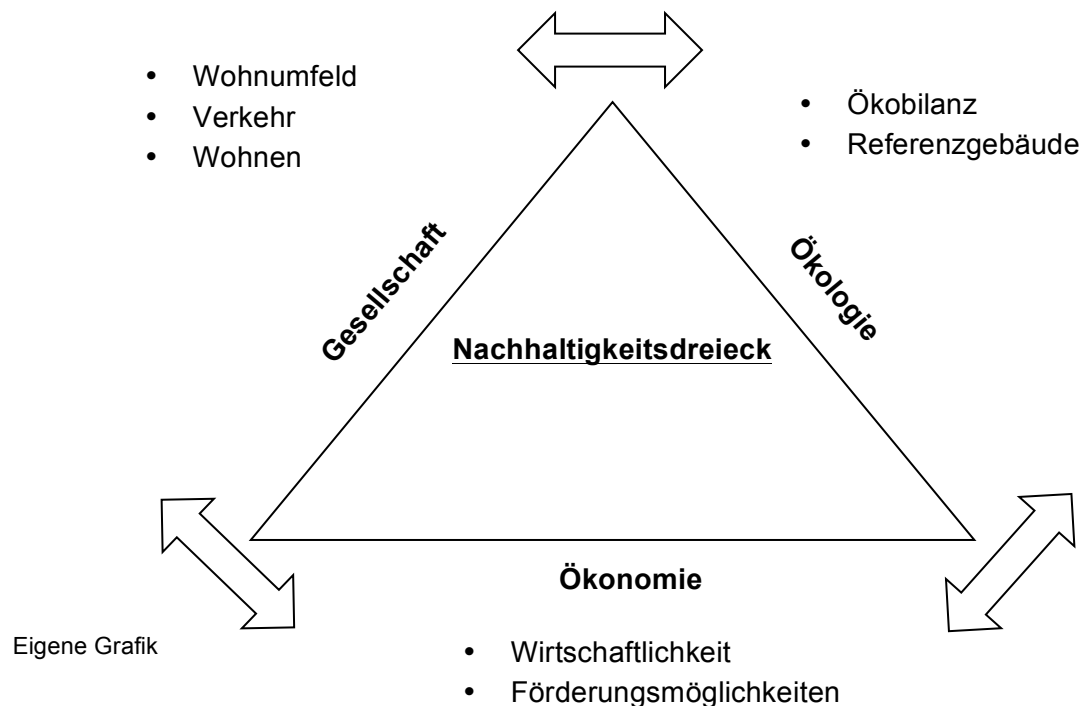
Nicht nur aus Klimaschutzsicht führt dies zu beträchtlichen Planungsunsicherheiten. Da in Flensburg 98 % der Haushalte an das Fernwärmenetz angeschlossen sind, kann eine unkoordinierte Vorgehensweise bei der Gebäudesanierung zu fehlgeleiteten Investitionen und damit zu einem ungünstigen volkswirtschaftlichen Gesamtergebnis führen.

1.1 Das Quartier „auf der Rude“

Das Quartier „auf der Rude“ liegt im Süden der Stadt Flensburg. Es wird durch die Straßen Tagelbarg im Norden, die Schleswiger Straße im Osten, Zur Bleiche im Westen und der Husumer Straße im Süden begrenzt.

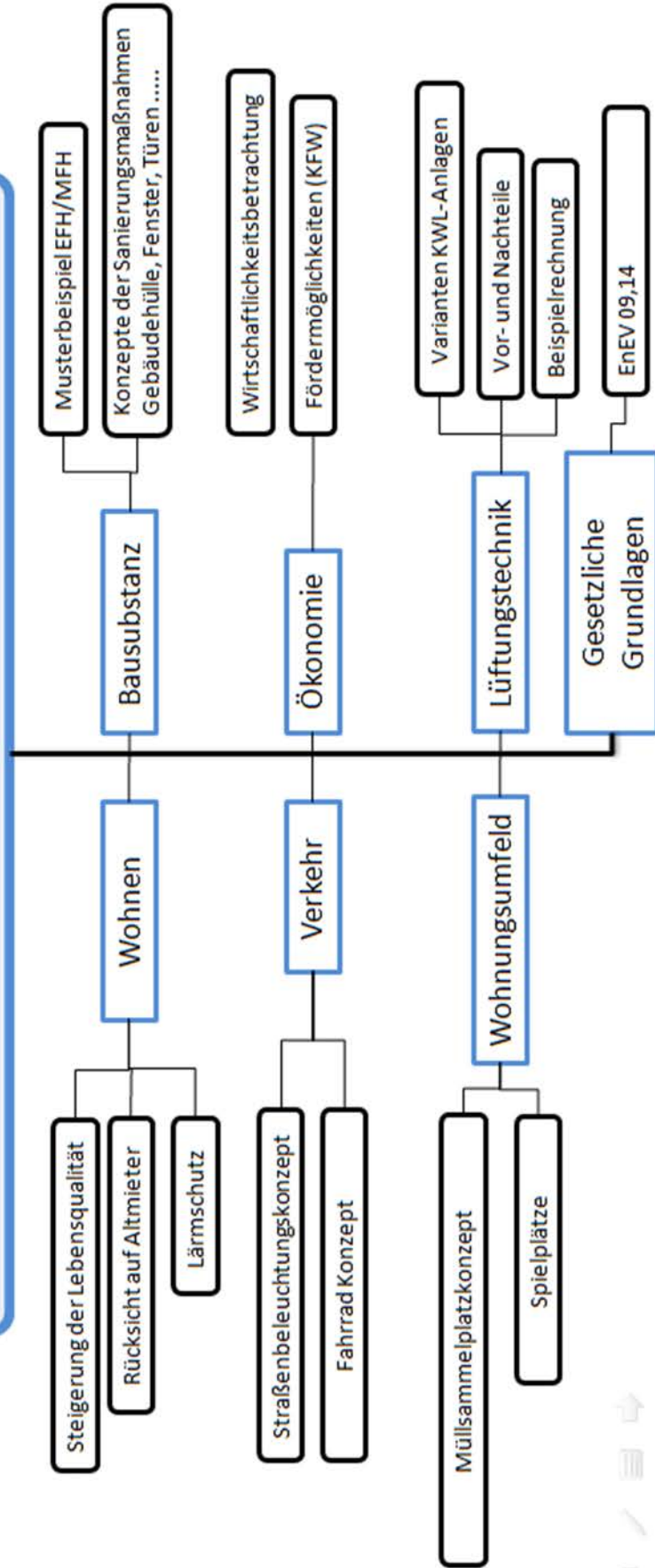
Das Quartier beinhaltet eine abwechslungsreiche Gebäudestruktur, welche sich von Einfamilienhäusern, über Reihenhäuser bis hin zu Punkthochhäusern erstreckt. Die Gebäude befinden sich in unterschiedlichen energetischen Sanierungszuständen. Dies reicht von neu saniert nach neusten Standards, bis hin zu unsaniert mit Stand der 60er Jahre und älter. Unter den Eigentümern befinden sich Privateigentümer, kleinere und größere Wohnungsbaugenossenschaften sowie kirchliche und kommunale Einrichtungen.

Auf der Rude wohnen zirka 1470 Einwohner, außerdem beinhaltet das Quartier eine Schule, eine Kirche, kleine Gewerbe und verfügt über gute Einkaufsmöglichkeiten. Zusammenfassend bildet es eine „Stadt im kleinen“, was es als Modellprojekt für ganz Flensburg interessant macht.



Projektteam GST 12

Fachinformation für Öffentlichkeitsarbeit



2. Wohnumfeld

Im Themenbereich Wohnungsumfeld werden die Themen Müllentsorgung, Mehrgenerationenpark und Lärmschutz angesprochen und vorgestellt.

2.1 Mehrgenerationenpark

Unter einem Mehrgenerationenpark versteht man eine öffentliche Freifläche, auf der Freizeit- und Sportangebote für verschiedene Generationen bereitstehen. Hiermit will man eine Zusammenführung der Generationen erreichen und die geistige und körperliche Förderung der Gesundheit fördern. Die Gestaltung eines solchen Parks hängt in der Regel von der Kommune und seinen Bürgern ab. Es gibt keine Standardisierung des Aufbaus des Mehrgenerationenparks. Vielmehr müssen die Planer auf die Bedürfnisse der späteren Nutzer eingehen. Die individuellen Anlagen haben eine gemeinsame Basis, die die folgenden Themen beinhaltet:

Begegnung, Kommunikation, Bewegung und Ruhe. Außerdem muss die Lage des Parks, als auch das Thema Barrierefreiheit berücksichtigt werden. Daneben sind die Planer dafür verantwortlich, dass der Park ausreichend Orientierung und Sicherheit bietet. Vor allem Kinder und Senioren sollten sich ungehindert in der Anlage aufhalten können. Momentan existieren zwei Spielplätze in dem Gebiet „Auf der Rude“. Einer von diesen ist Teil einer Hausverwaltung und befindet sich auf deren Grundstück „Rode Möhl 2“. Hier gibt es eine Schaukel, Rutsche und eine Sandkiste. Der Spielplatz der Stadt Flensburg befindet sich im westlichen Teil an der Ecke „Merveldstraße - Diblerstraße“. Dieser beinhaltet einen Fußballplatz mit einem zusätzlichen Basketballkorb, sowie eine

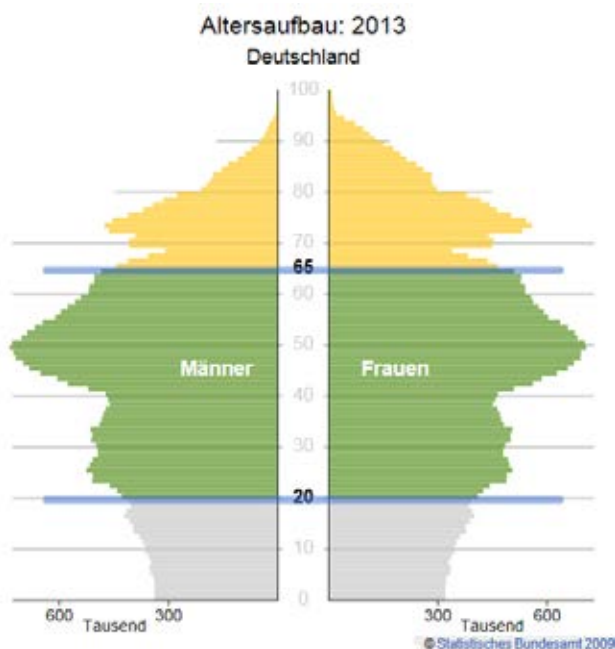


Bild 1 Die demographische Entwicklung der Bevölkerung in Deutschland

Schaukel und ein Klettergerüst. Das Konzept des Mehrgenerationenparks entstand durch Überlegungen, wie man mit der demographischen Entwicklung in Deutschland umgehen sollte. Das „Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung“ meint, dass durch den stetigen Rückgang von Neugeborenen und die gestiegene Lebenserwartung neue Bedürfnisse unter den Bundesbürgern entstehen. Eine zunehmend älter werdende Bevölkerung stellt neue Ansprüche an die öffentlichen Leistungen. Durch den Bau von Mehrgenerationenplätzen entsteht die Möglichkeit, diesen Wandel aufzugreifen. Mit Freizeitmöglichkeiten für die zunehmend älteren Generationen bietet diese Variante auch Angebote für Kinder und Jugendliche. Insbesondere durch altersunabhängige Geräte und Anlagen haben alle Generationen die Möglichkeit sich kostenfrei Sportlich zu betätigen, um Körper und Geist fit zu halten.

Durch die Erweiterung des Spielplatzes zu einem Mehrgenerationenpark steigert man nicht nur die Attraktivität der Plätze, sondern auch des Stadtteils die wiederum mögliche Abwanderung reduziert bzw. Zuwanderung steigern kann. Durch die Freizeitangebote, die eine derartige Anlage bietet, wird die Lebensqualität der Einwohner gesteigert. Des Weiteren



Bild 2 Mehrgenerationenpark

können die Stadtteile mit diesem Generationentreffpunkt belebt werden.

Mit einem Erholungsraum im Zentrum des Stadtteils bereichert man nicht nur das Stadtteilleben, sondern erhöht auch die Familienfreundlichkeit und Bürgernähe. Bei der Planung der Anlage sollte des Weiteren darauf geachtet werden, die Geräteflächen nach Generationen getrennt aufzuteilen. Gleichzeitig sollten aber auch gemeinsame Flächen entstehen, da das oberste Ziel weiterhin die Zusammenführung der Generationen ist.

Bereiche

- Kleinkindbereich (0-3 Jahre)
- In diesem Bereich können Kleinkinder unter Gleichaltrigen und mit passenden Geräten spielen. Hier sollte man darauf achten, dass man diesen Bereich eingrenzt z.B. mit einem Zaun. Dieser sollte auch Schutz vor Sonnenstrahlen und Kaltluft bieten, was auch durch eine günstige Bepflanzung zu erreichen ist.
- Kinderbereich (3-12 Jahre)
- Hier sollten für die älteren Kinder ausreichend große Flächen für freie Spielideen vorgesehen sein. Des Weiteren sind thematische Spiellandschaften, wie Klettergerüste und Schaukeln für die Kinder sehr attraktiv und tragen zu einem regelmäßigen Besuch bei. Natürlich muss auch in diesem Bereich darauf geachtet werden, störende Umwelteinflüsse zu vermeiden.
- Jugendbereich (10-20 Jahre)
- Hier sind Gemeinschafts- und Wettkampfs Spiele angebracht, es fördert unter anderem das Gemeinschaftsgefühl und die Integration. Sitzgelegenheiten sind hier unabdingbar, damit dies auch als Treffpunkt dienen kann. Es ist hier zu empfehlen diesen Bereich zentral zu legen, um möglichen Vandalismus zu unterbinden.
- Aktivparcours:
Dieser Bereich ist für alle Generationen unabhängig der körperlichen Verfassung. Hier sollen Geräte bereitstehen die Koordination, Beweglichkeit, Balancegefühl und Motorik der Nutzer verbessern.
- Gemeinschaftsbereich:
Das ist ein meist zentral gelegener Bereich für alle Besucher. Hier können alle Gruppen sich treffen. Durch gastronomische Angebote und Bepflanzung kann sogar ein Biergartenflair vermittelt werden. Darüber hinaus können auch weitere Spielanlagen wie Außenschach etc. umgesetzt werden.

Immer mehr Referenzprojekte des Mehrgenerationenparks entstehen in Deutschland wie z.B. in der Feldmark in Nordrhein Westfalen, in Sinzheim Baden-Württemberg oder auch in Goldenstedt. Diese haben ihren 2,5 Hektar großen Mehrgenerationenpark mit Mitteln der Europäischen Union umgestaltet. Auf der Rude würden sich beide Spielplätze des Stadtteils anbieten. Dort existiert genügend Platz um einen Mehrgenerationenpark aufzubauen

2.2 Abfall-/ Wertstoffsammelkonzept

Abfall ist für viele Menschen ein Thema, mit dem sie sich nur gering auseinandersetzen. Im Laufe der Jahre wurden die Gebühren für die Müllentsorgung immer wieder angehoben. Dieses hat zur Folge, dass die Nebenkosten der Mieter sich erhöhen, da die Müllgebühren ein großer Kostenpunkt in der Nebenkostenabrechnung sind. Heutzutage stehen die Nebenkosten für viele Mietinteressenten im Mittelpunkt, da sie darauf achten müssen, wie sie ihr Geld wirtschaftlich einsetzen. Schließlich wirken sich die Nebenkosten auch auf die Vermietbarkeit einer Immobilie aus. Somit können die Kosten für die Müllentsorgung auch bei Immobilien durch ein Müllkonzept gesenkt werden.

Auf der Rude möchten wir ein Müllkonzept für die Wohnungsbaugesellschaften und für die öffentliche Müllentsorgung vorschlagen, da wir folgende Problematik vorgefunden haben: bei den größeren Liegenschaften der Wohnungsbaugesellschaften quellen die Müllsammelplätze aufgrund ihrer Anzahl an Müllentsorgungsbehältern über. Diese Situation entstand im Laufe der Jahre durch die Erweiterung der Papier- und Plastiktonne, hingegen sind aber die Müllsammelplätze nicht vergrößert worden. So findet man momentan 4 Arten an Müllentsorgungsbehältern vor:

- schwarze Tonne – Restabfälle
- braune Tonne – Bioabfälle
- blaue Tonne – Papierabfälle
- gelbe Tonne – Leichtverpackungen (Grüner Punkt)

Bei der öffentlichen Müllentsorgung wollen wir hauptsächlich auf den Müllsammelplatz in der Straße Tegelberg/Ecke Dablerstraße eingehen. Hier findet man die Altglascontainer für Bunt- und Weißglas vor. Des Weiteren stehen auf dem abgegrenzten Sammelplatz Altkleidercontainer.



Bild 3 Müllsammelplatz eines Mehrfamilienhauses



Bild 4 Altglassammelplatz auf der Rude

Die Altglascontainer stehen so dicht zusammen, dass es Probleme geben kann, überhaupt an dem zweiten Container sein Altglas entsorgen zu können. Der Weg zwischen und zu den Containern beträgt zwischen 30 cm und 60 cm. Ein anderer Aspekt, der zu beachten ist, die Barrierefreiheit. So haben z.B. Rollstuhlfahrende auf Grund der enge das Problem, einige Container nicht erreichen zu können. Für Rollstuhlfahrer wird mindestens ein Durchgang von 1,50 m benötigt, damit sie darin auch wenden können. Dies ist in der DIN 18040-1 beschrieben, die sich unter anderem auf Wege, Plätze und Zugänge im öffentlichen Raum bezieht.

Ein weiterer Punkt ist die Höhe des Einwurfes, wo ein Rollstuhlfahrer, sofern er überhaupt die Höhe des Einwurfschachtes erreicht, große Schwierigkeiten hat.

Diese Schwierigkeiten können auch bei Personen mit Gehwagen oder Trolleys auftreten. In Folge des Temperaturanstieges im Sommer können Geruchsbelästigungen bei den Müllsammelstellen der Mehrfamilienhäuser als auch bei der Müllsammelstelle des Altglases auftreten. Anhand eines Referenzprojektes können Verbesserungsvorschläge der aufgezählten Aspekte beschrieben werden. Des Weiteren sollen Vorschläge zur Effizienz der Müllabholung aufgezeigt werden. Damit entsteht für die Eigentümer und Mieter auf der Rude eine Komfortsteigerung, die Kosten sinken und eine Aufwertung des Wohnumfelds entsteht. Als Referenzprojekt wird das Konzept der Stadtreinigung Hamburg (SRH) verwendet. Des Weiteren könnte man das Konzept mit den Varianten der Firma Paul Wolff erweitern.

Die Stadtreinigung Hamburg zeigt in dem Unterflursammelbehälter Projekt die Bereitstellung von Unterflursammelsystemen. Auf dieses Sammelsystem soll in diesem Bericht auch näher eingegangen werden. Diese spezielle Art von Containern besteht aus drei Elementen. Der unterirdische Container mit einem Fassungsvermögen zwischen drei und fünf Kubikmetern, ist mit einer festverbundenen Gehwegplattform mit oberirdischer Einwurf Säule ausgerüstet, die eine Höhe von 70cm aufweist. Bei einer Entleerung wird der Container aus dem unterirdischen Betonschacht herausgehoben, in diesem Zeitraum ist der Schacht automatisch gegen Hineinstürzen gesichert. Des Weiteren muss das Unterflursammelsystem innerhalb von

acht Metern für die Entleerung erreichbar sein. Die Container gibt es je nach Gebrauch in verschiedenen Größen und für unterschiedliche Abfälle und Wertstoffe, wie Glas oder Leichtverpackungen. Dieses System bietet viele Vorteile und ist eine saubere, platzsparende und wirtschaftliche Lösung. Es benötigt nur geringen Platz an der Oberfläche da der Container in die Tiefe geht. So lagern die Abfälle unsichtbar und sogar geruchlos im Untergrund. Da die Abfälle im Untergrund gelagert werden, ist oberhalb ein sauberes Umfeld. Außerdem werden keine Tiere durch Gerüche mehr angelockt und es können auch keine Tiere mehr



Bild 5 Wertstoffsammelkonzept der Stadt Hamburg

an die Abfälle herankommen, da sie nicht selbstständig durch die Müllschleuse kommen. Des Weiteren müssen die Sammelbehälter nicht mehr an der Straße bereitgestellt werden, da sie direkt vom Standort herausgehoben werden. Die Unterflursammelsysteme bieten nur wenig Angriffsfläche gegen Vandalismus, sodass weniger Reinigungs- und Instandhaltungskosten entstehen. Diesen vielen Vorteilen stehen wenige Nachteile gegenüber. Als Nachteile kann man die Erreichbarkeit innerhalb von acht Metern vom Abfuhrfahrzeug sehen. Ansonsten können die Unterflursammelsysteme nur da installiert werden, wo im Untergrund keine Rohr- und Stromleitungen laufen.

Zusätzlich können in Wohnanlagen die Unterflursammelsysteme mit einem Schlüssel versehen werden, so dass nur berechtigte Mieter Zugang zu den Müllschleusen bekommen. Diese Maßnahme schützt die Bewohner vor fremdem Müll. Anhand eines fünf Kubikmeter großen Unterflursammelsystems soll dargestellt werden, wie viele Müllentsorgungstonnen eingespart werden können.

Ein fünf Kubikmeter großer Unterflurcontainer ersetzt 80 Müllentsorgungsbehälter mit einem Fassungsvermögen von 60 Litern oder ca. 5 Müllentsorgungsbehälter mit einem Fassungsvermögen von 1100 Litern. Zusätzlich zu der Ersparnis der Abfallentsorgungsbehälter erreicht man auch eine Ersparnis der Abfallentsorgungskosten. Die Kostenersparnis wird anhand eines Rechenbeispiels der Stadtreinigung Hamburg aufgezeigt. Das bedeutet, dass es zu Abweichungen in der Gebührenordnung und Einsparung kommen kann. Selbst wenn Kosten auf die Eigentümer, Wohnungsbaugesellschaften oder des Entsorgers zukommen sollten, tritt eine Amortisation in absehbarer Zeit ein.

UNTERFLUR: EINE WIRTSCHAFTLICHE VARIANTE (Rechenbeispiel für 26 Benutzungseinheiten)

	vorher: Entsorgung über 60-Liter-Restmüllsäcke	vorher: Entsorgung über 120-Liter-Restmülltonnen	nachher: Entsorgung über 3.000-Liter-Unterflur- behälter Restmüll
Anzahl Behälternisse	52	26	1
Abholung/Leerung pro Woche	2	1	1
Grundgebühr 6,56 €/BE	170,56 €	170,56 €	170,56 €
Entsorgungskosten	543,40 €	394,68 €	287,94 €
Transportgebühren T4* à 4,02 €/Gefäß	–	104,52 €	–
Gestellungsgebühren und Entgelte	–	–	58,00 €
An- und Abfahrtpauschale inkl. MwSt.	–	–	–
GESAMTKOSTEN/MONAT	713,96 €	669,76 €	516,50 €

* Gebührenklasse T4: bis 50 m Transportweg, 2 und mehr Stufen (Keller/Kellerstandplatz)

Bild 6 Rechenbeispiel für Unterflursammelsysteme

Auch bei der öffentlichen Müllentsorgung können die Unterflursammelsysteme eingesetzt werden. Damit könnte die Barrierefreiheit schnell realisiert werden, da oberhalb mehr Platz zur Verfügung stehen würde und der Einwurf in einer Höhe von ca. 70 cm vorhanden ist. Ein weiterer Punkt ist die Minimierung des Lärms beim Einwerfen von Altglas. Auch hier entsteht keine Geruchsbelästigung beim Anstieg der Temperaturen.

Ein weiteres Konzept beruht auf den Unterlagen der Firma Paul Wolff, die Müllkonzepte ausarbeiten. Sie bieten unter anderem ein Abfallmanagement an, dies bedeutet, dass errechnet wird, wie viel Liter Müll in einer Immobilie produziert wird, um eine möglichst hohe Auslastung der Müllentsorgungsbehälter zu gewährleisten. Zusätzlich wird noch einmal die ordnungsgemäße Mülltrennung erläutert. Im zweiten Schritt können mit Hilfe von Chipkarten oder Transpondern die Bewohner den Abfall entsorgen. Der Abfall wird entweder nach Volumen oder Gewicht in der Abfallschleuse registriert.

So kann für jeden Mieter oder jede Wohneinheit eine verbrauchergenaue Abrechnung für die Abfallgebühren erstellt werden. Dieses System der personalisierten Abrechnung gibt es für die herkömmlichen Müllentsorgungsbehälter, die dann in eine dafür geeignete Box kommen, als auch für die Unterflursammelsysteme. Durch diese zwei Schritte kommt es innerhalb von fünf Quartalen zu einer Einsparung von 61% der Abfallmenge und damit auch der Abfallgebühren. Diese ist anhand des nachfolgenden Diagrammes zu erkennen.

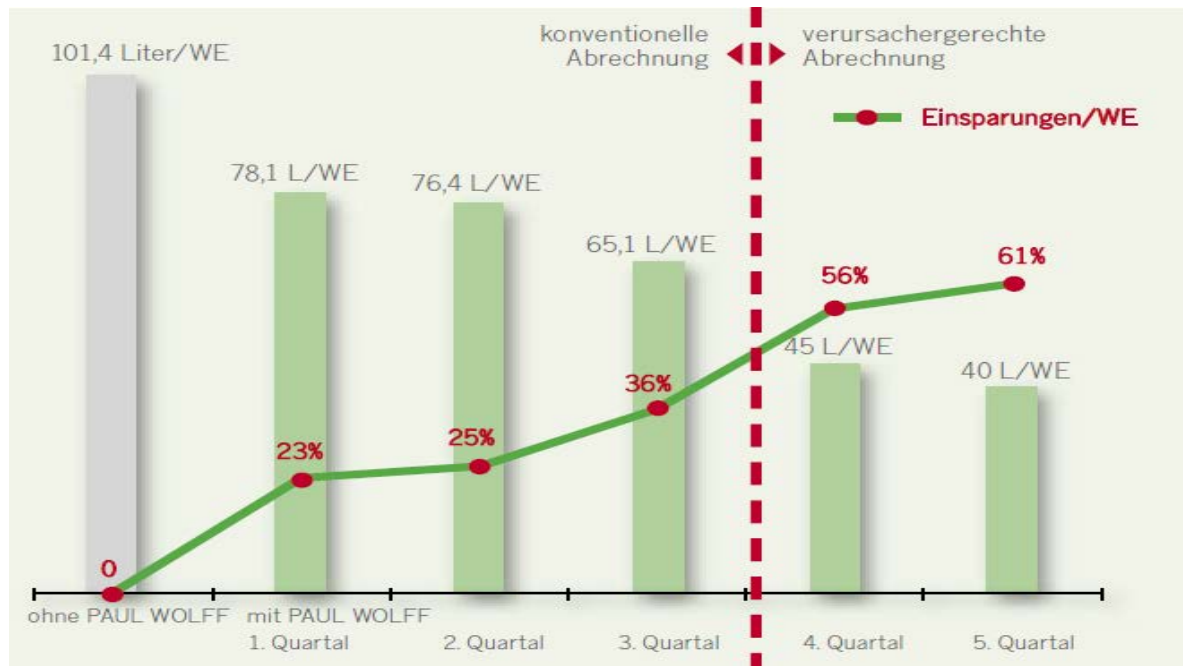


Bild 7 Einsparpotential durch verbrauchsabhängigen Abfallabrechnung

„Die Einsparungen setzen sich zusammen aus:

- die selbstverantwortlich bestimmte Müllmenge
- die wesentlich verbesserte Mülltrennung
- die Müllvermeidung
- die durch das System verbesserte Ausnutzung des Behältervolumens
- durch Abbau der unangemessen hohen Bereitstellungsvolumen¹

Solche Müllkostenverteilsysteme sind schon ab 25 Wohneinheiten wirtschaftlich. Wenn man dieses im Vergleich mit der Rude sieht, kommen in diesem Stadtteil mehrere Immobilien in Betracht, wo ein solches Abrechnungssystem eingesetzt werden könnte.

Ein dritter Vorschlag, der teilweise bei einigen Liegenschaften schon umgesetzt worden ist, soll näher gebracht werden. So müssen die Müllsammelplätze nicht auf ein Unterflursammlersystem umgestellt werden, dennoch könnte man über ein Abfallmanagementsystem nachdenken. In diesem Vorschlag wird der Platz auf die Größe angepasst, der für die vorhandenen Müllentsorgungsbehälter benötigt wird. Infolge der Vergrößerung wurde ein 1,80 m hoher Zaun um den Platz gesetzt und davor bepflanzt.



Bild 8 Müllsammelstelle an der Straße Tegelberg

Somit wird, ein Sichtschutz und eine Verminderung der Geruchsbelästigung um die Sammelstelle herum gewährleistet. In diesem Fall können die Müllentsorgungsbehälter zwar nicht abgeschlossen werden, aber es könnte in den Zaun eine abschließbare Tür eingebaut werden. Somit könnten die Zugangsberechtigten für den Müllsammelplatz einen Schlüssel bekommen. Ein weiterer Vorteil entsteht, wenn der Sammelplatz abschließbar ist und die Müllentsorgungsbehälter vor Vandalismus und fremder Vermüllung geschützt sind. Auch in diesem Beispiel entsteht durch den ausreichenden Platz ein höheres Maß an Komfort. Zusätzlich zum Sichtschutz der Müllsammelplätze, ergibt sich wie im ersten Beispiel eine Aufwertung des Wohnumfelds. Der Nachteil bei diesem Konzept ist, dass sich keine Ersparnis ergibt durch Müllentsorgungsbehälter. Des Weiteren ergeben sich zusätzliche Kosten durch die Erweiterung oder Sanierung dieser Standplätze.

Erscheinungsbild des Stadtteils

Das Erscheinungsbild des Stadtteils setzt sich zusammen aus mehreren Kriterien, die in diesem Bericht ausgearbeitet worden sind. Außerdem nimmt jeder Mensch das Umfeld anders wahr, so dass unterschiedliche Meinungen entstehen können. Zum Erscheinungsbild tragen folgende Punkte bei:

- Wohnungsumfeld
 - Müllsammelplätze
 - Spielplätze
 - Lärmschutz
- Verkehr
 - ÖPNV-Haltestellen
 - Straßenbeleuchtung
 - Verkehrswege

In diesem Teil des Berichts wird nur auf einige der oben aufgeführten Punkte genauer eingegangen, da die anderen Punkte in anderen Teilen dieses Berichtes ausführlicher beschrieben sind. So wird es noch eine Ergänzung im Punkt Verkehr geben mit den Bushaltestellen und der Böschung zur Bahnstrecke in der Straße Tegelberg und zum anderen die Nahversorgung. Durch den öffentlichen Nahverkehr auf der Rude befinden sich auch in diesem Stadtteil mehrere Bushaltestellen. Diese wurden im Laufe der letzten Jahre auch ein wenig aufgewertet mit neuen Haltestellenschildern sowie einem blindengerechten Gehweg. Die Haltestellenhäuser wurden noch nicht aufgewertet und trüben so das Erscheinungsbild des Stadtteils. Bei den Haltestellenhäusern platzt die Beschichtung der Tragwerkskonstruktion ab. Außerdem wurden sie stellenweise durch Vandalismus verschmutzt. Auf Grund des fortgeschrittenen Alters dieser Haltestellenhäuser könnte man im Zuge einer Stadtteilsanierung diese mit in Betracht ziehen



Bild 8 Bushaltestelle „auf der Rude“

und gegen moderne austauschen. In der Straße Tegelbarg ragen auf der Straßenseite zur Bahnstrecke hin alte Betonpfeiler aus dem Boden. Diese dienten zuvor als Zaun oder sogar als Absturzsicherung, da die dort anliegende Bahnstrecke weit unterhalb des Straßenniveaus liegt. Teilweise befinden sich in einigen der Betonpfeiler noch alte Rohre, die eine zusätzliche Verletzungsgefahr darstellen können. Aus diesen Gründen wäre zu überdenken, ob es mit der Zeit nicht auch an dieser Stelle einen neuen Zaun geben sollte. Im Zuge der Maßnahmen, sollte die Bahnlärmbelästigung mit berücksichtigt werden. Um den Lärm zu verringern, wäre es möglich einen Lärmschutzzaun zu errichten. In der momentanen Situation trägt diese Stelle des Stadtteils Rude nicht zum Erscheinungsbild bei



Bild 9 alter Zaun an der Straße Tegelbarg

2.3 Lärmschutz

Im Stadtteil Rude gibt es vor allem an der Husumerstraße Bild 22 eine hohe Lärmbelastung durch Verkehr. Um Lärm in der Ortschaft zu vermeiden, gibt es verschiedene Möglichkeiten wie z.B. Schallschutzwände aufzustellen (Bild 23). Diese sind so konzipiert, dass sie den Lärm (Schall) einseitig oder beidseitig aufnehmen können. Durch den Schallschutzzaun aus Holz (Bild 23) wird der Lärmpegel um 27 dB (Dezibel) reduziert. Der übliche Tagespegel liegt bei 40- 60 dB im



Bild 10 Lärmschutzzaun in der Husumer Straße

Wohnbereich (Angaben aus Braun- Würfel-Katalog S. 58). Lärmschutzwände können auch aus Metall, Stein, Bepflanzung oder aus Glas bestehen.

Eine weitere Möglichkeit wäre den Verkehr umzuleiten, das heißt in dicht besiedelten Gebieten wird der Verkehr so umgeleitet, dass diese nicht mehr befahren werden und so den Verkehrslärm in der Region deutlich mindern. Jedoch gibt es kein



Bild 11 zeigt ein mögliches Beispiel eines Schallschutzes

Richtwert, um wie viel sich der Lärmpegel reduziert. In Hamburg wurde das erfolgreich eingesetzt.

Die dritte Möglichkeit ist es die Straßenbeläge zu erneuern (Flüster- Asphalt) dieses ist sehr Kostspielig. Diese Methode wird benutzt um Verkehrslärm zu reduzieren, hierbei wird der Verkehrslärm um 6 dB reduziert. Beim Flüster- Asphalt wurde Mehl von alten Reifen hinzugefügt. Der Belag ist dadurch elastischer und hat eine Haltbarkeit bis zu 30 Jahren. Das Bild 12 Links zeigt das Projekt in Köln am Konrad- Adenauer- Ufer.



Bild 12 Flüsterasphalt bei der Erprobung in Köln

3 Verkehr

3.1 Fahrradkonzept

E-Bike-Mobilität

Auf Grund der Bedeutung des Radfahrens für eine CO₂-neutrale Mobilität. Der Klimapakt Flensburg hat sich die CO₂-Neutralität bis zum Jahr 2050 zum Ziel gesetzt und es wurde neben anderen Maßnahmen auch eine Erhöhung der Fahrradnutzung innerorts auf mindestens 25 % vorgeschlagen. Im Projektbericht der GST-11 wurde die Realisierbarkeit von Fahrradhäuschen in der Außenanlage zwischen den Mehrfamilienhäusern untersucht. Um das Fahrradfahren in Flensburg zu fördern, wird empfohlen ergänzend zu den Fahrradhäuschen, motorisierte E- Bikes anzubieten. Das Elektrofahrrad wird in Deutschland immer beliebter, denn es bringt ein hohes Maß an Flexibilität. Dadurch ergibt sich keine Parkplatzsuche, keine Staus und die Gesundheit wird gefördert. Im Vergleich zum Auto sind E-Bikes ökologischer, häufig schneller, platzsparender und verbrauchen sehr wenig Energie. Bei maximaler Unterstützungsstufe sind es pro Kilometer etwa 0,007 Kilowattstunden (kWh). Für Hundert Kilometer braucht ein E-Bike etwa 0,7 kWh. Im Vergleich dazu enthält ein einziger Liter Benzin knapp 9 kWh Energie. Die Energiemenge, die ein Auto auf einer 4 km-Kurzstrecke verbraucht, reicht bei einem Elektrofahrrad für über 1200 km.



Bild 13 E-Bike Logo

Umwelt CO²Bilanz

Die CO₂-Emissionen eines E-Bikes fallen bei der Produktion des Stroms an, mit dem der Akku geladen wird. Für die CO₂-Bilanz ist es daher entscheidend, woher der Strom fürs Laden kommt. An der Rude und für die Umwelt kommt nur erneuerbare Energie in Frage. Aus diesem Grunde schlagen wir vor, die Fahrradhäuschen an sonnigen Standorten zu positionieren und mit Photovoltaikanlage zu versehen. Dass auf der Rude ausreichend Platz vorhanden ist, hat die Klasse GST-11 der Fachschule letztes Jahr präsentiert. Es wurde festgestellt, dass nur eine geringe Anzahl Fahrradständer vor den Wohngebäuden für die Anwohner zur Verfügung steht. Eine von mehreren Kriterien des Deutschen Gütesiegels für Nachhaltiges Bauen, ist im Bereich Mobilität der Fahrradkomfort. Ein Kriterium ist die Lage und Entfernung der Abstellplätze zum Haupteingang eines Wohngebäudes. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen überdachte, trockene, abschließbare, beleuchtete und gut einsehbare Fahrradhäuschen direkt vor Hauseingängen zu platzieren.



Bild 14 abschließbares Fahrradhäuschen



Bild 15 E-Bike Ladestation in der Frontansicht

Wenn solche Fahrradhäuschen mit PV-Anlage ausgestattet sind, können hier Elektrofahräder aufgeladen werden. So können Bewohner ihre eigenen Fahrräder dort unterbringen. Es ist aber auch denkbar, dass einige Leihfahrräder auf der Rude positioniert werden können.

Es gibt mehrere Möglichkeit durch die Fahrradhäuschen Strom zu erzeugen. Dadurch ist eine direkte Nutzung bzw. Einspeisung des erzeugten Stromes, oder eine Zwischenspeicherung in Akkumulatoren möglich. Üblicher Standard ist das Fahrradhäuschen mit Wechselrichter und Zähler auszustatten. Der Strom wird dann direkt in das öffentliche Netz eingespeist, wenn die Speichermöglichkeiten der Fahrräder gefüllt sind. Wenn keine Energie durch die Sonne erzeugt werden kann, erfolgt die Versorgung der E-Bikes durch den Strom aus dem öffentlichen Netz.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, einen Akkumulator als Speicher einzusetzen, um den Überschüssigen Strom zu speichern.

Beispiel Firma Donauer für 4 E-Bikes
Technische Daten

Modulleistung	2 x 230Wp
Modulspannung	DC 75V
Moduldimensionen (BxHxT)	1660mm x 990mm x 35mm
Akkukapazität	2 x 100Ah



Bild 16 E-Bike Ladestation

Wenn man beispielsweise von einem Hochhaus auf der Rude ausgeht, welches 32 Wohneinheiten beinhaltet dann wäre es sinnvoll für jede Wohnung ein bis zwei E-Bikes bereit zu stellen. Für diese Erneuerung würde eine Fläche von 125 m² beansprucht werden. Darauf kann eine Solaranlage mit einer jährlichen Stromproduktion von 12.252 kWh installiert werden.

Qualitativ hochwertige Elektrofahrräder sind dabei meist schon ab ca. 1700 Euro beim Fachhandel erhältlich. Der Akku ist das teuerste Ersatzteil am Elektrofahrrad. Über 90 Prozent der verkauften E-Räder werden mit Lithium-Ionen-Akkus geliefert. Der Vorteil dieser Akkus ist, dass sie vergleichsweise leicht sind und eine hohe Zahl an Ladezyklen erreichen. Moderne Akkus verfügen über keinen Memoryeffekt mehr und müssen daher erst nach ca. 700-800 Ladezyklen ausgetauscht werden. Zudem ist Lithium bisher nicht so knapp wie viele andere Rohstoffe. Mit einem Einstieger Model mit 500 Zyklen und einer Reichweite von 40 km können während der Lebensdauer des Akkus, ca. 20.000 km zurückgelegt werden. Akkus höher Qualität schaffen durch auch 60.000 bis 80.000 km. Die Kapazität eine Akku misst man in Wattstunden (Wh). Die Leistung wird in Ampere-Stunden (Ah) angegeben. Leistung (P) = Volt (V) mal Ampere (A) pro Stunde (h). (Beispiel: Ein Akku mit 36 Volt (V) und 12 Ampere-stunden (Ah) hat eine Kapazität von 432Wh; 12 Ah * 36 V)



Bild 17 E-Bike Ladestation



Bild 18 Grünfläche auf der Rude

3.2 Straßenbeleuchtung

Straßenbeleuchtung modernisieren

Das Beleuchtungskonzept setzt sich aus verschiedenen Bausteinen zusammen. Einen wesentlichen Beitrag leisteten im Jahr 2012 die zukünftigen staatlich geprüften Gebäudesystemtechniker (GST-11) der Fachschule für Technik und Gestaltung, Eckener Schule aus Flensburg. Die GST- 11 hat folgende Fakten ermittelt. In dem (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) DGNB- Zertifikat stehen Kriterien für „Ökologische Qualität“ aber auch für „Soziokulturelle Qualität“.

Bestandsaufnahme der GST- 11 ergab, dass auf der Rude vier unterschiedlichen Leuchttypen montiert sind. Um die Effizienz zu steigern, wurden auf Grund ihrer hohen Lebensdauer, LED Leuchtmittel vorgeschlagen.

Die GST- 11er haben auf Grundlage der Angaben der Stadtwerke und einer eigener Bestandsaufnahme für die Straßenbeleuchtung mit 4000 Betriebsstunden pro Jahr die Energieeinsparung und CO₂ gegenüber dem Bestand ermittelt und kamen zu dem Ergebnis, dass allein durch das Ersetzen der LED-Leuchtmittel eine Energieersparnis von 53,49 % und 5.653 kg CO₂ pro Jahr möglich ist.

Um weitere Strom- und CO₂- Ersparnisse zu erreichen, wurde Telemanagement für die Straßenbeleuchtung vorgeschlagen, mit dem man die Beleuchtung, wenn es nötig ist, absenken kann und dadurch weitere 30 % Energie eingespart werden. Als optimale Option wurde eine Kombination aus LED Leuchten und Telemanagement empfohlen, mit der bis zu 70 % Energie eingespart werden kann und die CO₂- Emissionen von 10.568 kg auf 3.440 kg CO₂ reduziert werden können.



Bild 19 verschiedene Straßenbeuchtungen auf der Rude

Gesetzliche Richtlinien

Die verschärfte, neu verfasste Richtlinie 2009/125/EG Des Europäischen Parlament und des Rates vom 21. Oktober 2009. Die „Ökodesign-Richtlinie“ und auf Englisch „Directive on the Eco- Design of Energy- Using Products“ (kurz EuP) beschäftigt sich mit energieverbrauchsrelevanten Produkten. Die vorherige Ökodesign- Richtlinie 2005/32/EG beschäftigt sich mit der Effizienz der Produkte. Die Ökodesign- Richtlinie legt Effizienzanforderungen an die Beleuchtung mit CE- Kennzeichnung vor.

Die erste Stufe der EU- Verordnung 245/2009, die für den Bereich Straßen- und Industriebeleuchtung Gültigkeit hat, gilt seit April 2010. Sie besagt, dass veraltete Quecksilberdampf lampen, Hochdruckentladungslampen und Leuchtstofflampen aber auch Vorschaltgeräte mit veralteter Technik bis 2015 vom Markt genommen werden müssen. Die Verordnung, soll vor allem die Energieeffizienz energieverbrauchsrelevanter Produkte verbessern und damit auch zum Erreichen der europäischen Klimaschutzziele beitragen.



Bild 20 Verbot verschiedener Leuchtmittel bis 2015

Die Kommunen als auch die Industrie sind laut „Ökodesign- Richtlinie“ verpflichtet, ihre Beleuchtung mit energieeffizienten Technologien zu erneuern oder nachzurüsten. Die Beleuchtungsindustrie hat individuelle und effiziente Lösungen für jede Anforderung. Durch Inkrafttreten der von der EU neu beschlossenen Richtlinie EUP 245 ist dies auf Grund ineffizienter Beleuchtungstechnik in den vielen Städten unverzichtbar.

Finanzierung der Straßenbeleuchtung

Von der KfW- Bank werden zinsvergünstigte Kredite angeboten um die energetische Modernisierung der Straßenbeleuchtung durchführen zu können. Im Gegensatz zu Privatunternehmen bekommen Kommunen einen zinsgünstigeren Kredit. Wenn eine Finanzierung durch die öffentliche Hand nicht möglich ist, wäre auch eine Finanzierung durch Contracting denkbar.

Finanzierung aus dem Vermögenshaushalt

Eine Modernisierung der alten Straßenbeleuchtung amortisiert sich mit dem Einsatz des Telemanagementsystems und der LED- Leuchten auf Grund der 70 % -Ersparnis bereits nach wenigen Jahren. Mit dem Einsatz neuer moderner Leuchten, z. B LED- Leuchten, ist das Einsparergebnis deutlich effektiver, in der Anschaffung allerdings teurer als der Austausch der Leuchtmittel. Im Fall, dass in den nächsten Jahren auf Grund neuer Normen die komplette Straßenbeleuchtung erneuert werden muss, können Kosten durch frühzeitige Investitionen eingespart werden. Der Bestand darf bis 2017 verbraucht werden. Da das Altmittel der

alten Leuchtmasten einen Restwert hat, ist dieser bei neuer Anschaffung zu berücksichtigen. Eingesparte Energiekosten können zur Finanzierung von Modernisierungsmaßnahmen eingesetzt werden.

Derartige Modernisierung ist mit vielen Hürden verbunden, nicht jede Stadt hat eine finanzielle Möglichkeit, um das zu realisieren. Hat eine Stadt genug Mittel, ist aufgrund der enormen Ersparnisse eine Finanzierung aus dem Vermögenshaushalt anzuraten. Eine mögliche Beitragspflicht der Anlieger aufgrund der Straßenausbaubeitragssatzung nach dem Kommunalabgabengesetz ist nicht ausgeschlossen. Wenn die Mittel nicht vorhanden sind, sollte zum Beispiel über eine Finanzierung durch die KfW- Bankengruppe die Modernisierungsmaßnahmen in Frage kommen.



Bild 21 Beispiel für ein Laufzeitmodell der Finanzierung durch den Vermögenshaushalt

KfW- Investitionskredit Kommunen Premium (Stand 04/2013)

Mit dem Programm „KfW-Investitionskredit Kommunen Premium“ leistet die KfW einen enormen Beitrag für die Klimaschutzziele. Für die energieeffiziente Straßenbeleuchtung werden attraktive Finanzierungen gewährt.

Laut KfW- Bank können vom Sachverständigen empfohlene energetische Maßnahmen von Straßenbeleuchtungsanlagen, wie zum Beispiel:

- Maßnahmen, die technische Mindestanforderungen der energetischen Standards zu maximaler Energieverbrauch oder energetische Mindesteinsparung beitragen.
- Installation neuer bzw. Austausch alter Leuchten durch neue Leuchten mit hocheffizienter lichtlenkender Optik und effizienten Leuchtmitteln,
- Neuinstallation oder Ersatz von Vorschalt- und anderen Betriebsgeräten,

- Errichtung und Erneuerung von Lichtmasten in Verbindung mit der Installation (hoch-)effizienter Leuchten,
- Installation einer Lichtsteuerung oder eines Telemanagementsystems zur bedarfsgerechten Anpassung des Beleuchtungsniveaus,
- Komponenten zur sensorgesteuerten bedarfsgerechten Anpassung des Beleuchtungsniveaus.

Kreditbetrag

Die Investition kann pro Leuchtpunkt bis zu 100 % gefördert werden. Die Förderbeträge sehen folgendermaßen aus: Leuchte: 1.500 Euro, Mast: 400 Euro, Steuerungskomponenten pro Leuchtpunkt: 500 Euro.

Die Kreditlaufzeit kann bis zu 10 Jahre, davon 2 Jahre tilgungsfrei, gewährt werden. Der Zinssatz für den Zeitraum von 10 Jahren ist festgeschrieben. Nähere Infos auf www.kfw.de.

Finanzierungswerkzeug Contracting

Contracting ist eine vereinbarte Dienstleistung, z. B. zwischen der Stadt (Contracting- Nehmer) und einem Dienstleister (Contractor), die vertraglich festgehalten wird. Ein Contractor übernimmt, je nach vereinbartem Vertragsumfang, die Aufgaben, Verantwortung sowie das Risiko für die Modernisierung der Straßenbeleuchtung. Diese können von der Planung und Bauausführung über Finanzierung bis hin zur Stromversorgung, sowie Betrieb der Straßenbeleuchtung sein. Ein privatwirtschaftlicher Contractor übernimmt, je nach Vertragsumfang, Aufgaben, die von den Energieersparnissen finanziert werden.

Contracting kann dann wirtschaftliche Vorteile haben, wenn

- Modernisierungsmaßnahmen nicht aus eigener Kraft finanziert werden können,
- der Contractor durch seine Erfahrung einen Vertragsumfang mit günstigerer Finanzierung anbietet, als wenn Contracting- Nehmer alles selber realisieren würde.

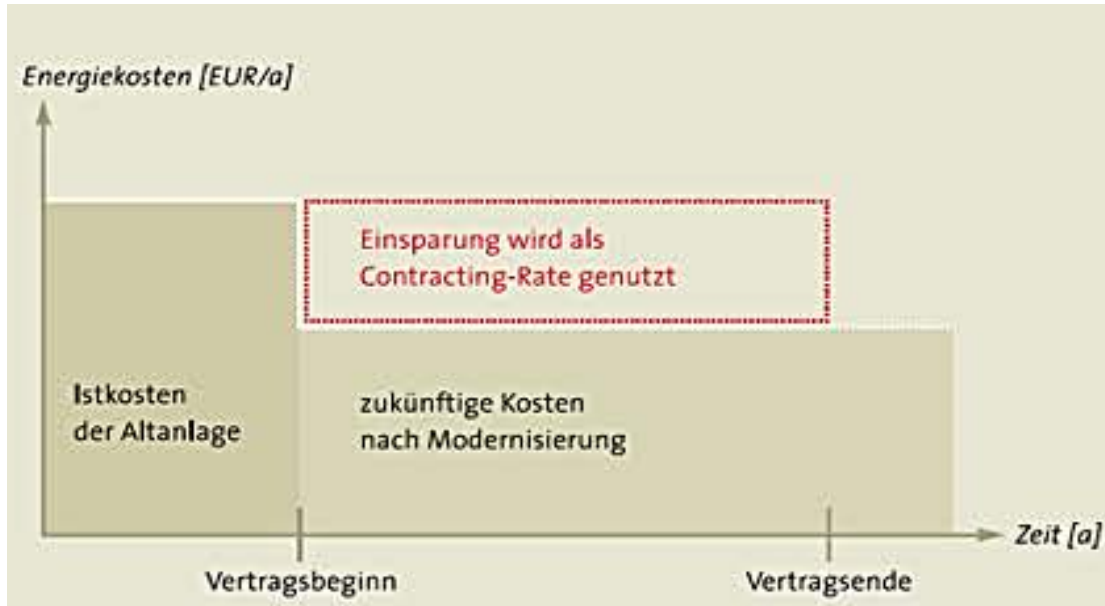


Bild 22 Beispiel für ein Laufzeitmodell für Einspar-Contracting

Als Vorteil zu betrachten ist, wenn der Contractor für die Beleuchtungstechnik niedrigere Preise bezieht und aufgrund seines Know-hows effizientere und intelligentere technische Lösungen anbieten kann.

Die Wirtschaftlichkeit des Contractings hängt von dem Zinssatz für das eingesetzte Kapital ab, welches für die Modernisierungsmaßnahme benötigt wird. Für die Modernisierungsmaßnahmen der Straßenbeleuchtung sollten möglichst hoch angesetzt werden, um den überschaubaren Refinanzierungszeitraum zu schaffen (laut DENA circa 6 bis 12 Jahre).

Contracting ist eine gute Lösung, aber nicht für jeden Fall das Richtige. Geeignet ist es vor allem dann, wenn nicht ausreichend Eigenmittel für Investitionen zur Verfügung stehen. Dann ist es sinnvoll einen erfahrenen Contractor mit seine Know-how und seinen Ressourcen in Anspruch zu nehmen.

Die jährlichen Energiekosten der einzelnen Beleuchtungsanlagen sollten mindestens 25.000 Euro betragen, beziehungsweise die gesamte Straßenbeleuchtung von einer Kommune soll 150.000 Euro pro Jahr betragen (Quelle: dena/Beleuchtungs Contracting.de).

Es besteht die Möglichkeit für ein Contracting Projekt durch einen Zusammenschluss mehrere Kommunen. Contracting-Projekte bieten sich insbesondere dann an, wenn bereits Handlungsbedarf besteht, das heißt Anlagen ohnehin saniert oder ausgetauscht werden sollen.

In der DIN 8930, Teil 5 werden die Contracting- Begriffe definiert. Hier finden sich Erläuterungen beispielsweise zu Leistungskomponenten, Art der Vergütung und Anwendungsbereichen.

	Eigenfinanzierung aus Vermögenshaushalt	Contracting
Vorteile	• Verantwortung für die Beleuchtung bleibt in eigener Hand • Zugang zu zinsgünstigen Krediten • Know-how bleibt der Kommune erhalten	• Contractor hat Erfahrung mit der Planung und dem Finanzierungsrisiko • Entlastung des Vermögenshaushalts • Modernisierung auch möglich, wenn eine Kommune sie nicht selbst finanzieren kann • Kommunalverwaltung wird von Aufgaben entlastet • Modernisierungsmaßnahmen müssen nicht auf die Anlieger bestimmter Straßenzüge umgelegt werden
Nachteile	• Vermögenshaushalt wird belastet • eventuell externe Beleuchtungsplaner müssen zusätzlich eingebunden und finanziert werden • mögliche Beitragspflicht der Anlieger aufgrund der Straßenausbaubeitragssatzung nach dem Kommunalabgabengesetz	• Verpflichtungen des Contractors müssen vertraglich fixiert und überwacht werden

Bild 23 zeigt Vor- und Nachteile für Contracting und Selbstfinanzierung

Beispiel Stadtgebiet Friedberg

Beleuchtungssituation

Die Straßenbeleuchtung in Friedberg umfasst 3.844 Lichtstellen mit 24 Lampen und 75 unterschiedlichen Leuchtentypen. Komplette Finanzierung von Leuchten über Stromeinsparungen ist nicht möglich. Restwert der bestehenden Leuchte wurde berücksichtigt. Die Ziele für die Klimaentlastung und die Steigerung der Energieeffizienz stehen an vorderster Stelle. Nach umfangreichen Modellrechnungen wurde das durchschnittliche Lebensalter der Leuchten ermittelt, mit dem Ergebnis, dass der Wartungsaufwand und die Fehlerauffälligkeit nach 33 Jahren stark zunahm. Es wurde beschlossen, dass Leuchten nach 33 Jahren zu erneuern sind.

Finanzierungsmöglichkeiten

Drei Varianten der Finanzierung standen im Raum: Haushalt, Contractinglösungen und Mischformen von Haushalt und Contracting. Für Friedberg erwies sich eine Kombination der Finanzierungsansätze als interessanteste Lösung: Aus den Mitteln des Vermögenshaushalts werden die Leuchterenerneuerungen finanziert. Anhand der Contractinglösung soll Lampenaustausch finanziert werden.

Modernisierungsplan

Die erste Stufe sieht folgende Maßnahmen vor: Zunächst wurden 210 Leuchten über 33 Jahre alt, einschließlich der Lampen erneuert. Außerdem wurden weitere 2.150 Lampen, darunter 1.900 Quecksilberdampflampen mit geringer Energieeffizienz ausgetauscht.

Die zweite Stufe sieht in den nächsten Jahren eine Erneuerung von weiteren 375 Leuchten, die älter als 33 Jahre Alt sind, vor.

Der Stadtrat hat eine Summe von 200.000 Euro für die erste Stufe genehmigt. Die Refinanzierung erfolgt durch die eingesparten Energiekosten. Während der Projektbearbeitung wurde mit den Modernisierungsarbeiten begonnen um schneller ans Ziel zu kommen.

Ergebnis der Maßnahme

Das Ergebnis dieser Maßnahme führte zu jährlichen Einsparungen 560.000 kWh Strom und 320.000 kg CO₂ Ausstoß. Über diesen Internetlink sind weitere Informationen über diese Beispiel zu finden:

<http://www.ipp-bayern.de/content/content2.php?CatID=39&NewsID=262&lang=de>

4 Wohnungen

4.1 Nachhaltigkeit in der Quartierssanierung

Bei der Quartiersbetrachtung ist die Steigerung der Lebensqualität ein großes Thema und um dies zu erreichen wird Nachhaltig gebaut. Durch Nachhaltiges Bauen werden Energiekosten gesenkt und bezahlbarer Wohnraum geschaffen. Bei der Quartiersplanung wird versucht die Bürgerinnen und Bürger in die Planung mit einzubeziehen, um die Gestaltung möglichst transparent zu gestalten. Die Projekte an denen Bürgerinnen und Bürger beteiligt sind, laufen erfolgreicher als andere Projekte, da die Einwohner z.B. durch Infoabende mit einbezogen sind und dabei Ideen zur Neugestaltung liefern können. Dies führt zu einem besseren Verständnis und besserer Kooperation zwischen Stadt und Bürger. Viele Städte haben sich dies zum Ziele gesetzt und erfolgreich angewendet. Frankfurt am Main z.B. legt sehr viel Wert auf dieses Thema und hat dies erfolgreich an dem Quartier der Heinrich-Lübcke Siedlung durchgeführt. Andere Städte wie Hamburg, Köln und München Folgen diesem Beispiel.

Rücksicht auf Altm Mieter

Jede Sanierung erfordert eine ausreichende Planung, welche gemeinsam mit den Mietern des Hauses erfolgen kann. An einem Beispiel in der Stadt Frankfurt, der Heinrich Lübcke Siedlung, konnten die Mieter aktiv an der Gestaltung teilnehmen und die Innenhöfe mitgestalten.



Bild 24 Bauphase der Heinrich-Lübcke-Siedlung

Einige Monate vor Baubeginn wurden die Mieter über die Sanierung des Hauses informiert. Dies erfolgte durch Zeitungen und Infozettel.

Nach einiger Zeit gab es eine Mieterversammlungen bei den Ideen und Anregungen für die geplante Sanierung der Mehrfamilienhäuser gesammelt wurden. Im späteren Verlauf stellte man einen Info-Container auf, bei dem die Einwohner die Chance hatten sich über Fortschritte und bevorstehende Arbeiten im eigenen Quartier zu erkundigen.

Während der Bauphase lebten die Mieter weiter in ihren Wohnungen und bekamen eine Mietminderung von 20% auf die Bruttomiete eingeräumt. Durch die aktive Mitgestaltung

waren die Mieter sehr tolerant gegenüber den anfallenden Bauarbeiten. Während die eigenen Wohnungen saniert wurden lebten die Mieter weiter in ihren Wohnungen und hatten längere Zeit kein Badezimmer zur Verfügung. Als Sanitäranlagen, wurden Waschcontainer aufgestellt, in denen die Einwohner Duschen und sich Waschen konnten. All diese Strapazen nahmen die Mieter in Kauf. Am Ende der Sanierung waren die Wohnungen energetisch auf den neusten Stand gebracht und die Mieten der Wohnungen stiegen nur minimal an. Der Anstieg belief sich auf 80 Cent pro Quadratmeter der Bruttomiete, aber die Heizkosten sanken um 70 Cent pro Quadratmeter.



Bild 25 Mehrfamilienhaus der Heinrich-Lübcke-Siedlung nach der Sanierung

Bei der Gestaltung der Grünflächen sind viele Ideen entstanden. Eine Idee war es Mietergärten zu schaffen. Die Mieter im Erdgeschoss haben dadurch die Möglichkeit einen kleinen Gartenteil zu mieten der über den Balkon und eine kleine Treppe zu erreichen ist. Diese Grünfläche wird dann durch den Mieter selbst gepflegt und gestaltet. Dadurch gewinnen beide Seiten. Der Mieter erwirbt durch die Grünfläche ein Stück Lebensqualität und der Vermieter spart sich die Kosten für die Außenpflege.

5 Modernisierung bewohnter Gebäude im Bestand

5.1 Modellgebäude Einfamilienhaus

Im Rahmen der Projektwochen war es nicht möglich, die Energieverbräuche der gesamten Wohngebäude zu erfassen, daher wurden Mustergebäude für die Energetische Betrachtung herangezogen. Ein Teil der Projektarbeit bestand darin, ein Mehrfamilienhaus und ein Einfamilienhaus ohne und mit Denkmalschutz zu analysieren und Schwachstellen aufzuzeigen. Mit einer Objektbesichtigung eines EFH und den Verbrauchsdaten/Plänen eines MFH war es möglich, den Großteil der benötigten Daten zu erfassen und mit der Energieberatersoftware Hottgenroth 18599 3D Plus auszuwerten. Auf die Objekte, Ergebnisse und Verbesserungsvorschläge wird in den folgenden Abschnitten separat eingegangen.

Das Einfamilienhaus

Das Einfamilienhaus wurde 1925 in massiver Bauweise errichtet und steht heute unter Denkmalschutz. Die Grundfläche beträgt 118 m² und erstreckt sich auf zwei Geschosse. Das Gebäude wird als eine Wohneinheit verwendet. In dem Zeitraum von 1925 bis heute, wurden schon diverse Veränderungen vorgenommen. Dazu gehört die Umstellung von Ölheizung auf Fernwärme und die Montage der Fenster mit zweifacher Wärmeschutzverglasung. Aufgrund des Denkmalschutzes wurden Varianten für dieses Gebäude angelegt, bei denen die Ansicht und das historische Inventar wie z.B. Türen, Stuck oder Verzierungen berücksichtigt werden.

Denkmalschutz

„Genehmigungspflichtig sind alle die Maßnahmen, die auf das Erscheinungsbild, die schützenswerten Bestandteile und die Substanz des Hauses einwirken. Abriss und neuer Anbau, neuer Putz und Neuanstrich, Fenstererneuerung und Dacheindeckung, neues Schaufenster und Werbeanlage: dies sind Arbeiten, die für ein Denkmal wesentlich sein können, sie sind genehmigungsbedürftig. Auch statische Eingriffe wie Dachgeschossausbau und Fachwerkreparatur müssen den Denkmalbehörden gemeldet werden. Im Inneren kommt es darauf an, ob die Räume selbst oder ihre Ausstattung wie Türen, Vertäfelungen usw. von Denkmalwert sind. Schöner Stuck oder alte Raumausmalungen bedürfen z.B. denkmalpflegerischer Begutachtung. Liegen solche schützenswerten Innendekorationen nicht vor, ist der Eigentümer in der Verschönerung seines Heimes selbstverständlich völlig frei

Kerndämmung

Diese Art von Dämmung wird häufig verwendet, um Altbauten energetisch zu verbessern. Kerndämmung ist ein Dämmverfahren, welches bei folgenden Zuständen angewendet werden kann dazu gehören zum Beispiel zweischaliges Mauerwerk, Dachschrägen, oberste Geschossdecken und Holzrahmenbau. Einblasdämmstoffe können aus organischen, mineralischen und synthetische Inhaltstoffe bestehen. Einer der meist genutzten Materialien ist Altpapier genannt. Die Einfüllung der Kerndämmung erfolgt überwiegend durch ein Einblasverfahren. Durch kleine Bohrungen, zum Beispiel in der Außenfassade, wird mit einer Einblasmaschine der Dämmstoff in das vorhandene Bauteil eingeblasen. Mit dem Einblasverfahren werden die Dämmflocken gleichmäßig verteilt. Nach der Einfüllung unbedingt mit der Wärmebildkamera eine Kontrolle durchgeführt werden.



Bild 26 Verbesserung durch einfüllen der Kerndämmung

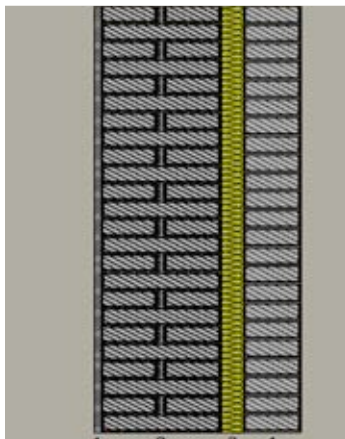


Bild 27 Wandaufbau mit Kerndämmung

U-Wert = 0,67 W/m²K

Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen

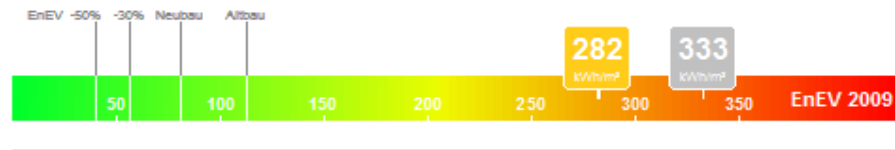
- | Schicht | Schichtdicke (cm) | Wärmeleitfähigkeit λ (W/mK) |
|--|-------------------|-----------------------------|
| 1 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalcanhydrit | 1,50 | 0,700 |
| 2 Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel (2000 kg/m³) | 24,00 | 0,960 |
| 3 Naturbims+Bläherlitt (WLG 050 - Brl. Z-23.11-1194 98) | 4,50 | 0,050 |
| 4 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramiklinker, NM/DM (1800kg/m³) | 11,50 | 0,810 |

Gesamtdicke: 41,50 cm

Anhand der EnEV 2009 Anlage 3, Nr.1, Satz 2, muss beachtet werden, dass der Wärmedurchgangskoeffizient 0,040 W/m²K nicht überschreitet.

Gesamtbewertung

Primärenergiebedarf
282 kWh/m²a (vorher 333)



Gebäudehülle

Heizwärmebedarf
148 kWh/m²a (vorher 188)



Anlagentechnik

Anlagenverluste *
121 kWh/m²a (vorher 133)



Umweltwirkung

CO₂-Emission
76 kg/m²a (vorher 90)



Bild 28 Verbesserung durch einfüllen der Kerndämmung

Fernwärme

Typische Modernisierung einer alten Ölheizung, ist in Flensburg der Anschluss an die Fernwärme, welche 2011 erfolgte. Die Warmwasseraufbereitung wurde in diesem Zuge nicht erneuert. Sie erfolgt durch dezentrale elektrisch betriebene Durchlauferhitzer und Warmwasserspeicher. Aus diesem Grund wird die Warmwasseraufbereitung in einer Verbesserungsvariante verwendet. Die Verbesserung erfolgt durch den Anschluss eines 400l Speichers an die Fernwärmestation und Neuverlegung einer Warmwasser,- und Zirkulationsleitung. Nachträglich besteht eventuell auch im Denkmalschutz die Möglichkeit, eine Solaranlage nachzurüsten. Diese Variante spart nicht unbedingt Kosten ein, erhöht aber den Komfort und Lebensstandard und senkt die CO₂-Emissionen.



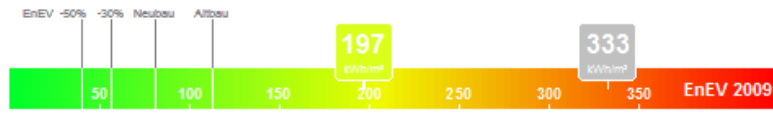
Bild 29 Fernwärmestation Einfamilienhaus



Bild 30 Dusche mit eingebautem Durchlauferhitzer

Gesamtbewertung

Primärenergiebedarf
197 kWh/m²a (vorher 333)



Gebäudehülle

Heizwärmebedarf
188 kWh/m²a (vorher 188)



Anlagentechnik

Anlagenverluste *
-3 kWh/m²a (vorher 133)



Umweltwirkung

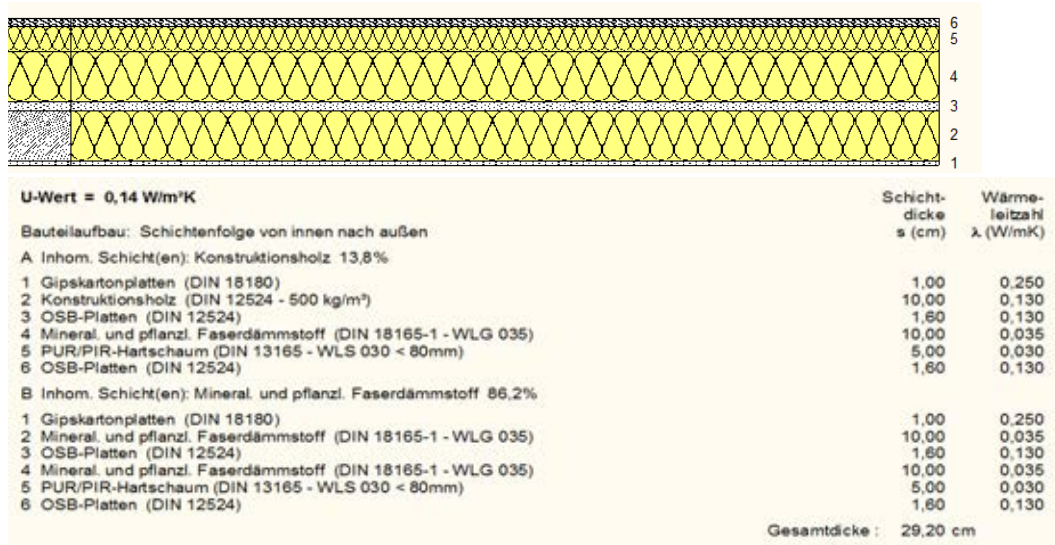
CO₂-Emission
61 kg/m²a (vorher 90)



Bild 31 Verbesserungen der Anlagentechnik durch den Anschluss der Fernwärme mit Warmwasseraufbereitung

Dämmung oberste Geschossdecke

Die EnEV 2009 (Energieeinsparverordnung) schreibt vor, dass Gebäude mit nicht ausgebautem, aber begehbarem Dachboden gedämmt werden müssen (§10, Absatz 4). Die Dämmung der Geschossdecke verhindert den Wärmeverlust der darunter liegenden beheizten Räume. Bei einer Holzbalkendecke, werden die Gefache von dem Sparren zum Beispiel mit Mineralwolle ausgelegt. Bei begehbarem Dachgeschoss muss der vorhandene Boden aufgenommen werden und mit Glaswolle oder Mineralwolle ausgelegt werden. Zum Begehen der Geschossdecke wird der Boden wieder neu verlegt und befestigt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den alten Boden nicht aufzunehmen, sondern eine zusätzliche Schicht Dämmstoff zum Beispiel Polyurethan mit Deckschicht aus Holzwerkstoffen aufzubringen. Das Polyurethan ist ein fester Dämmstoff mit schlechter Wärmeleitfähigkeit, durch die Deckschicht mit Holzwerkstoff ist der Boden stabil und begehbar.



Gesamtbewertung

Primärenergiebedarf
323 kWh/m²a (vorher 333)

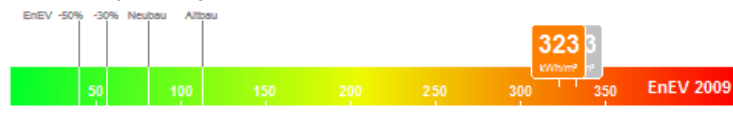


Bild 21 (oben) Schichtaufbau
Modernisierung oberste Geschossdecke

Gebäudehülle

Heizwärmebedarf
180 kWh/m²a (vorher 188)



Bild 33 (mitte)
Verbesserung nach Ausbau oberste
Geschossdecke

Anlagentechnik

Anlagenverluste *
130 kWh/m²a (vorher 133)



Bild 34 (unten)
Tabelle zeigt die Anpassung der Werte
nach der Modernisierung

Umweltwirkung

CO₂-Emission
87 kg/m²a (vorher 90)



	Ist- Zustand	Variante 1 Fernwärme	Variante 2 Ober,Kern, Fern
Primärenergiebedarf	323,9 kWh/m²	196,9 kWh/m²	161,8 kWh/m²
Einsparung gegenüber Ist- Zustand	—	40,8%	51,4%
Endenergiebedarf	277,6 kWh/m²	272 kWh/m²	187,3 kWh/m²
Einsparung gegenüber Ist- Zustand	—	2%	32,5%
CO ₂ - Emissionen	89,9 kg/m²	61 kg/m²	47,7 kg/ m²
Einsparung gegenüber Ist- Zustand	—	32,2%	46,9%

Einfamilienhaus ohne Denkmalschutz

Bei dieser Variante werden Verbesserungsvorschläge von der Vorvariante übernommen und neue Verbesserungsvorschläge hinzugefügt. Dazu gehört z.B. der Austausch sämtlicher Fenster und Sanierung der Kellerdecke in Bezug auf die Gefache zwischen dem Konstruktionsholz. Die Kerndämmung der Wand und die Dämmung der oberen Geschossdecke sowohl auch Fernwärme wird von der Vorvariante mit Berücksichtigung des Denkmalschutzes beibehalten.

Kellerdecke

Die Variante zum Dämmen des Fußbodens ist eine Möglichkeit um Wärmeverluste gegen unbeheizte Räume zu vermeiden. Die Fußbodendielen müssen teilweise aufgenommen werden, um die Gefache zwischen den Dielen und der Kappendecke freizulegen. Sind die Dielen aufgenommen, ist es möglich, in den Zwischenraum eine Perlite Schüttung einzufüllen. Die Dielen können nach einschütten der Perlite wieder normal verlegt werden.



Bild 35 Aufbau einer Kappendecke

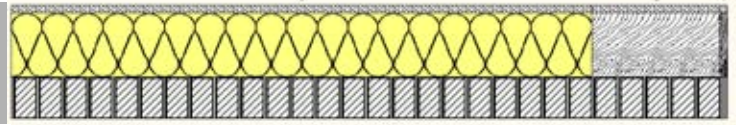


Bild 36 Sanierungsvariante der Kappendecke

U-Wert = 0,32 W/m²K

Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen

A Inhom. Schicht(en): Stahl / Konstruktionsholz 1,1%

- 1 Stahl (DIN 12524)
- 2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)
- 3 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)

B Inhom. Schicht(en): ruhende Luftschicht / Konstruktionsholz 17,8%

- 1 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke
- 2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)
- 3 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)

C Inhom. Schicht(en): ruhende Luftschicht / Naturbims+Bläherlit als Schüttung 81,1%

- 1 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke
- 2 Naturbims+Bläherlit als Schüttung (WLG 060 - Brl. Z-23.11-1194 98)
- 3 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)

Schicht- dicke s (cm)	Wärme- leitzahl λ (W/mK)
11,50	50,000
18,00	0,130
2,20	0,130

Gesamtdicke: 31,70 cm

Bild 37 Schichtaufbau der Kellerdecke



Bild 38/ 39 Befüllen eines Gefaches

Fenster

Die alten Fenster, wurden in dieser Verbesserungsvariante durch 2 -fach Wärmeschutz verglaste Fenster ersetzt. In den nachfolgenden Grafiken soll gezeigt werden, wie die Fenster im Schnitt aussehen und die Funktion der Wärmeschutzverglasung.

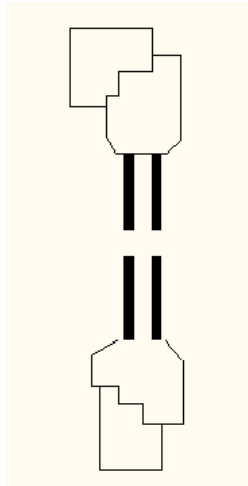


Bild 40 Schnittansicht Fenster

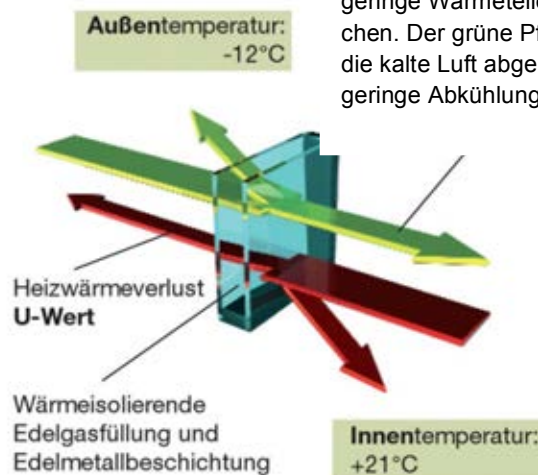


Bild 41 Darstellung Wärmeschutzverglasung

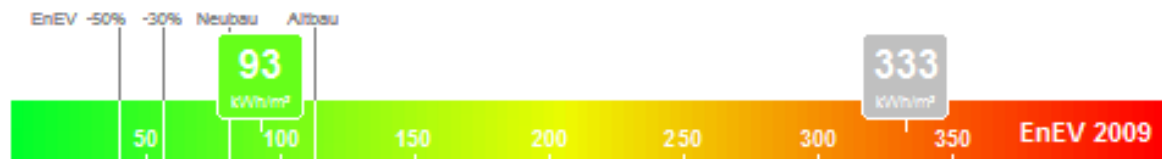
Der rote Pfeil in der Grafik zeigt, wie die Wärme im Winter durch die Wärmeisolierverglasung im Raum gehalten wird und nur geringe Wärmeteile nach außen abweichen. Der grüne Pfeil zeigt wiederum, dass die kalte Luft abgehalten wird und nur eine geringe Abkühlung erfolgt.

Komplettsanierung

Bei der nachfolgenden Skala aus Hottgenroth wird aufgezeigt, wie die Verbesserung ausfällt, wenn das Gebäude nicht unter Denkmalschutz verändert wird. In die Skala fließen ein: Kerndämmung, Austausch der Fenster, obere Geschossdecke, Kellerdecke und Anlagentechnik mit Warmwasserversorgung und Solaranlage.

Gesamtbewertung

Primärenergiebedarf
93 kWh/m²a (vorher 333)



Gebäudehülle

Heizwärmebedarf
100 kWh/m²a (vorher 188)



Anlagentechnik

Anlagenverluste *
-20 kWh/m²a (vorher 133)



Umweltwirkung

CO₂-Emission
28 kg/m²a (vorher 90)



Bild 43 Übersicht des Primärenergiebedarfs bei einer nicht denkmalgeschützten Variante. Der Energiebedarf bezieht sich auf Kilowattstunden pro Quadratmeter im Jahr

Gebäudehülle: Die Gebäudehülle erzielt in dieser Grafik nicht so eine enorme Verbesserung, da auch in dieser Variante mit Kerndämmung gearbeitet wurde. Die Einfüllung der Perlite ist im Aufwand betrachtet geringer und Kostengünstiger, als die Auftragung eines Wärmeverbundsystems und die Veränderung der Ansicht.

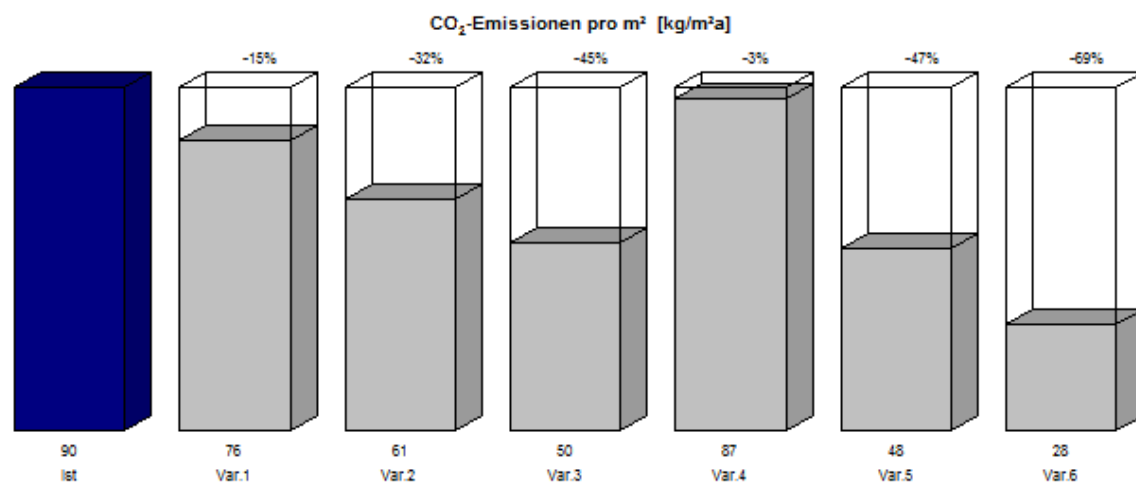
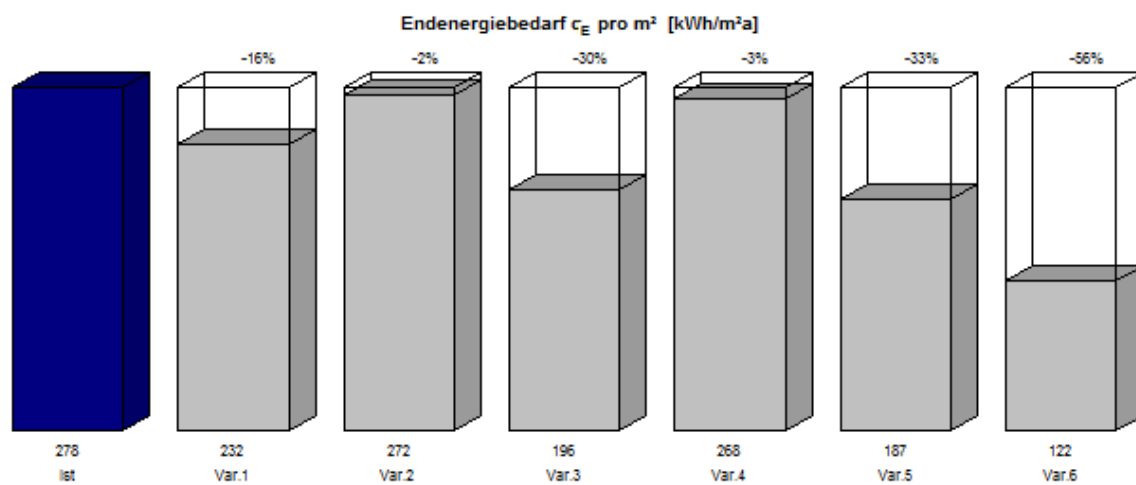
Bei Einbringung der Kerndämmung gelten andere Bestimmungen. Das heißt, wenn der Hohlraum zwischen den Mauerschichten ausgefüllt ist, wird anhand der EnEV 2009 Anlage 3, Nr.1, Satz 2 der U-Wert erfüllt.

Anlagentechnik: Die Anlagentechnik zeigt in der Gesamtgrafik eine enorme Verbesserung. Das kommt daher, dass in der Verbesserungsvariante nicht nur die Warmwassererzeugung berücksichtigt wurde, sondern zur Unterstützung der Warmwasserbereitung noch eine Solaranlage eingeplant wurde.

Varianten im Vergleich

Die nachfolgenden Grafiken zeigen den Unterschied vom Ist-Zustand zu den angelegten Varianten die mit Hottgenroth ausgearbeitet wurden.

- Variante 1: Kerndämmung
- Variante 2: Fernwärme
- Variante 3: Fernwärme mit Kerndämmung
- Variante 4: Oberste Geschossdecke
- Variante 5: Oberste Geschossdecke, Fernwärme und Kerndämmung
- Variante 6: Komplett Sanierung ohne Denkmalschutz



5.2 Mustergebäude Mehrfamilienhaus



Bild 44 Referenzgebäude auf der Rude

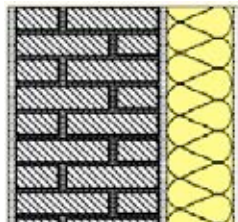
Im Rahmen der Projektwoche bestand die Aufgabe darin, ein typisches Mehrfamilienhaus auf der Rude zu analysieren, um eventuell Schwachstellen und Modernisierungsmaßnahmen aufzuweisen. Der FAB (Flensburger Arbeiter Bauverein) hat uns Unterlagen und Pläne für ein solches typisches Gebäude auf der Rude zur Verfügung gestellt, um anhand der Daten ein Musterge-

bäude im Computer zu erstellen. Das Gebäude ist im Jahr 1954 erbaut und umfasst vier Geschosse mit 24 Wohneinheiten. Die Zusammensetzung der einzelnen Bauteile, wurde anhand der Schleswig-Holstein-Typologie 2011 erfasst. Durch diese Typologie war es möglich, verschiedene Modernisierungsmaßnahmen aufzuzeigen. Hinzu kommt, dass aufgezeigt wird, welches Einsparpotential mit den Verbesserungsvarianten möglich ist.

Modernisierung Außenwand

Bei der Verbesserungsvariante wurde ein Wärmedämm-Verbundsystem angenommen, welches mit einer Aufbaustärke von 16 cm auf die Außenwand aufgetragen wird. Dies ist eine typische Modernisierungsvariante, dadurch ändert sich der U-Wert des Bauteils und die Wärmeverluste reduzieren sich um 74%.

Der Wandaufbau ist dann wie folgt aufgebaut.



Bauteilaufbau (innen → außen)	Schichtdicke	Wärmeleitzahl
Putzmörtel aus Kalkgips	1,5 cm	0,7 (W/mK)
Hüttenstein-Mauerwerk	34 cm	0,58 (W/mK)
Putzmörtel aus Kalk	1,5 cm	1,0 (W/mK)
Mineral Faserdämmstoff	15,5 cm	0,035 (W/mK)
Kunstharzputz	0,5 cm	0,06 (W/mK)
		Gesamtdicke: 53 cm

Bild 45 Schichtaufbau modernisierte Außenwand



Bild 46 Verbesserung durch anbringen des Wärmeverbundsystems

Baubeschreibung Wärmeverbundsystem

Das Wärmeverbundsystem wird auf das vorhandene Mauerwerk aufgebracht und mit Dübeln oder Mörtel befestigt. Je nach System besteht die Zusammensetzung aus einer Mineralfaser/Holzfaser oder Polystyrol-Dämmung. Nach der Systembefestigung wird auf die Dämmschicht ein Armierungsmörtel aufgetragen, in dem ein Gewebe eingebettet wird. Das Gewebe soll Dehnungsspannungen aufnehmen und die Grundlage für den Außenputz bilden. Bei verklickerten Gebäuden würde sich das Erscheinungsbild des Objekts ändern. Es gibt verschiedene Varianten, um dem Erscheinungsbild treu zu bleiben z.B. ein Riemchen-Verblend-Klinker auf der neuen Dämmung. Da sich der Wandaufbau ändert, ist es wichtig darauf zu achten, dass sich der Taupunkt nicht in die Wand verlegt und so einen Schaden an der Bausubstanz verursachen könnte. Eine weitere Möglichkeit wäre es, die Wand mit einer Innendämmung zu versehen, um diese energetisch zu verbessern. Es hätte jedoch den Nachteil, dass sich je nach Stärke und Schutz der Dämmung die Verluste der Wohnfläche verringern würden.

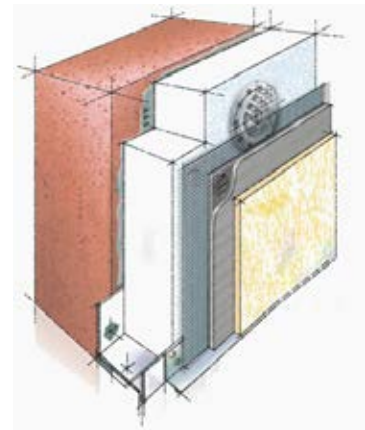
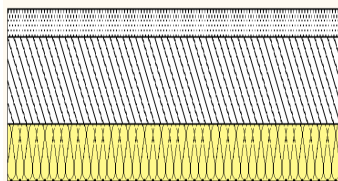


Bild 47 Aufbau Wärmedämmverbundsystem

Modernisierung Kellerdecke

Die Kellerdecke bietet auch ein Potential zur energetischen Verbesserung, die mit einfachen Mitteln und geringem Umfang verrichtet werden kann. Es kann unter die Decke eine 10cm starke Polystyrol-Schicht mit einer Klebtechnik oder Dübeltechnik angebracht werden, welche die Verluste über dem Keller um ca. 60% reduziert. Im Kellergeschoss sollte darauf geachtet werden, dass die Wahl des Dämmstoffes auf die Räumlichkeiten angepasst wird. In manchen Fällen sollte man eine Schutzschicht für die Dämmung einplanen, um dort Verletzung durch unsachgemäße Behandlungen zu vermeiden.



Bauteilaufbau (innen → außen)	Schichtdicke	Wärmeleitzahl
Zement-Estrich	5 cm	1,4 (W/mK)
Hüttenstein-Mauerwerk	15 cm	1,35 (W/mK)
Putzmörtel aus Kalk	10 cm	0,035 (W/mK)
Gesamtdicke: 30 cm		

Bild 48 Schichtaufbau der modernisierten Kellerdecke

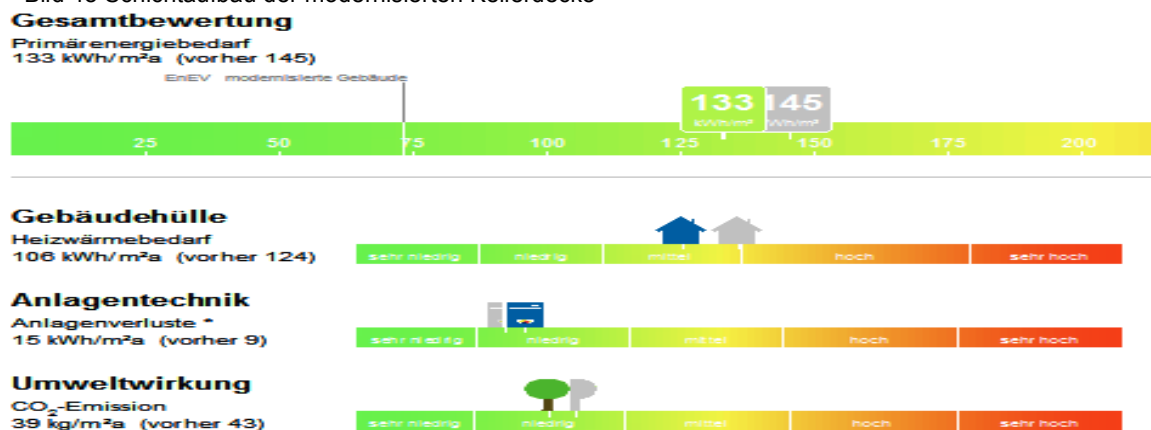
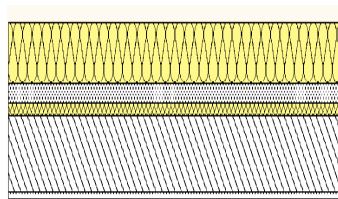


Bild 49 Verbesserung durch anbringen der Dämmung wird in der Skala angezeigt

Modernisierung Oberste Geschossdecke

Die oberste Geschossdecke kann wie die Kellerdecke mit geringem Aufwand energetisch verbessert werden, um so die Verluste um ca. 62% verringern. Dies wird erreicht, wenn auf die Geschossdecke eine Dämmung von 10 cm ausgelegt wird. Bei dieser Dämmvariante ist zu beachten, dass der Dachboden begehbar bleiben soll oder nicht. Im Fall, dass der Dachboden begehbar bleiben soll, könnte mit einem Einblasverfahren der Zwischenraum ausgefüllt werden, sofern einer vorhanden ist. Bei Nicht-Begehbarkeit des Dachbodens könnte einfach ein Mineralfaserdämmstoff ausgelegt werden.

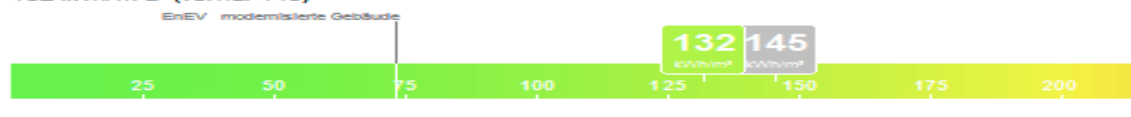


Bauteilaufbau (innen → außen)	Schichtdicke	Wärmeleitzahl
Putzmörtel aus Kalkgips	1,5 cm	0,7 (W/mK)
Beton mittlere Rohdichte	15 cm	1,15 (W/mK)
Dämmstoff	2,5 cm	0,045 (W/mK)
Mineral Faserdämmstoff	4 cm	1,4 (W/mK)
Kunstharputz	12 cm	0,035 (W/mK)
Gesamtdicke: 35 cm		

Bild 50 Schichtaufbau der Obersten Geschossdecke

Gesamtbewertung

Primärenergiebedarf
132 kWh/m²a (vorher 145)



Gebäudehülle

Heizwärmebedarf
104 kWh/m²a (vorher 124)



Anlagentechnik

Anlagenverluste *
15 kWh/m²a (vorher 9)



Umweltwirkung

CO₂-Emission
38 kg/m²a (vorher 43)



Bild 51 Durch dämmen der oberen Geschossdecke wird in dieser Skala der Verbesserungswert angezeigt

Modernisierung der Fenster

Im Modellgebäude sind Holzrahmenfenster mit einer Einfach-Verglasung. In der Variante der Fenster-Modernisierung ist es möglich, die Wärmeverluste durch die Fenster um ca. 37% zu reduzieren. Dazu sollten die Fenster austauscht werden und gegen Kunststoffrahmen mit 4 Kammern und einer 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ersetzt werden. Je nach Investitionsvolumen können die Verluste, bis zu 50% reduziert werden. Das wird erreicht, wenn die Fensterelemente gegen 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung austauscht werden. Aber hier muss berücksichtigt werden, dass neue Fenster die Dichtigkeit des Gebäudes verändern, und ein Lüftungskonzept benötigt werden würde.



Bild 52 Holzrahmenfenster

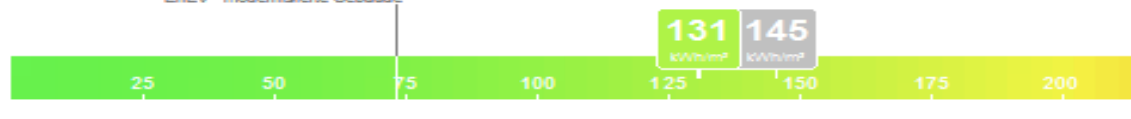


Bild 53 Fenster mit 2-facher Verglasung

Gesamtbewertung

Primärenergiebedarf
131 kWh/m²a (vorher 145)

EnEV modernisierte Gebäude



Gebäudehülle

Heizwärmebedarf
102 kWh/m²a (vorher 124)



Anlagentechnik

Anlagenverluste *
16 kWh/m²a (vorher 9)



Umweltwirkung

CO₂-Emission
38 kg/m²a (vorher 43)



Bild 54 Die Verbesserung durch Erneuerung der Fenster, wird in der Skala angezeigt

Modernisierung der Anlagentechnik

Das Modellgebäude, wie die meisten anderen Objekte im Stadtteil Rude, wird durch Fernwärme der Stadtwerke Flensburg versorgt. Die Warmwasserversorgung ist dezentral über Elektro-Durchlauferhitzer in den Bädern und in den Küchen durch elektrische Kleinspeicher geregelt. Hier kann eine zentrale Warmwasser-Versorgung eingerichtet werden, was dazu führt, dass der Energieverbrauch vom Energiebedarf um ca. 60% gesenkt werden würde. Wenn diese Maßnahme vorgenommen wird muss die Übergabe-Station für die Fernheizung auch modernisiert werden. Eine angemessene Dämmung der Verteilungsleitung sollte vorgenommen werden. Der hydraulische Abgleich der Heizungsanlage darf auch nicht unbeachtet bleiben, da die beiden Maßnahmen zu weiterem Energieeinsparpotenzial führen. Eine solare Warmwasser-Unterstützung ist möglich, aber hier würde sich das Einsparpotenzial nur um 6% verbessern.

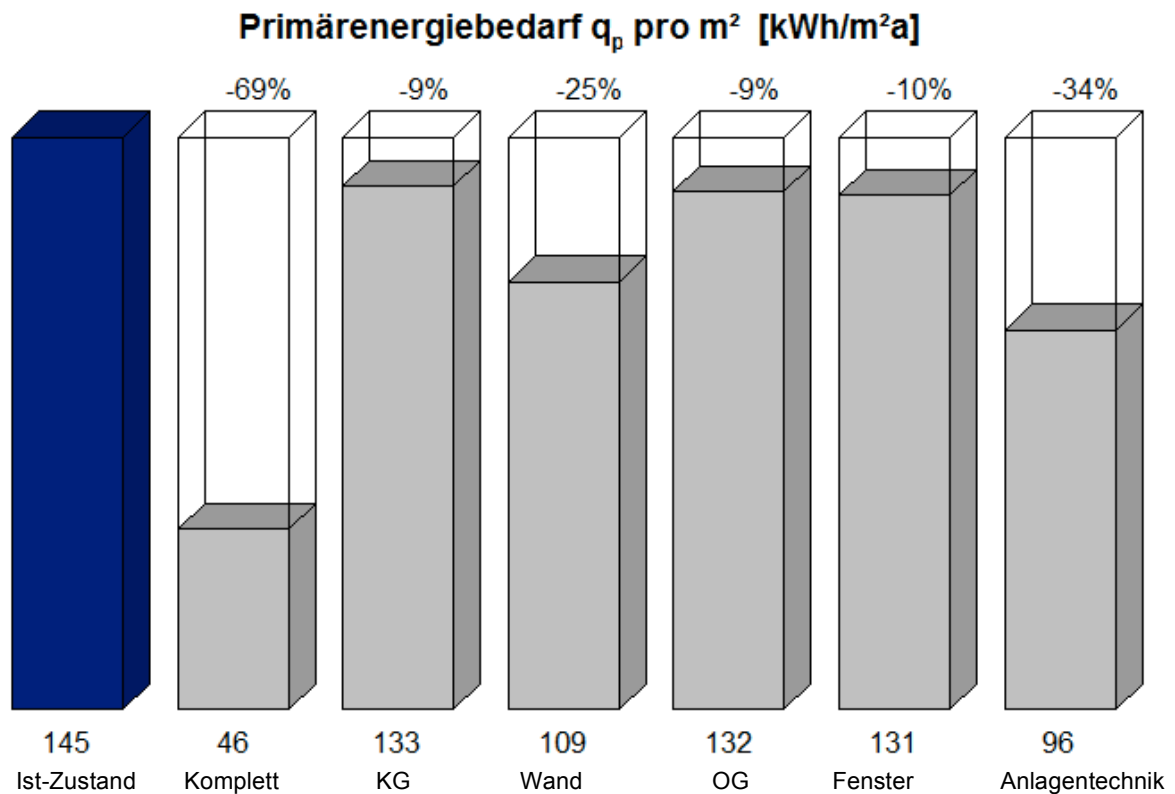


Bild 55 Verbesserung durch Änderungen der Anlagentechnik

Zusammenfassung der Modernisierungsvarianten

	Ist- Zustand	Variante 1 Komplett Sanierung	Variante 2 Obere Geschossdecke	Variante 2 Aussenwand
Primärenergiebedarf	147,0 kWh/m²	45,5 kWh/m²	131,8 kWh/m²	108,8 kWh/m²
Einsparung gegenüber Ist zustand	–	69%	9,4%	25,2%
Endenergiebedarf	164,4 kWh/m²	62,7 kWh/m²	145,9 kWh/m²	113,1 kWh/m²
Einsparung gegenüber Ist zustand	–	62,4%	11,4%	31,3%
Co ₂ - Emissionen	42,6 kWh/m²	14,1 kWh/m²	38,4 kWh/ m²	31,2 kWh/ m²
Einsparung gegenüber Ist zustand	–	66,8%	9,9%	9,9%

Bild 56 Diese Tabelle soll noch einmal verdeutlichen, welches Einsparpotential durch die einzelnen Varianten entstanden ist.



Modernisierung Komplett

Hier wurden alle einzelnen Varianten der Modernisierung zusammen angewandt. Dämmung der Außenwand mit Wärmedämm-Verbundsystem, die oberste Geschossdecke ist mit einer Mineralfaser-Dämmstoff ausgelegt, die Kellergeschossdecke wurde von unten energetisch verbessert. Die Fenster werden ausgetauscht gegen 3-Scheiben-Wärme-schutzverglasung und die Anlagentechnik wurde verbessert durch Veränderung der Warmwasserversorgung von einer dezentralen elektrischen Versorgung zu eine zentralen Warmwasserversorgung, die über die Fernwärme versorgt wird. Und auch eine angemessenen Dämmung der Verteiler Leitungen.

Gebäudehülle

Heizwärmebedarf

Ist-Zustand: 124 kWh/m^2a
 Saniert: 42 kWh/m^2a



Anlagentechnik

Anlagenverluste

Ist-Zustand: 9 kWh/m^2a
 Saniert: -9 kWh/m^2a



Umweltwirkung

CO₂-Emission

Ist-Zustand: 43 kg/m^2a
 Saniert: 14 kg/m^2a



rude:CO2-frei?

6 Ökobilanz von Baustoffen

"Die ökologische Wirkung des Gebäudes entfaltet sich über den gesamten Lebenszyklus. Eine hohe Umweltqualität, gleichberechtigte Gesundheitsaspekte, ausgezeichnete Technik und ein langfristig ausgerichteter Gebäudeteil müssen in einem integralen Planungsprozess erarbeitet und mit dem zur Verfügung stehenden Budget umgesetzt werden. Nicht zuletzt steht und fällt damit langfristig der Wert der Immobilie... Was macht ein Produkt im Gebäudekontext wirklich nachhaltig? Vor allem: wo erhält man verlässliche und transparente Informationen?"

Zitat aus Kriterien für Nachhaltiges Bauen des Landes Brandenburg

Die Ökobilanz ist eine Zusammenfassung und Bewertung der ökologisch relevanten Zusammensetzung eines Baustoffes. Bilanziert wird der Energieverbrauch zur Erkundung und Förderung der Rohstoffe, zur Herstellung des Dämmstoffes sowie die damit zusammenhängenden Emissionen. Die Bilanzgrenze ist in der Regel das Werkstor des Herstellers. Die nötigen Energieaufwendungen für den Transport der Werkstoffe auf die Baustelle müssten hierzu noch ergänzt werden. In dieser Bilanz werden die Produktionsfaktoren mit einberechnet.

Die Auswertung der Bilanz gibt Auskunft darüber, wie ökologisch jeder einzelne Baustoff ist. In diesem Bericht wurden die entsprechenden Werte der Ökobau.dat_2011 entnommen und eingepflegt. Im Anhang (Seite 3 – 6) wird die Ökobilanz eines Einfamilienhauses im IST-Zustand und im modernisierten Zustand dargestellt. Als Grundlage für den Wandaufbau wurde zum einen eine Vor-Ort-Besichtigung und zum anderen die Gebäudetypologie 2011 Schleswig-Holstein der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. verwendet. Des Weiteren werden die Ökobilanzen eines Mehrfamilienhauses nach einer Sanierung mit einem Wärmedämmverbundsystem aus Holzfaserdämmplatten bzw. Polystyrol-Hartschaumplatten vorgestellt. Hier wurden lediglich die Daten der Gebäudetypologie 2011 Schleswig Holstein für den Wandaufbau herangezogen, wobei Standardbauweisen der jeweiligen Baujahre gewählt wurden.

Primärenergiegehalt PEI

Der Primärenergiegehalt (**PEI**) beinhaltet sämtliche energetischen Aufwendungen, die zur Herstellung eines Produktes erforderlich sind, beginnend bei der Rohstoffgewinnung bis zum Endprodukt. Er wird in Megajoule pro Kilogramm (MJ/kg) gemessen. Beim Primärenergiegehalt wird zwischen erneuerbaren Energieträgern (z.B. Strom aus Windkraft) und nicht erneuerbaren Energieträgern (Erdöl, Erdgas, Uran) unterschieden.

Treibhauspotenzial GWP 100

Das Treibhauspotenzial (**Global Warming Potential**) beschreibt den Beitrag eines Produktes oder Materials zur Klimaerwärmung. Alle Emissionen werden bezüglich ihres potenziellen Treibhauseffektes zu CO₂ ins Verhältnis gesetzt und in kg-Kohlendioxid-Äquivalent (CO₂-Äquivalent) angegeben. Die mittlere Erwärmungswirkung wird über einen bestimmten Zeitraum, in unserem Fall 100 Jahre, betrachtet.

Versauerungspotenzial AP

Das Versauerungspotenzial (AP-acidification potential) beschreibt den Beitrag eines Produktes oder Materials zur Entstehung von saurem Regen. Durch den saurem Regen kommt es zu Waldschäden und Versauerung von Böden. Der saure Regen zersetzt Naturstein und die Korrosion von Metallen wird gefördert. Verantwortlich hierfür sind schwefelhaltige fossile Brennstoffe wie Öl und Kohle, da bei der Verbrennung Emissionen freigesetzt werden. Das Versauerungspotenzial wird in kg Schwefeldioxid- Äquivalent (SO_2 - Äquivalent) angegeben.

Ozonabbaupotenzial ODP

Das Ozonabbaupotenzial (**O**zone **D**epletion **P**otential) definiert den Beitrag einer Substanz zur Verringerung der Ozonschicht in der Stratosphäre. Sie wird in Kilogramm Trichlorfluormethan-Äquivalent (CCl_3F - Äquivalent) aufgeführt. Die Ozonschicht ist ein Schirm und hat große Bedeutung für das Leben auf der Erde. Sie ist in der Lage, kurzwellige UV-Strahlen zu absorbieren und richtungsunabhängig die großen Wellenlängen auszustrahlen. Außerdem wird eine verstärkte Erderwärmung verhindert.

Ökobilanz vor der Modernisierung eines Einfamilienhauses

Bauteil - Datenblatt zur Ökobilanz

Bauteil: EFH Wandaufbau im IST-Zustand

Zusammenfassung der Ergebnisse:

PEI - Primärenergiegehalt erneuerbar

PEI - Primärenergiegehalt nicht erneuerbar

GWP100 - Treibhauseffekt

AP - Versauerungspotential "Saurer Regen"

ODP - Ozonabbaupotential "Ozonloch"

0,22 MJ/qm

9,34 MJ/qm

0,59 kg CO₂-Äquiv./qm

0,00 kg SO₂-Äquiv./qm

8,05E-09 * kg CCl₃F-Äquiv./qm

Bauteil Nr./Bezeichnung der Bauteilschicht	Schichtdicke (m)	Datensatz Ökobilanz			Input		Wasser- nutzung (kg/qm)	Wirkbilanz		
		Basiss- größe	Masse (kg/m ³)	Quelle (z.B.: Ökobau.dat EPD,...)	PEI regenerierbar (MJ/qm)	PEI nicht- regenerierbar (MJ/qm)		GWP Treibhaus- potential (kg CO ₂ -Äquiv. /qm)	AP Versauerungs- potential (kg SO ₂ -Äquiv. /qm)	ODP Ozonabbaupotential (kg CCl ₃ F- Äquiv./qm)
1. Putzmittel aus Kalkgips	0,015	1 kg	1.200	Ökobau.dat	0,048	2,260	0,223	0,161	0,000	7,77E-09
2. Vollziegel	0,240	1 kg	1.800	Ökobau.dat	0,086	3,540	78,060	0,214	0,001	1,41E-10
3. ruhende Luftschicht	0,045	Datenerhebung entfällt			0,086	3,540	78,060	0,214	0,001	1,41E-10
4. Vollziegel	0,115	1 kg	1.800	Ökobau.dat						
	0,415				0,220	9,340	156,343	0,589	0,001	0,000

* Bsp.: 1,06E-08 bedeutet: 0,000 001 06

Ökobilanz nach der Modernisierung eines Einfamilienhauses

Bauteil - Datenblatt zur Ökobilanz

Bauteil: EFH Wandaufbau nach Modernisierung

Zusammenfassung der Ergebnisse:

PEI - Primärenergiegehalt erneuerbar	0,30 MJ/qm
PEI - Primärenergiegehalt nicht erneuerbar	16,81 MJ/qm
GWP 100 - Treibhauseffekt	1,12 kg CO ₂ -Äquiv./qm
AP - Versauerungspotential "Saurer Regen"	0,00 kg SO ₂ -Äquiv./qm
ODP - Ozonabbaupotential "Ozonloch"	8,18E-09 * kg CCl ₃ F-Äquiv./qm

Bauteil Nr./Bezeichnung der Bauteilschicht	Schichtdicke (m)	Datensatz Ökobilanz			Input		Wasser- nutzung (kg/qm)	Wirkbilanz		OOP Ozonabbaupotential (kg CCl ₃ F- Äquiv./qm)
		Basiss- größe	Masse (kg/m ³)	Quelle (z.B.: Ökobaustat, EPD,...)	PEI regenerierbar (MJ/qm)	PEI nicht- regenerierbar (MJ/qm)		GWP Treibhaus- potential (kg CO ₂ -Äquiv./qm)	AP Versauerungs- potential (kg SO ₂ -Äquiv./qm)	
1 Putzmörtel aus Kalk (ps)	0,015	1 kg	1.200	Ökobaustat	0,048	2,260	0,223	0,161	0,000	7,77E-09
2 Vollziegel	0,240	1 kg	1.800	Ökobaustat	0,086	3,540	78,060	0,214	0,001	1,41E-10
3 Perlite als Kerndämmung	0,045	1 kg	65	Ökobaustat	0,079	7,470	77,000	0,523	0,001	1,30E-10
4 Vollziegel	0,115	1 kg	1.800	Ökobaustat	0,086	3,540	78,060	0,214	0,001	1,41E-10
5										
6										
7										
8										
	0,415				0,299	16,810	233,343	1,122	0,002	0,000

* Bsp: 1,06E-06 bedeutet: 0,000 001 06

Ökobilanz vor der Modernisierung eines Mehrfamilienhauses

Bauteil - Datenblatt zur Ökobilanz

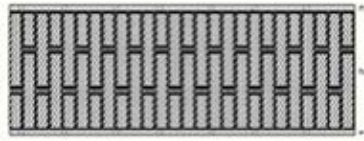
Bauteil: MFH Wandaufbau vor Modernisierung

Zusammenfassung der Ergebnisse:

PEI - Primärenergiegehalt erneuerbar
PEI - Primärenergiegehalt nicht erneuerbar
GWP100 - Treibhauseffekt
AP - Versauerungspotential "Saurer Regen"
ODP - Ozonabbaupotential "Ozonloch"

0,55 MJ/qm
8,50 MJ/qm
0,75 kg CO₂-Äquiv./qm
0,00 kg SO₂-Äquiv./qm
1,59E-08 * kg CCl₃F-Äquiv./qm

Foto)



Bau- teil	Nr. Bezeichnung der Bauteilschicht	Schichtdicke (m)	Datensatz Ökobilanz			Input			Wirkbilanz		
			Bau- größe	Masse (kg/m ³)	Quelle (z.B.: Ökobaustat EPD,...)	PEI regenerierbar (MJ/qm)	PEI nicht regenerierbar (MJ/qm)	Wasser- nutzung (kg/qm)	GWP Treibhaus- potential (kg CO ₂ -Äquiv. /qm)	AP Versauerungs- potential (kg SO ₂ -Äquiv. /qm)	ODP Ozonabbaupotential (kg CCl ₃ F- Äquiv./qm)
1	Leichtputz	0,015	1 kg	950	Ökobaustat	0,234	2,480	0,528	0,266	0,001	7,86E-09
2	Vollziegel	0,340	1 kg	1.800	Ökobaustat	0,086	3,540	78,050	0,214	0,001	1,41E-10
3	Leichtputz	0,020	1 kg	950	Ökobaustat	0,234	2,480	0,528	0,266	0,001	7,86E-09
4											
5											
6											
7											
8											
		0,375				0,554	8,500	79,116	0,746	0,002	0,000
* Bsp.: 1,06E-06 bedeutet 0,000 001 06											

Ökobilanz nach der Modernisierung eines Mehrfamilienhauses

Bauteil - Datenblatt zur Ökobilanz												
Bauteil:		MPH Wandaufbau nach der Modernisierung										
Zusammenfassung der Ergebnisse:												
PEI - Primärenergiegehalt erneuerbar		7,60 MJ/qm										
PEI - Primärenergiegehalt nicht erneuerbar		385,98 MJ/qm										
GWP100 - Treibhauseffekt		17,91 kg CO ₂ -Äquiv./qm										
AP - Versauerungspotential "Saurer Regen"		0,07 kg SO ₂ -Äquiv./qm										
ODP - Ozonabbaupotential "Ozonloch"		6,03E-07 * kg CCl ₃ F-Äquiv./qm										
Bauteilzeichnung (oder Foto)												
Nr.	Bezeichnung der Bauteilschicht	Schichtdicke (m)	Basisgröße	Datensatz	Ökobilanz Masse (kg/m ³)	Quelle (z.B.: Ökoba.dat EPD,...)	PEI regenerierbar (MJ/qm)	PEI nicht regenerierbar (MJ/qm)	Wassernutzung (kg/qm)	Treibhauspotential (kg CO ₂ -Äquiv./qm)	Versauerungspotential (kg SO ₂ -Äquiv./qm)	Ozonabbaupotential (kg CCl ₃ F-Äquiv./qm)
1	Leichtputz	0,015	1 kg	950	Ökoba.dat		0,234	2,480	0,528	0,266	0,001	7,86E-09
2	Vollziegel	0,340	1 kg	1.800	Ökoba.dat		0,086	3,540	78,060	0,214	0,001	1,41E-10
3	Leichtputz	0,020	1 kg	950	Ökoba.dat		0,234	2,480	0,528	0,266	0,001	7,86E-09
4	WDVS	0,160	1 qm	86	Ökoba.dat		6,810	375,000	29,300	16,900	0,066	5,79E-07
5	Leichtputz	0,020	1 kg	950	Ökoba.dat		0,234	2,480	0,528	0,266	0,001	7,86E-09
6												
7												
8												
							7,598	385,980	108,944	17,912	0,069	0,000
* Bsp.: 1,05E-06 bedeutet: 0,000 001 06												

7 Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen

Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen

Beispiele aus der Praxis

Das Ziel von Modernisierungsmaßnahmen ist Energie- und Heizkosten zu sparen. Eine Problematik, die dabei aufkommt ist, dass große Investitionen einer Endenergieersparnis über einem langen Zeitraum gegenüber stehen. Im Mietwohnungsbau können die entstehenden Kosten auf die Grundmiete umgelegt werden. Unter Umständen und je nach Modernisierungsumfang können sich die Mieter ihre Wohnungen nach der Modernisierung nicht mehr leisten. Zwei Beispiele der Landesentwicklungsgesellschaft NRW GmbH

(LEG) aus Nordrhein-Westfalen zeigen deutlich, dass energetische Sanierung durchaus sozialverträglich durchführbar sind. Die Ford-Siedlung in Köln-Niehl wurde in den 1950er Jahren erbaut und blieb bis zum Sanierungsbeginn 2008 weitestgehend im Ursprungszustand. An den Gebäuden wurde eine Komplett-sanierung vorgenommen. Diese beinhaltet, dass die Grundrisse der Wohnungen verändert, neue bodentiefe Fenster für mehr Licht- und Sonnenstrahlungseinfall eingesetzt, Balkone angebaut und die gesamte Hausinstallation erneuert wurden. Auf sämtlichen Gebäuden ist ein zusätzliches Wohngeschoss im 3-Liter-Haus-Standard entstanden. Die Bäder sind wie der Rest des Hauses, mit Rücksicht auf den demografischen Wandel und zur Steigerung des Wohnkomforts, barrierefrei gestaltet.

Des weiteren sind für einen höheren Wohnkomfort sämtliche Fußböden erneuert und eine dezentrale Lüftungsanlage mit kontrollierter Zu- und Abluft installiert worden. Zum schnelleren Bau-fortschritt und mit Rücksicht auf die Mieter, mussten diese lediglich nur einmal umziehen- in die fertig sanierten Wohnungen. Die LEG investierte in diese Siedlung insgesamt 27,6 Mio Euro. Durch die Sanierung wurde ein Einsparpotenzial des Primärenergiebedarfs von 30% unterhalb der vorgeschriebenen Werte der Energieeinspar-verordnung erreicht. Die Grundmiete stieg zwar von ursprünglich 2,75 € je m² auf 4,90 €, aber durch die Reduzierung der Betriebs-, Heiz- und Warmwasserkosten ergab sich letzt-endlich eine Gesamtmietpreiserhöhung von 55 Cent je m². So betrug die Gesamtmiete in dieser Siedlung vor der Sanierung 6,45 € je m² und nach erfolgreicher Sanierung 7,00 €.



Bild 57 Fordsiedlung vor der Sanierung



Bild 58 Fordsiedlung nach der Sanierung

	vor der Modernisierung	nach der Modernisierung
Grundmiete	2,75 €	4,90 €
Betriebskosten	1,80 €	1,30 €
Heiz-/Warmwasser	1,90 €	0,80 €
insgesamt	6,45 €	7,00 €

Bild 59 Mietpreisentwicklung in Köln-Niehl

Das zweite Beispiel der LEG ist eine Siedlung in Gelsenkirchen-Lindenholz. Die Siedlung wurde 1951/52 fertiggestellt und bis zum Beginn der Sanierungsmaßnahmen 2002 kaum verändert. Der Gesamtzeitraum der Sanierung betrug 15 Monate und umfasste ein Investitionsvolumen von 11,5 Mio Euro. Die Sanierungsmaßnahmen sind weitestgehend identisch mit denen in der Fordsiedlung Köln-Niehl. Zusätzlich wurde den Mietern ein direkter Gartenzugang über ihre Wohnungen ermöglicht. Zur Vermeidung des Rebound-Effektes wurde ein Mieterhandbuch erstellt. Oftmals ändern Mieter ihr Heiz- und Lüftungsverhalten nach einer energetischen Sanierung zum Negativen. So wird beispielsweise nach einer Sanierung die Wohnraumtemperatur höher gewählt als vor der Sanierung. Mit diesem Handbuch soll dem Mieter eine Hilfe an die Hand gegeben werden, die prognostizierte Endenergieersparnis auch zu erreichen. Eine Mietpreiserhöhung war auch hier unumgänglich. So stieg der Nettomietpreis je m² von 2,75 € auf 4,27 €. Durch die Einsparung der Nebenkosten erhöhte sich die Bruttomiete aber auch hier verhältnismäßig gering von durchschnittlich 5,45 € auf 6,25 € je m².



Bild 60 GE-Lindenholz vor der Sanierung



Bild 61 GE-Lindenholz nach der Sanierung

	vor der Modernisierung	nach der Modernisierung
Grundmiete	2,75 €	4,27 €
Betriebskosten	1,45 €	1,45 €
Heiz./Warmwasser	1,25 €	0,53 €
insgesamt	5,45 €	6,25 €

Bild 62 Mietpreisentwicklung in Gelsenkirchen-Lindenholz

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

7.1 Beispiel eines Einfamilienhauses auf der Rude

Diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung basiert auf unserem Modernisierungsvorschlag für ein Einfamilienhaus aus dem Jahre 1925. Der IST-Zustand des Gebäudes ist unter dem Kapitel Bausubstanz ausführlich beschrieben. Die Modernisierung beinhaltet eine Kerndämmung aller Außenwände, Umstellung der Warmwasserbereitung von elektrisch angeschlossenen Durchlauferhitzern und Warmwasserbereitern auf Warmwasserbereitung mittels Fernwärme sowie der Dämmung der obersten Geschossdecke. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde mit der Hottgenroth-Energieberatersoftware 18599 3D Plus, Version 7.2.2 erstellt. Hier sind anfangs sämtliche Parameter des IST-Zustands inklusive Heizwärmebedarfs eingepflegt worden.

Bei der Kerndämmung der Außenwände wurde ein durchschnittlicher Sanierungspreis von 25 €/m² veranschlagt. Grundlage dieses Preises ist eine ausführliche Recherche, die eine Preisspanne von 20-30 €/m² ergab. Für die durchschnittliche Nutzungsdauer werden laut VDI 2067 30 Jahre angesetzt. Der Kalkulationszinssatz wird mit 1% p.a. angenommen. Der Zinssatz stammt aus dem Tilgungsrechner der KfW-Bank. Als Rahmenbedingungen für den Tilgungsrechner dienen das Gesamtinvestitionsvolumen von 5.447 € und aufgrund einer Sanierung in Teilschritten das Förderprogramm 152 - *Einzelmaßnahmen der energetischen Sanierung*. Wird dieses Sanierungsprogramm gewählt, wird ein zusätzlicher Tilgungszuschuss von 17,5% der Gesamtinvestition von der KfW-Bank gewährt. Bei einer Komplettsanierung ist das Förderprogramm 151 der KfW-Bank zu wählen. Bei diesem Programm gelten im Großen und Ganzen identische Bedingungen wie im Förderprogramm 152. Die Gesamtkosten der Sanierung gliedern sich in 3.215 € für die Kerndämmung, 710 € für die Dämmung der obersten Geschossdecke und 1.522 € für die Umstellung der Warmwasserbereitung. In dieser Kostenannahme sind allerdings die baulichen Maßnahmen der Leitungsinstallation noch nicht enthalten. Zu den baulichen Maßnahmen gehören u.a. Schlitz für die Leitungsführung erstellen, Leitungen verlegen und Maler- und Putzarbeiten. Die Teuerungsrate für Brennstoffe wurde mit 4% konservativ veranschlagt. So prognostiziert die CO₂Online gGmbH, Herausgeber des jährlichen Heizspiegels mit Unterstützung des Bundesumweltministerium, einen Anstieg der Heizenergiepreise bis 2020 bei über 50% (mit Ausnahme von Erdgas, siehe Grafik). Da Energiepreise starken Marktschwankungen ausgesetzt sind, ist diese Prognose für eine verlässliche und glaubwürdige Kalkulation dennoch nicht zu verwenden. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deut-



Bild 63 Brennstoffkosten- Prognose bis 2020

lich kürzer ausfallen. In dieser Kalkulation, mit den o.a. Parametern, ergibt sich eine Ersparnis von 144€/Jahr und somit hat sich die energetische Sanierung nach 19 Jahren amortisiert.

7.2 Beispiel eines Mehrfamilienhaus auf der Rude

Das Mustergebäude besteht aus 24 Wohneinheiten und ist 1954 erbaut worden. Der IST-Zustand des Gebäudes ist unter dem Kapitel Bausubstanz ausführlich beschrieben. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung basiert auf einer Komplettsanierung des Wohnhauses. Dämmung aller Außenwände mit Wärmedämmverbundsystem aus Mineralwolle, Dämmung der Kellerdecke, Umstellung der Warmwasserbereitung von elektrisch betriebenen Durchlauferhitzern auf Fernwärme, Dämmung der obersten Geschossdecke, Austausch aller Türen und Fenster sowie die Errichtung einer thermischen Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde mit der Hottgenroth-Energieberatersoftware 18599 3D Plus, Version 7.2.2 erstellt. Der Kalkulationszinssatz wird mit 3,5% p.a. angenommen. Wie in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Einfamilienhauses wurde die Teuerungsrate für Brennstoffe mit 4% sehr konservativ veranschlagt. Hier sind zu anfangs sämtliche Parameter des IST-Zustands inklusive des Heizwärmebedarfs eingepflegt worden. Diese werden somit in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt. Bei der Sanierung des Gebäudes sind somit folgende Investitionskosten ermittelt worden.

Die Gesamtkosten der Sanierung belaufen sich auf durchschnittlich 223.56 €. Wie in der Grafik rechts zu erkennen ist fallen fast ein Drittel der Kosten bei der Erneuerung der Fenster an. Das aktuelle Alter der Fenster konnte von uns nicht ermittelt werden. In Tabelle 1 gehen wir davon aus, dass die vorhandenen Fenster und Türen am Ende ihrer durchschnittlichen Lebensdauer von 30 Jahren sind und ohnehin ausgetauscht werden müssen. Bei allen Modernisierungsmaßnahmen ergeben sich ohnehin anfallenden Kosten von 108.727 €. Dies ergibt einen Mehraufwand für die energetische Komplettsanierung von 114.834 €. Dem steht eine durchschnittliche Einsparung

	Sanierungsmaßnahme	Investitionskosten
1	Dämmung Außenwände	70.331,00 €
3	Dämmung Kellerdecke	38.013,00 €
4	Dämmung obere Geschossdecke	2.765,00 €
5	Austausch Fenster&Türen	82.852,00 €
6	Umstellung auf Fernwärme	800,00 €
7	Installation Solaranlage	28.800,00 €
	Gesamtkosten	223.561,00 €
	Ohnehin erforderliche Kosten	108.727,00 €
	Investitionsdifferenz	114.834,00 €

Bild 64 Kalkulation mit Fenster und Türen am Ende ihrer Lebensdauer

	Sanierungsmaßnahme	Investitionskosten
1	Dämmung Außenwände	70.331,00 €
3	Dämmung Kellerdecke	38.013,00 €
4	Dämmung obere Geschossdecke	2.765,00 €
5	Austausch Fenster&Türen	82.852,00 €
6	Umstellung auf Fernwärme	800,00 €
7	Installation Solaranlage	28.800,00 €
	Gesamtkosten	223.561,00 €
	Ohnehin erforderliche Kosten	76.176,00 €
	Investitionsdifferenz	147.385,00 €

Bild 65 Kalkulation mit Fenster und Türen-Rest-Lebensdauer 15 Jahre

des Heizenergiebedarfs von 11.317€ pro Jahr gegenüber. Es ergibt sich eine Amortisationszeit von ca. 12 Jahren.

Geht man davon aus, dass die Fenster und Türen noch eine Restlebensdauer von 15 Jahren, haben sinkt der Wert der ohnehin erforderlichen Kosten auf 76.176 €. Die Senkung hat zur Folge, dass die Kosten der Energiesparmaßnahmen auf 147.385 € steigen. Dem steht eine mittlere Einsparung von 6.812 € gegenüber. Es ergibt sich eine Amortisationszeit von 19 Jahren.

Fördermöglichkeiten bei der Sanierung

Einleitung

In diesem Abschnitt werden diverse Fördermöglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz und der CO₂-Reduzierung von Gebäuden dargestellt. Die Steigerung der Energieeffizienz und die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes sind erklärte politische Ziele der Regierung und der EU. Als Anreize für Modernisierungsmaßnahmen werden u.a. zinsverbilligte Darlehen, Tilgungszuschüsse und/oder einer tilgungsfreien Anlaufzeit von Kreditinstituten gewährt. Die Internetlinks wurden gewählt, da diese einen raschen Überblick über die verschiedenen Fördermöglichkeiten bieten. Darüber hinaus werden Zinssätze für Förderprogramme laufend angepasst, daher ist es nicht zielführend, in diesem Bericht Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen mit den aktuellen Zinssätzen vorzustellen. Fördermöglichkeiten sind zudem u.a. abhängig von der vorhandenen Bausubstanz, dem Gebäudetyp und dem Standort des Gebäudes. So gelten beispielsweise bei denkmalgeschützten Gebäuden andere Anforderungen als bei Neubauten oder herkömmlichen Bestandsgebäuden.

Des Weiteren unterscheidet man bei den Fördermöglichkeiten zwei Hauptgruppen. Die erste bezieht sich auf eine Komplettsanierung des Gebäudes. Dabei werden verschiedene Effizienzhaus-Klassen unterschieden. Grundsätzlich gilt - je energieeffizienter ein Gebäude nach der Sanierung ist, desto höhere Fördermöglichkeiten existieren. Diese Sanierungsmaßnahmen sind oft mit umfassenden Baumaßnahmen verbunden, die sehr kostenintensiv sind. Viele Hauseigentümer können diese große Summe nicht auf einmal aufbringen. Damit auch diese Hauseigentümer Fördermöglichkeiten in Anspruch nehmen können, kommen wir zur zweiten Hauptgruppe - Fördergelder für Einzelmaßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung. Hier können Hauseigentümer ihr Haus in einzelnen, aufeinander abgestimmten Sanierungsschritten sanieren und ein Energieeinsparpotenzial Schritt für Schritt realisieren und somit das Gesamtinvestitionsvolumen aufsplitten. Neben Sanierungsmaßnahmen sind selbst für Dienstleistungen, die der Steigerung der Gebäudeeffizienz dienen, wie z.B. der hydraulische Abgleich Zuschüsse verfügbar.

Um einen expliziten Überblick über Fördermöglichkeiten am Gebäude zu erlangen, ist eine Vor-Ort-Energieberatung unverzichtbar. Bei dieser Beratung wird die Bausubstanz analysiert und aufgrund der Ergebnisse festgestellt, welche Maßnahmen sinnvoll und machbar sind. Neben dem Energieeinsparpotenzial wird gleichzeitig eine Berechnung erstellt, zu welchem Zeitpunkt sich die Investitionskosten amortisieren. Die Kosten für diese Beratung ist ebenfalls, wie alle anderen Investitionskosten, unter bestimmten Voraussetzungen förderfähig.

Im folgenden Abschnitt sind verschiedene Internetlinks hinterlegt, um sich einen groben Überblick im Bereich Förderung verschaffen zu können.

Internetlinks zu Förderinfos

Einen Überblick über aktuelle Förderprogramme finden Sie bei „bine Informationsdienst“:
<http://www.energiefoerderung.info>

Die KfW-Bank bietet Fördermittel für alle Modernisierungsmaßnahmen, die über das gesetzlich notwendige Maß hinaus gehen. KfW-Förderberater online:
<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Energetische-Sanierung/Der-Weg-zu-Ihrem-KfW-Effizienzhaus/>

Viele Ratgeber und Checklisten für alle Energiesparmaßnahmen im Haushalt finden Sie beim „Klima sucht Schutz-Förderratgeber“:
<http://www.klima-sucht-schutz.de/energiesparen/energiespar-ratgeber.html>

Die individuelle Energieberatung wird von der BAFA (Bundesamt für Wirtschaft- und Ausfuhrkontrolle) gefördert. Einen hier zugelassenen Berater finden Sie unter:
<http://www.energie-effizienz-experten.de/expertensuche/>

Informationen zum Energieausweis finden Sie direkt bei der dena (Deutsche Energie Agentur)
<http://www.dena.de/projekte/gebaeude/energieausweis-fuer-gebaeude.html>

Hier finden Sie Effizienzhäuser, die Sie auch ansehen können:
<https://effizienzhaus.zukunft-haus.info/effizienzhaeuser/suche-effizienzhaeuser-zum-anschauen/>

Sollten Sie beispielsweise die Seite *energiefoerderung.info* des bine-Informationsdienstes nutzen, müssen Sie lediglich Ihre Postleitzahl eingeben, um die verschiedenen Fördermöglichkeiten in Ihrem Wohngebiet aufgezeigt zu bekommen (siehe Grafik folgende Seite).

Wegweiser zur Nutzung des Internetlinks bine-Informationsdienst

Eingabe der
Postleitzahl

Ergebnisanzeige der verschiedenen
Fördermaßnahmen in ihrem Wohnbe-
reich

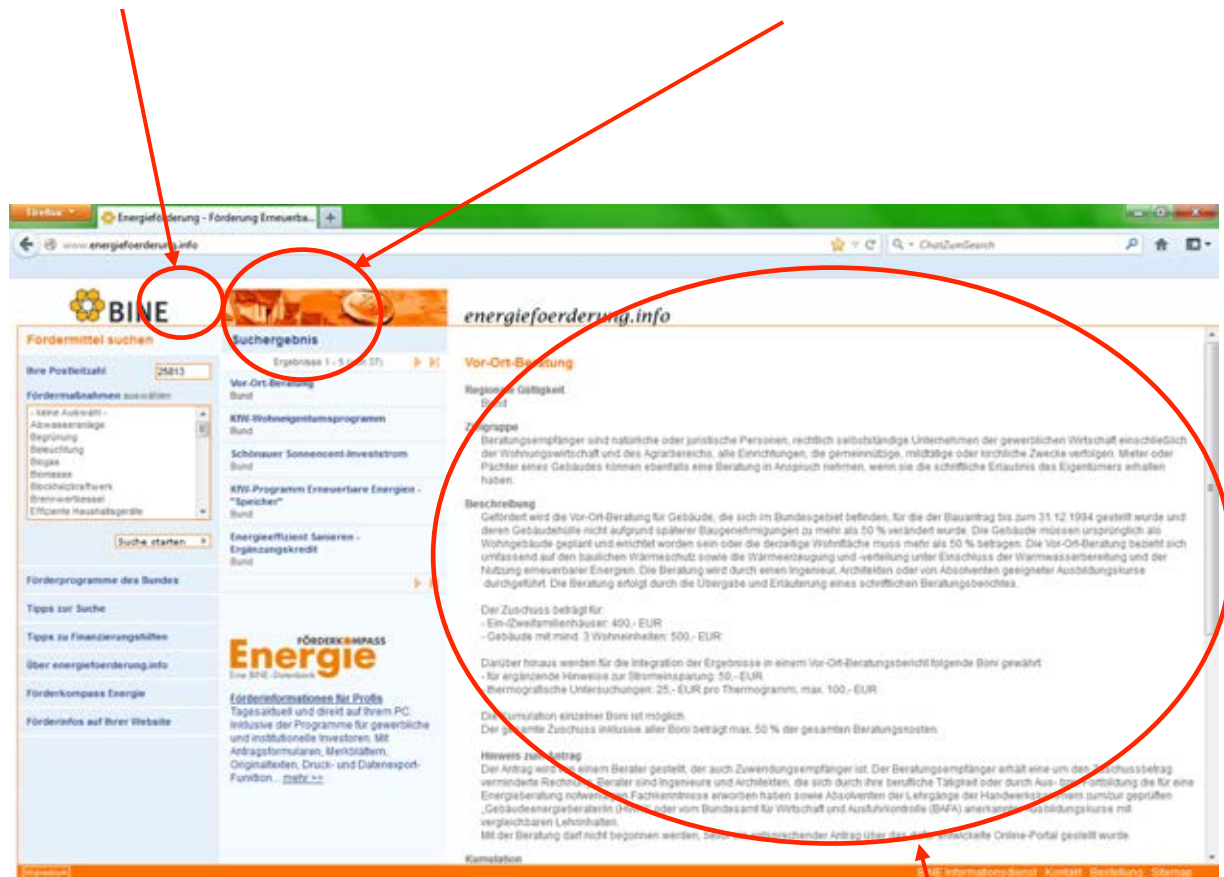


Bild 66 Internetlink des Bine Informationsdienstes

detaillierte Erklärung des jeweils
gewählten Förderprogramms

8 Lüftungstechnik

Die Lüftungstechnik wird bei den heutigen Gebäudestandards durch luftdichte Gebäudehüllen immer wichtiger. Ein Lüftungssystem hat die Aufgabe, die Raumluft in einem Gebäude gegen frische Außenluft auszutauschen, da diese sich mit der Zeit mit Schad- und Geruchsstoffen anreichert. Dies geschieht in Räumen zum Beispiel durch den Menschen, Tiere, ausgasende Teppiche, Farben und Möbel oder den Betrieb von Elektrogeräten. Lüftungstechnik hat einen großen Einfluss auf das Wohlbefinden eines Menschen. Gesetzliche Vorschriften für die Lüftungstechnik sind u.a. die DIN 1946, DIN EN 13799 und die EnEV 2009.

Aufgaben einer Lüftung

- Außenluftversorgung
- Abfuhr von thermischen Lasten
- Abfuhr von Feuchtigkeit
- Abfuhr von Schad- und Geruchsstoffen

8.1 Vor- und Nachteile einer kontrollierten Wohnraumlüftung (KWL)

- + Steigerung der Luftqualität im Haus
- + Abtransport von Schadstoffen
- + Abtransport von Feuchtigkeit
- + Verhinderung von Schimmelbildung
- + Saubere Luft ohne Pollen und Staub
- + Weniger Lärmbelästigung durch geschlossene Fenster
- + Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung
- + Komfortsteigerung
- + Gleichbleibendes und verbessertes Raumklima
- + Fenster können trotzdem geöffnet werden
- + Wertsteigerung der Immobilie

- Investitionskosten
- Wartungsaufwand
- Energiekosten (Strom)

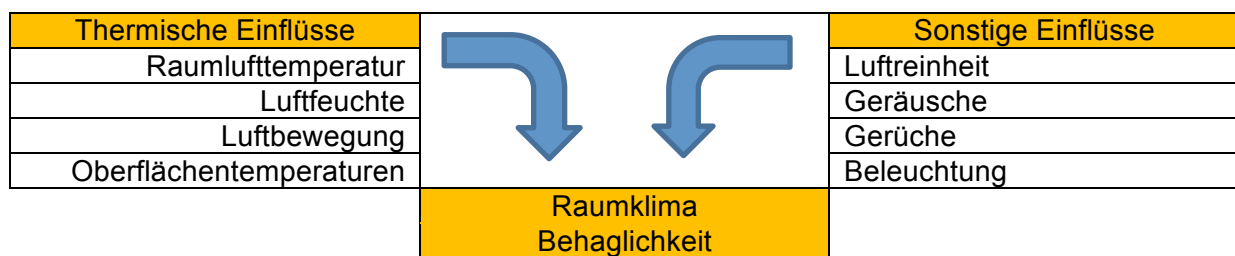
Im Verlauf dieses Berichts werden die genannten Punkte genauer beschrieben. Diese Aufzählung dient als kurzer Überblick, welches Potential in einer KWL steckt.

8.2 Begriff der Behaglichkeit

Der Mensch benötigt bestimmte Bedingungen in seiner Umgebung, damit er sich wohlfühlt. Dieses ist der Fall, wenn sein Körper thermoregularisch wenig machen muss, um seine Körpertemperatur im optimalen Bereich zu halten. Die Regelung des Wärmehaushalts erfolgt durch:

- Wärmestrahlung bei kälterer Umgebung
- Konvektive Wärmeabgabe
- Wasserverdunstung auf der Haut bei wärmerer Umgebung
- Wärmeabgabe durch Atemluft

Die Einflussgrößen unterteilen sich in thermische und sonstige Einflüsse.



Eigene Tabelle, Darstellung von Einflüssen der Behaglichkeit

Einfluss von Wand- und Raumtemperatur

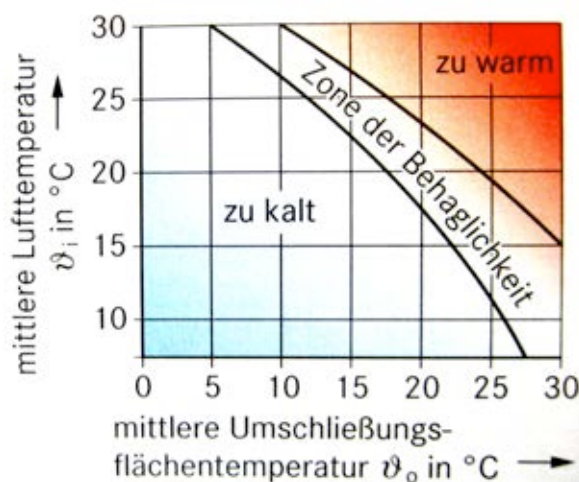


Bild 67, Einfluss von Wand- und Raumtemperatur

Die Grafik zeigt, in welchem Bereich sich ein behagliches Gefühl einstellt, abhängig von der mittleren Raumlufttemperatur im Verhältnis zur mittleren Umschließungsflächentemperatur. Umschließungsflächen sind Wände, Decken, Fußboden, Türen und Fenster. Eine gute

Dämmung der Bauteile bewirkt, dass schon bei niedrigen Temperaturen der behagliche Bereich erreicht wird.

Einfluss der Raumlufthgeschwindigkeit

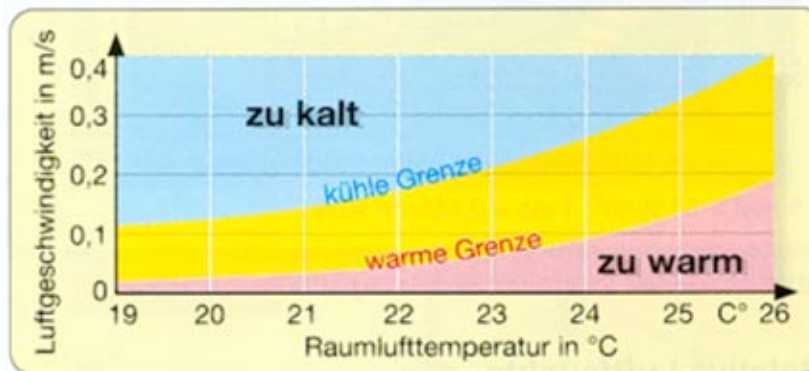


Bild 68, Einfluss der Raumlufthgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit der Raumlufth hat einen großen Einfluss auf die Behaglichkeit. Bei niedrigen Temperaturen kann die Luftbewegung als „Zug“ empfunden werden. Die maximal zulässige Luftgeschwindigkeit ist abhängig von der Raumlufthtemperatur. Der gelbe Bereich ist optimal für die Behaglichkeit. Im roten Bereich wird die Luft als zu warm empfunden, da sich die Frischluft zu sehr mit der Raumlufth vermischt. Im blauen Bereich verhält es sich umgekehrt.

Begriffe der Luftfeuchte

Relative Luftfeuchte

Sie gibt an, zu wie viel Prozent die Luft bei einer bestimmten Temperatur mit Wasserdampf gesättigt ist.

Absolute Luftfeuchte

Sie gibt an, welche Menge Wasserdampf sich bei einer bestimmten Temperatur in der Luft befindet

Maximale Luftfeuchte

Sie gibt an, wie viel Wasserdampf die Luft bei einer bestimmten Temperatur maximal aufnehmen kann.

Einfluss der relativen Luftfeuchte

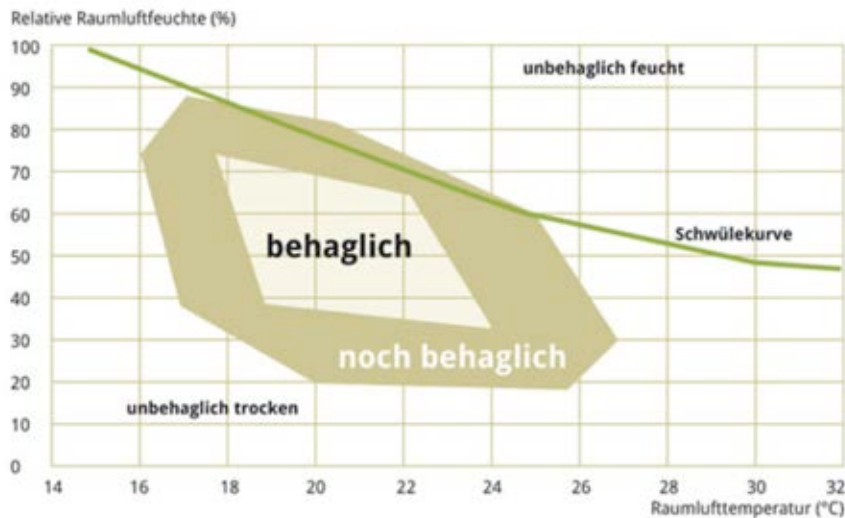


Bild 69, Einfluss der relativen Luftfeuchte

Die Grafik zeigt die behaglichen Bereiche, abhängig von der Raumlufttemperatur im Verhältnis zur relativen Luftfeuchte.

Schimmelbildung

Schimmel ist ein Pilz, der sich unter bestimmten Bedingungen in der Umgebung bilden kann. Er benötigt eine Nahrungsgrundlage, z.B. Mauerwerk oder Farbe. Des Weiteren benötigt er Feuchtigkeit, die er durch ungenügende Lüftung kombiniert mit einem zu niedrig geheizten Raum bekommt. Die Zusammenhänge werden im Mollier-Diagramm sichtbar. Im Diagramm werden relative Luftfeuchte in %, Dichte der Luft in kg/m^3 , Lufttemperatur in $^{\circ}\text{C}$, absolute Luftfeuchte in g/kg und Wärmeinhalt der feuchten Luft (Enthalpie) in kJ/kg dargestellt.

Erklärung der Schimmelbildung:

Im Winter wird ein Feuchtraum auf 24°C beheizt. Nach dem Duschen in den Abendstunden erfolgt keine ausreichende Lüftung und es stellt sich eine relative Luftfeuchte von 70% ein. Die Heizung geht in der Nacht aus und der Raum kühlt auf 16°C herunter. Der Wasserdampfgehalt in der Luft bleibt wegen der ungenügenden Lüftung gleich. Da die Luft bei 16°C nicht mehr die gleiche Menge Wasserdampf an sich binden kann, schlägt sich die Feuchtigkeit an kalten Oberflächen, wie z.B. Fenstern oder im schlechteren Fall, den Wänden, nieder. Das Diagramm zeigt, dass sich bei den Bedingungen des Beispiels schon bei 18°C eine relative Luftfeuchte von 100% einstellt und damit die Sättigungsgrenze erreicht ist. Hier besteht die Gefahr der Schimmelbildung.

Im Diagramm auf der nächsten Seite ist dieser Sachverhalt dargestellt. Der obere orange Punkt kennzeichnet 24°C , der untere 18°C . Der rote Pfeil steht für die Absenkung der Raumtemperatur, während die Absolutmenge an Wasserdampf gleich bleibt.

Mollier-Diagramm

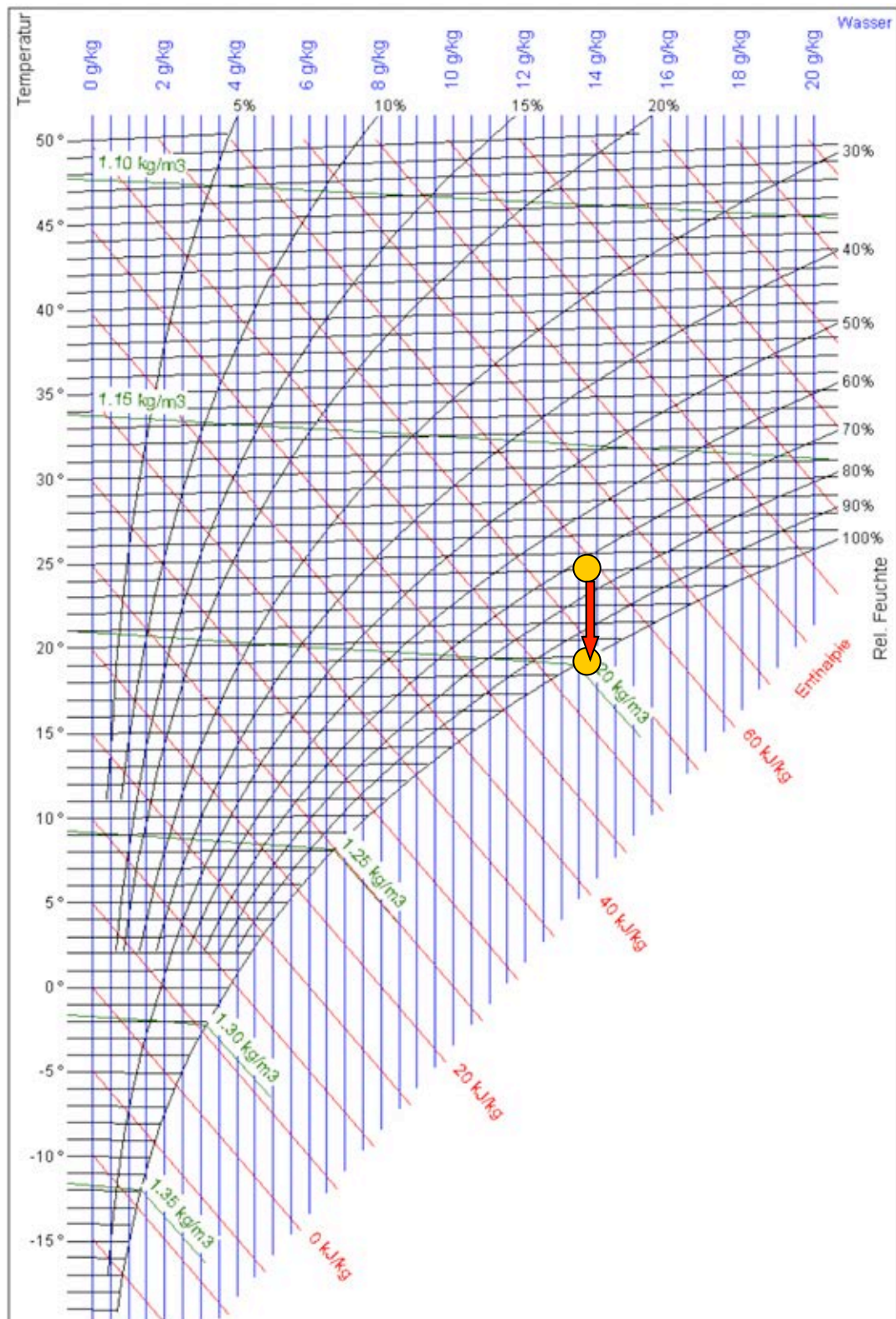


Bild 70, Mollier-Diagramm

rude:CO2-frei?

Luftfeuchte und Mikroorganismen

Mikroorganismen fühlen sich bei einer bestimmten relativen Luftfeuchte wohl. Dabei vermehren sie sich und können Krankheiten auslösen. Die Grafik zeigt, in welchen Bereichen die Gefahr am geringsten ist. Zwischen 40% und 60% relativer Luftfeuchte ist die Gefährdung am geringsten. Eine KWL ist in der Lage, das Klima in diesem Bereich zu halten.

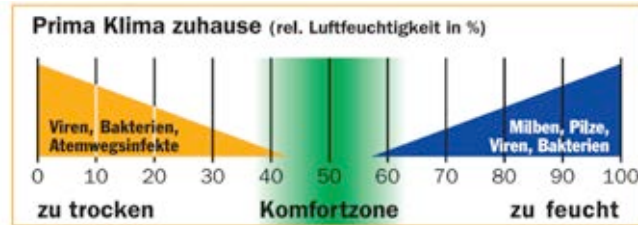


Bild 71, Luftfeuchte und Mikroorganismen

8.3 Anforderungen an die Lüftung

Eine Lüftung soll den Austausch der Raumluft gewährleisten, um im Raum eine ausreichende Luftqualität zu erreichen. Dies ist mit einer Fensterlüftung nur mit viel Disziplin möglich. Eine kontrollierte Wohnraumlüftung (KWL) übernimmt diese Funktion automatisch, da bei der Planung und Auslegung alle Faktoren mit berücksichtigt werden. Eine Auslegung kann nach folgenden Normen erfolgen: Nach DIN EN 13799, DIN 1946 oder der EnEV 2009.

Raumluftqualität und Auslegung nach Außenluft rate je Person

Die Raumluftqualität ist geregelt in der DIN EN 13799. Sie gibt an, je nach Raumart, welche die empfohlenen Anforderungen sind.

Raumluftkategorie	Luftmenge m ³ /h Nichtraucher	Luftmenge m ³ /h Raucher	CO ² -Erhöhung gegenüber AL
RAL 1	72	144	350 ppm
RAL 2	45	90	500 ppm
RAL 3	29	58	800 ppm
RAL 4	18	36	1200 ppm
RAL 1=spezielle Raumluftqualität		Außenluft (AL)=340 ppm	
RAL 2=Hohe R.		Pettenkofergrenzwert=1000 ppm	
RAL 3=mittlere R.		Grenzwert DIN 1946-2=1500 ppm	
RAL 4=niedrige R.			

Tabelle gemäß DIN EN 13799

Die Konzentration von Kohlendioxid (CO₂) in der Außenluft beträgt heute ca. 340 ppm (PartsPerMillion), in Städten können auch 600 ppm erreicht werden. In kleinen Konzentrationen ist das Gas harmlos, hohe Konzentrationen können Müdigkeit und Lähmungen hervorrufen bis hin zum Tod. Da der Mensch ca. 10 bis 70 Liter CO₂ pro Stunde je nach Tätigkeit produziert, verschlechtert sich in geschlossenen Räumen die Raumluftqualität. Der Pettenkoferwert ist 1858 von Max von Pettenkofer festgelegt worden und dient als Richtwert für die Raumluftqualität.

Die Raumluftqualität wird außerdem durch den Anteil an Schadstoffen, Gerüchen und Staub beeinflusst. Bei einer KWL können Partikel in der Luft durch Filter zurückgehalten werden. Gerüche und Schadstoffe werden durch die Zuführung von Frischluft ausgetauscht bzw. verdünnt. Die Einheit für die Abgabe von Gerüchen lautet „olf“, abgeleitet aus dem Lateinischen „olfaction“=Geruch. 1 olf entspricht der Geruchsabgabe eines Menschen mit 1,8 m² Hautoberfläche, sitzender Tätigkeit, 0,7-mal pro Tag geduscht und täglich gewechselter Wäsche. Ein Teppich aus Kunstfaser gibt ca. 0,4 olf/m² ab. Für industrielle Schadstoffe gibt es den MAK-Wert. Er legt die Grenzwerte von Stoffen fest, die sich maximal in der Luft befinden dürfen.

Auslegung nach DIN 1946-2 personen- oder flächenbezogen

Raumart	Beispiel	Außenluftstrom personenbezogen in m ³ /h	Außenluftstrom flächenbezogen in m ³ /m ² *h
Arbeitsräume	Großraumbüro	40	4
Unterrichtsräume	Klassenraum	30	15

Außenluftvolumenstrom personen- und flächenbezogen, Auszug

Auslegung nach DIN 1946-2 nach Luftwechselzahl

Raumart	Stündlicher Luftwechsel
Bad	4 bis 6fach
Büro	3 bis 6fach
Küchen	20fach
Verkaufsräume	4 bis 8fach

Auszug aus der DIN 1946

Die Luftwechselzahl gibt an, wie oft die Luft im Raum gegen frische Außenluft pro Stunde ausgetauscht werden soll.

Schallschutz

Bei Planung/Nutzung einer KWL ist der Schallschutz zu beachten. Schall wird erzeugt durch Maschinen (Lüfter) oder durch Luftreibung (Pfeifgeräusche), dem sogenannten Telefonieeffekt, und kann sich als Körperschall oder Luftschall verbreiten. Um dieses zu verhindern, sind bei der Planung dementsprechende Maßnahmen und Richtwerte zu berücksichtigen gemäß DIN 1946.

Raumart	Beispiel	Schalldruckpegel in dB(A) Anforderungen	
		hoch	niedrig
Arbeitsräume	Einzelbüro	35	40
	Großraumbüro	40	50
Wohnräume	Hotelzimmer	30*	35*
Krankenhäuser	OP	40	-
	Bettzimmer	35	-
Unterrichtsraum	Klassenraum	35	40
Sonstige Räume	EDV-Raum	45	55
	Küche	50	60
*Nachtwerte um 5dB(A) niedriger (22 bis 6 Uhr)			

Auszug aus der DIN 1946, Bild 6

Körperschall kann durch Entkopplung der mechanischen Bauteile verringert werden. Luftschall verringert sich durch langsame Luftfließgeschwindigkeiten oder durch Verwendung von Schalldämpfern.

Schwingungsdämpfer

Schwingungsdämpfer haben die Aufgabe, die Übertragung von Körperschall zu verringern. Das Bild rechts zeigt 2 Varianten, wie ein Schwingungsdämpfer für bodenstehende Geräte aufgebaut ist. Die Schwingungen des Geräts werden durch Gummi und Federn größtenteils aufgefangen.

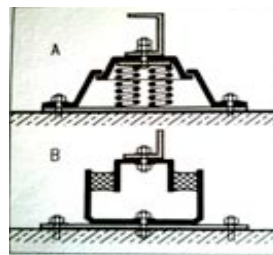


Bild 72, Schwingungsdämpfer

Schalldämpfer

Schalldämpfer sollen die Ausbreitung von Luftschall verringern. Es sind verbreiterte Kanalabschnitte, in denen die Fließgeschwindigkeit verringert und der Schall durch schallschluckende Materialien aufgenommen wird. Im Bild rechts werden 2 verschiedene Schalldämpfer im Schnitt dargestellt.

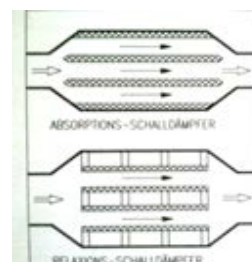
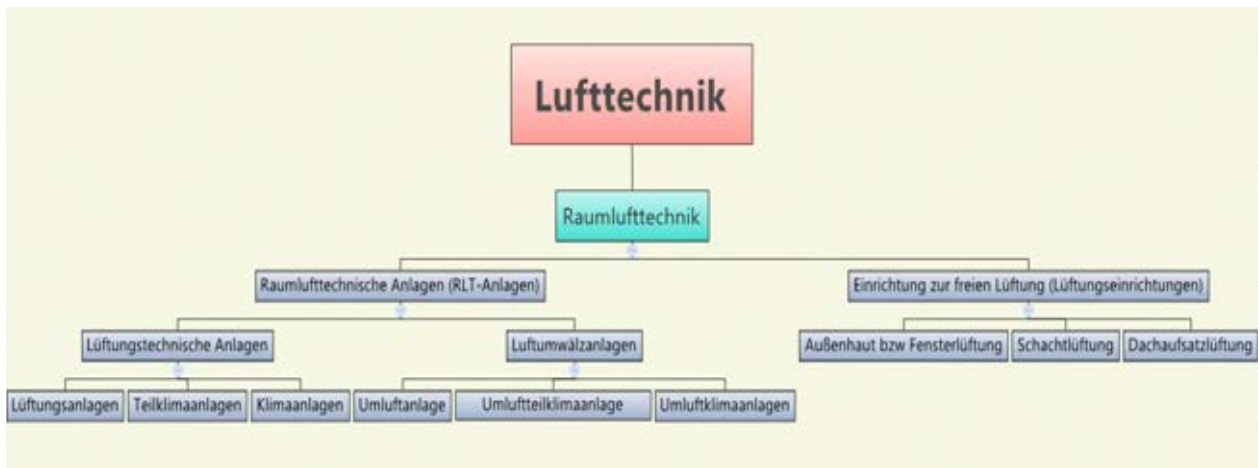


Bild 73, Schalldämpfer

8.4 Lüftungssystem



Eigene Grafik

Übersicht verschiedener Raumluftechniken

Raumluftechnik

Die Raumluftechnik kann man in zwei Bereiche gliedern, zum einen in den Bereich der „RLT-Anlagen“ und den Bereich der „Freien Lüftung“.

Raumluftechnische Anlagen (RLT)

Im Gegensatz zu Heizungsanlagen kann das Raumklima hier über das ganze Jahr beeinflusst werden. Dabei wird durch eine Kontrollierte Wohnraumlüftung (KWL) das Luftvolumen der Wohnung stetig erneuert, ohne dass der Bewohner dies selber durchführen muss.

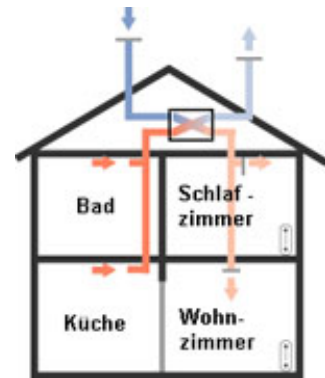


Bild 74. RLT-Anlage

Freie Lüftung

Über eine „Freie Lüftung“ spricht man dann, wenn das Luftvolumen durch eine Fensterlüftung (Stoßlüften / Querlüften / Kipp-lüftung) ausgetauscht wird.

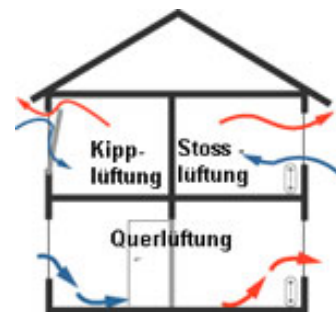


Bild 75. Fensterlüftung

8.4.1 KWL-System

Bei der Kontrollierten Wohnraumlüftung hat man die Auswahl zwischen zwei verschiedenen Systemen. Es wird unterschieden zwischen „zentralen“ und „dezentralen“ KWL-Systemen. Der Unterschied zwischen den beiden Systemen liegt hauptsächlich in den technischen Voraussetzungen bzw. in der unterschiedlichen Einbauvariante.

Zentrale KWL-Anlagen

Eine zentrale KWL-Anlage (Zu-/Abluft-Anlage) saugt mechanisch über die Abluftventile verbrauchte Luft aus den feuchteintensiven Räumen wie Bad, WC und Küche ab. Die nötige Zuluft wird zentral von außen angesaugt und über Lüftungskanäle an alle Zulufräume (Schlafzimmer, Wohnzimmer, etc.) verteilt. Über einen Luftauslass z.B. im Dach wird die verbrauchte Luft abgeführt. Bei zentralen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG), wird die Heizwärme aus der Abluft dazu genutzt, um die Zuluft zu erwärmen. Dieses geschieht über einen Kreuzstromwärmetauscher. Der Wärmetauscher ist gebäude- und außenseitig durch einen Partikelfilter geschützt. Je nach Bedarf kann der Kreuzstromwärmetauscher mit verschiedenen Filtertypen ergänzt werden, um die Zuluftqualität zu verbessern.



Bild 76. Kompaktgerät

Dezentrale KWL-Anlagen

Dezentrale KWL-Anlagen werden in der Außenwand installiert und in den Haupträumen wie Küche, Wohnzimmer, Bad, Kinderzimmer und Schlafzimmer eingebaut. Dadurch entsteht der Vorteil, dass die für jeden Raum erforderliche Luftleistung separat einzustellen und zu verändern ist. Damit kann die Raumluftqualität den Bedürfnisse jederzeit angepasst werden. Ein Kanalnetz wie bei zentralen Lüftungsanlagen entfällt völlig, was auch die hygienischen Bedenken in Verbindung mit einem zentralen Kanalnetz ausschließt. Dezentrale Wohnraumlüftungen haben den Vorteil, dass sie fast überall, vor allem in Altbauhäusern / Wohnungen ohne großen Aufwand eingebaut werden können. Auch eine dezentrale Anlage kann zusätzlich noch mit einer Wärmerückgewinnung verwendet werden, was zu einer Reduzierung der Heizkosten führen kann. Je nach System können bis zu 91% der Wärme zurück gewonnen werden.



Bild 77. Dezentrale KWL

8.4.2 Funktionsweise von KWL-Anlagen

Zentrale Lüftungsanlagen

Bei zentralen Lüftungsanlagen handelt es sich nicht um Klimaanlage. Anders als bei Klimaanlage, wird bei einer zentralen Lüftungsanlage lediglich die frische Luft von außen zugeführt. Es findet keine Vermischung mit der verbrauchten Raumluft statt, sowohl wird auch keine Feuchtigkeit zugeführt. Bei Zu- und Abluftanlagen wird die Außenluft auch nicht gekühlt oder vorher erwärmt. Sie ersetzt also in den Heizperioden nicht das Heizsystem, sondern wirkt sich durch seine Eigenschaften unterstützend aus. Die zentrale Lüftungsanlage ist ein System, welches unabhängig von äußeren Faktoren kontrolliert frische Luft von außen zuführt. Gleichzeitig führt die zentrale Lüftungsanlage die verbrauchte Luft aus den Räumen ab. Das Be- und Entlüften findet jeweils mit dem Einsatz eines Ventilators statt. Die Räume mit der bestmöglich gewünschten Luftqualität, wie das Wohnzimmer, Kinderzimmer oder das Schlafzimmer bekommen die frische Außenluft (Frischluft) zugeführt. Die verbrauchte Luft wird aus den Feuchträumen (Badezimmer, WC) und den Räumen mit hoher Geruchsbelastung (Küche) abgesaugt. Flure und Dielen dienen hier als Überströmzonen und werden so in den Luftaustausch mit einbezogen. Durch das individuelle Einstellen der Ventilatoren ist der Luftwechsel den Bedürfnissen anpassbar. Die Luftein- bzw. Auslässe für eine zentrale Lüftungsanlage werden oberhalb der Heizkörper verbaut, so dass sich die zugeführte Luft angemessen erwärmen kann. Für die Energieeinsparung kann die erwärmte Abluft einem weiteren Nutzen zugeführt werden. Durch eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann diese nutzbar gemacht werden. Die warme Abluft wird über einen Wärmetauscher geführt, erwärmt dadurch die frische Außenluft, die dann wieder in die Wohnräume geleitet wird. Als Nachteil, muss aber auch erwähnt werden, dass sich die zentrale Lüftungsanlage nur bedingt für sanierte Häuser eignet.

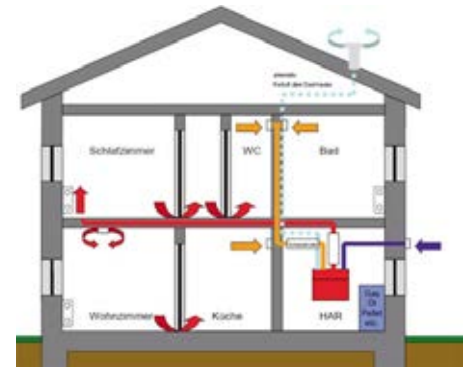


Bild 78. Graphische Darstellung

Dezentrale Lüftungsanlagen

In jedem Raum, der zu be- oder entlüften ist, wird ein Einzelgerät (bei größeren Räumen zwei Geräte) in der Außenwand installiert. Die Lüftungsanlage dient auch hier als Zu- und Abluftanlage. Der Luftaustausch erfolgt nach dem Querlüftungsprinzip, wie im Bild dargestellt ist. Eine dezentrale Anlage kann wie eine zentrale Lüftungsanlage auch mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet werden. Das bedeutet, dass die frische Luft an den Lüftern im Wohnbereich einströmt, gefiltert und vorgewärmt wird, während verbrauchte Luft an den Lüftern in Küche und Bad abgeführt wird. Nach eingestellter Laufzeit ändern alle Lüfter die Drehrichtung. Jeder einzelne Lüfter ist mit einem Wärmetauscher (z.B. Keramikspeicher) gekoppelt, der die Wärmeenergie der Abluft aufnimmt und nach einem erfolgtem Richtungswechsel an die einströmende Zuluft überträgt.



Bild 79. Graphische Darstellung

8.4.3 Bauteile bei KWL-Anlagen

Zentrale Lüftungsanlagen

Hauptbestandteil einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist das raumluft-technische Gerät (RLT-Gerät). Bei den Kompaktanlagen für Wohnhäuser ist das RLT-Gerät eine Kombination. Es befinden sich Komponenten zur Luftförderung, Luftfilterung, Lufttemperierung und Wärmerückgewinnung in den Geräten. Ein weiterer Bestandteil sind die Lüftkanäle, die die einzelnen Räume versorgen und durch Innenblenden an den Decken oder Wänden die Auslässe bilden. Die gesamte Anlage wird durch eine zentrale Steuerung geregelt, die in einem der Wohnräume (Wohnzimmer, Schlafzimmer) angebaut wird und somit den besten Effekt für die Luftqualität bietet. Diese kann durch Verwenden von Sensoren z.B. CO₂-Geregelt, Temperatur-Geregelt oder in Abhängigkeit der Luftfeuchtigkeit, gesteuert werden.



Kompaktanlage



Lüftungskanäle



Ventilator



Luftein- / Auslässe



Regelung

Bild 80.

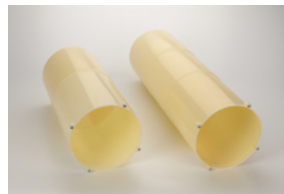
Die aufgezeigten Bauteile sind nur als Beispiele zu bewerten, da es noch weitere Fabrikate in verschiedenen Bauformen gibt.

Dezentrale Lüftungsanlagen

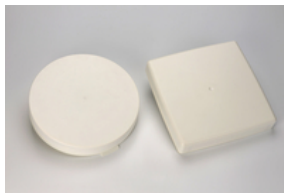
Herzstück bei dezentralen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ist die Einsatzkartusche, in der sich der Wärmespeicher (verschiedene Bauformen) und der Reversierventilator befinden. Die Einsatzkartusche ist in einer Wandeinschubhülse untergebracht, die einen schützenden Effekt zum Mauerwerk hat. Auf der Innenseite der Wand wird eine Innenblende angebaut, in dieser ist auch ein Staubschutzfilter integriert. Im Außenbereich ist die Lüftungsanlage mit einer Außenhaube aus Edelstahl abgedeckt. Der Ventilator wird über ein Steuerungselement geregelt, mit dem die verschiedenen Leistungsstufen eingestellt werden können.



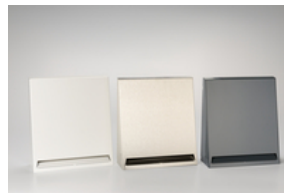
Einsatzkartusche



Wandeinschubhülse



Innenblende + Staubfilter



Außenhaube



Komfort-Regelung



Standard-Regler

Bild 81.

Die aufgezeigten Bauteile sind nur als Beispiele zu bewerten, da es noch weitere Fabrikate in verschiedenen Bauformen gibt.

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad bei den aufgeführten Beispielen gibt an, bis zu wie viel % der gespeicherten Wärme an die durchströmende Außenluft (Frischlufte) abgegeben werden kann. Das Formelzeichen ist η .

8.4.4 Wärmerückgewinnung

Wärmerückgewinnung

Mit einer Wärmerückgewinnung wird der Primärenergieverbrauch beim Heizen minimiert. Dieses wird bei Lüftungsanlagen durch das Erwärmen der Außenluft mithilfe der Abluft erzielt.

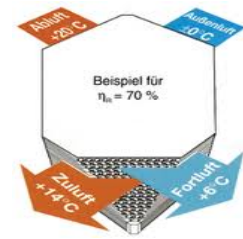
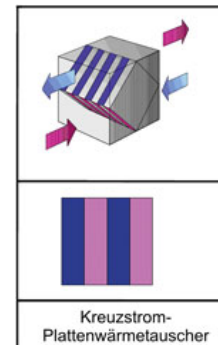


Bild 82. Schaubild

Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher

In einem Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher wird die Abluft und die Außenluft im Kreuzstrom getrennt und berührungslos aneinander vorbeigeführt. Dabei wird die Wärme über die Platten von der warmen Seite auf die kältere übertragen.

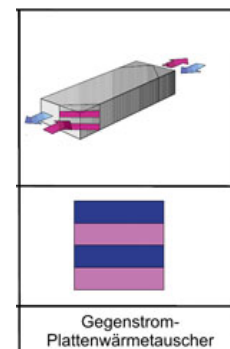
Wirkungsgrad 50-70 %



Gegenstrom-Plattenwärmetauscher*

Beim Gegenstrom-Plattenwärmetauscher strömen warme Abluft und kalte Außenluft entlang der Trennwand in entgegengesetzter Richtung. Die Abluftwärme wird an die frische Außenluft abgegeben, die dadurch erwärmt wird.

Wirkungsgrad 70-80 %



Gegenstrom-Kanalwärmetauscher

Das Prinzip bei einem Gegenstrom-Kanalwärmetauscher ist dasselbe wie bei einem Plattenwärmetauscher, mit dem Unterschied, dass die Luft durch mehrere Kanäle geleitet wird.

Wirkungsgrad 80-95 %

*auch bei dezentralen Anlagen verwendbar

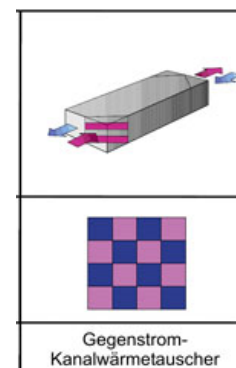


Bild 83. Wärmetauschertypen

Rotationswärmetauscher

Bei einem Rotationswärmetauscher dient ein gewickeltes Speichermedium als Rotor. Das Speichermedium wird mit einer glatten und gewellten Lage durchgehend gewickelt. Diese Lagen bestehen aus verschiedenen Materialien, mit unterschiedlichen Materialstärken und Wellen-höhen. Das rotierende Speichermedium (10 U/min.) ist in der Lage, die latente Wärme zu übertragen. Die Außenluft (Frischlufte) wird durch eine Hälfte des Speichermedium, die Abluft im Gegenstrom durch die andere Hälfte geführt. Die Luftströmungskanaäle werden also in entgegengesetzter Richtung abwechselnd von der Außen- und Abluft durchströmt, wobei die Wärme von der Abluft an das Speichermedium abgegeben wird. Durch das vorhandene Temperaturgefälle wird beim Auftreffen der kalten Außenluft auf das warme Speichermedium ein Wärmeaustausch eingeleitet. Dadurch wird die Außenluft beim Durchgang durch den Rotor stetig erwärmt. Entgegengesetzt erfolgt die Abgabe der Wärme von der Abluft an das Speichermedium.

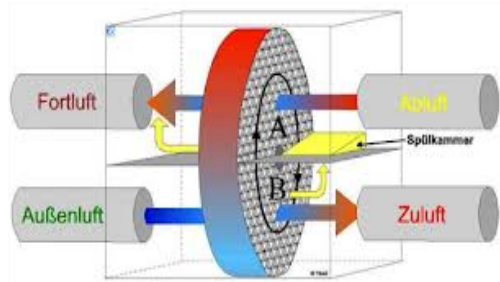


Bild 84. Rotationswärmetauscherprinzip

Wirkungsgrad 85-90 %

Enthalpie-Wärmetauscher

Enthalpie-Wärmetauscher sind mit speziellen Sorptionsbeschichtung ausgestattet. Es wird sowohl die Wärmeenergie, als auch der Wasserdampf aus der Abluft aufgenommen. Bei Bedarf wird dieses der Zuluft beigemischt und gelangt so zurück ins Haus. Durch die Zuführung von Wasserdampf bei trockener Luft (Heizungsluft / trockene Winterluft) wird das Raumklima verbessert und angenehmer.



Bild 85. Darstellung

Wirkungsgrad bis 130%

Beispiele für dezentrale Lüftungsanlagen:

Keramik-Wärmespeicher

Ein Keramik-Wärmespeicher ist in Form eines Wabenkörpers aufgebaut und in verschiedenen Bauformen verwendbar (runde, eckige Bauform). Der Wabenkörper besteht bis zu 80 Prozent aus Luft und zu 20 Prozent aus Keramik. Das gewährleistet eine optimale Luftdurchlässigkeit und Wärmekapazität. Der Wabenkörper wird durch die Wärme der Abluft aufgewärmt. Die Außenluft (Frischlufte) wird beim Drehrichtungswechsel des Ventilators wiederum durch den Wabenkörper geführt und dadurch erwärmt. Daraus resultiert, dass mit geringstem technischen Aufwand ein hoher Wirkungsgrad erreicht wird.



Bild 86. Keramik-Wärmetauscher

Wirkungsgrad bis 91 %

8.4.5 Filterarten für KWL-Anlagen

Zentrale Lüftungsanlagen

Zentrale Lüftungsanlagen werden grundsätzlich mit Staubfiltern betrieben. Die Filter werden aus unterschiedlichen Materialien gefertigt. Zum Beispiel gibt es Filter aus Kunststoff, Papier und Tuchstoffen. Zusätzlich können noch Feinfilter eingesetzt werden. Es wird eine 60-90% Reinigung der Luft erreicht.

Bei Pollenfiltern wird eine Luftreinheit bis zu 95% erreicht.

Dezentrale Lüftungsanlagen

Bei dezentralen Lüftungsanlagen wird in der Regel zwischen drei verschiedenen Filterarten unterschieden, die verbaut werden. Hauptbestandteil ist der Staubfilter, der zusätzlich noch durch Feinfilter und Pollenfilter ergänzt werden kann.

Die Staubfilter und Feinfilter bestehen aus einem Faservlies, das zumeist aus Kunststoff gefertigt ist. Je nach Filterart und Filterklasse werden 60-90% der Luftverunreinigung herausgefiltert. Bei Pollenfiltern wird eine Luftreinheit bis zu 95% erreicht.

Filterklassen

Die unten aufgeführten Filterarten sind übliche Bauformen für Wohnhäuser.

Luftfilter-Klassifikation nach DIN EN 779

	Filterklasse	Abscheidegrad	Wirkungsgrad η
Staubfilter	G1 – G4	50 – 90%	-
Feinfilter	F5 – F7	-	40 – 90%
Pollenfilter	F7 – F9	-	80 – 95%

Eigene Erstellung

Luftfilter-Klassifikation nach DIN EN 1822

Zusätzlich gibt es noch Schwebstofffilter, die aber nur industrielle Anwendungen finden und in der Filterklasse von H10 – H17 zu finden sind.

8.5 Versuch aus der Praxis

In einem privat durchgeführten Versuch sollte untersucht werden, wie sich in einem Schlafzimmer die Raumluftqualität in der Nacht bei geschlossenem Fenster verschlechtert. Der Bau stammt aus dem Jahr 1994 und ist somit als Bestandsbau anzusehen. Die Luftwechselrate wäre demnach mit einem Faktor von 0,7 gemäß EnEV 2009 anzunehmen. Das subjektive Empfinden und Messungen haben ergeben, dass dieser Faktor zu hoch und die Gebäudehülle sehr dicht ist. Die Testmessung erfolgte im Schlafzimmer. Der CO₂ Ausgangswert betrug 1200 ppm. Nach 4 Stunden bei geschlossenem Raum hat sich dieser Wert nur geringfügig geändert. Der Versuch liefert Ergebnisse für den Komfort des Menschen und bauphysikalische Auswirkungen. Als Messgerät diente der „CDL 210 CO₂-Datenlogger“ der Firma „Wöhler“. Das Gerät befand sich im Dauerbetrieb in einer Höhe von 80 cm. Die Daten des Versuchs:

Versuchstabelle			
Raumart	Schlafzimmer	Beginn des Versuchs	22:45 Uhr
Raumvolumen	48 m ³	Ende des Versuchs	06:45 Uhr
Raummaße (H*B*T)	2,4m*4m*5m	Jahreszeit	Winter
Raumtemperatur	Ca. 18°C	Personenanzahl	1
	CO ₂ -Wert	Relative Luftfeuchte	
Beginn	600 ppm	32%	
Ende	2400 ppm	46%	

Eigene Tabelle

Ergebnis:

Die Person schlief für 8 Stunden in dem Raum. Die CO₂-Konzentration stieg dabei von 600 ppm auf 2400 ppm. Damit wurde der Grenzwert der DIN 1946-2 überschritten. Die relative Luftfeuchte stieg in dem Zeitraum um 14% an. Dies kann bei ungenügender Lüftung des Raumes nach der Nacht zur Bildung von Schimmel beitragen.

8.6 Kosten und Wirtschaftlichkeit

In diesem Abschnitt werden die ungefähren Anschaffungskosten einer KWL-Anlage in unterschiedlichen Varianten aufgezeigt anhand von Gerätepreisen und Umfang für den Installationsaufwand. Die Zahlen sind beispielhaft und Auszüge aus Fachliteratur, da eine KWL immer individuell geplant werden muss. Des Weiteren wird die Wirtschaftlichkeit und das Energieeinsparpotential anhand der Hottgenroth Energieberatersoftware dargestellt. In der ersten Variante handelt es sich um ein Mehrfamilienhaus, in der zweiten Variante um ein Einfamilienhaus.

Anteile von Lüftungswärmeverlusten

Bei Altbauten ist der Anteil von Lüftungswärmeverlusten am Gesamtwärmebedarf im Verhältnis sehr gering, so dass dieser Sachverhalt früher ignoriert wurde. Bei neuen Bauten ist das anders und der Anteil an Lüftungswärmeverlusten ist im Verhältnis größer. Somit steigt die Bedeutung der Lüftung. Das folgende Diagramm zeigt die Verhältnisse.

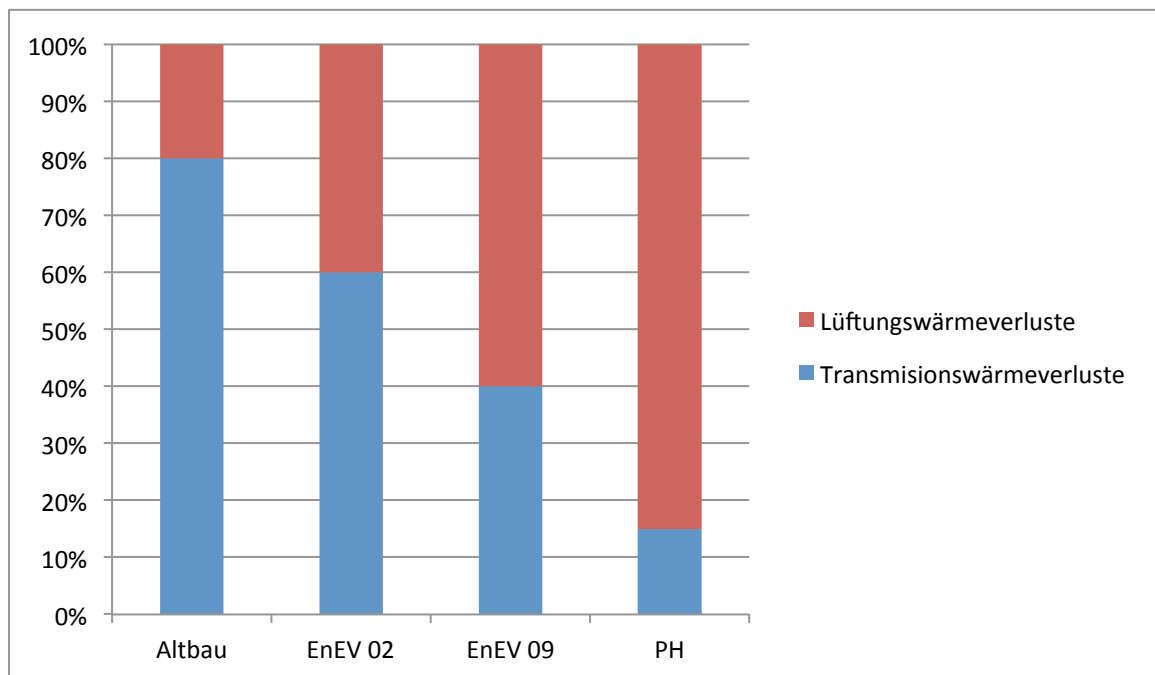


Bild 87, Diagramm Verteilung der Wärmeverluste

Eine einfache Beispielrechnung:

Die vom Haus benötigte Energie (=Energiekennwert) eines Altbaus beträgt 200 kWh/m²a bei einer Grundfläche von 100 m². Der Gesamtwärmebedarf des Hauses beträgt dann etwa 20.000 kWh/a. Der Lüftungsanteil entfällt mit 20% auf diesen Wert und entspricht 4.000 kWh/a. Der Energiebeschaffungspreis wird mit 10 Cent je Kilowattstunde angenommen. Die anderen Varianten dienen zum Vergleich. Das Passivhaus (PH) kann nicht berücksichtigt werden, da es zum einen immer eine KWL besitzt und es andere Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung des Endenergiebedarfs hat.

Baustandard mit Energiekennwert in kWh/a	Kosten für den Endenergiebedarf in Euro	Kosten für den Lüftungswärmebedarf mit Fensterlüftung in Euro	Kosten für den Lüftungswärmebedarf mit KWL ($\eta=90\%$) in Euro	Einsparung in Euro*
Altbau (200)	2000	400	40	360
EnEV 02 (140)	1400	560	54	504
EnEV 09 (100)	1000	600	60	540

Eigene Tabelle, Kosten und Einsparung
 *ohne Stromkosten und Wartung

Der Energiekennwert wird mit den Energiekosten multipliziert. Daraus ergeben sich die Kosten für den Endenergiebedarf pro Jahr in Euro. In einem Altbau ergibt sich mit einer KWL mit 90% Wärmerückgewinnung eine Einsparung von 360 € pro Jahr. In einem Neubau (EnEV 09) ist die Einsparung trotz des niedrigeren Endenergiebedarfs mit 540 € höher. Grund hierfür ist die anteilige Verteilung von Lüftungswärmeverlusten und Transmissionswärmeverlusten am Endenergiebedarf. Die noch zu berücksichtigenden Kosten für Wartung und Strom zum Betrieb der KWL fallen nur gering aus, da die Lüfter hocheffizient arbeiten und Filter meist auch günstig verkauft werden.

Berechnung der Strom- und Wartungskosten für ein dezentrales Gerät

Der Energieverbrauch eines Geräts liegt zwischen 1,5 und 3 Watt. Für den jährlichen Betrieb sind 7000 Stunden realistisch, da eine dezentrale Lüftung auch Standzeiten hat. Die Energiekosten des Versorgers liegen zurzeit bei etwa 29 Cent je Kilowattstunde (Stadtwerke Flensburg). Daraus ergibt sich folgende Rechnung:

$$3 \text{ W} * 7.000 \text{ h} = 21000 \text{ Wh}$$

$$21 \text{ kWh} * 29 \text{ Cent/kWh} = 609 \text{ Cent} = 6,09 \text{ Euro}$$

Die Kosten für die Filtermatten variieren je nach Hersteller. Im Durchschnitt sind dafür aber 6 Euro für 2 Staubfiltermatten anzusetzen, Pollenfilter sind etwas teurer. Filtermatten müssen nach Wartungsintervall oder bei Bedarf gewechselt werden. Wird von 3 Staubfilterwechseln pro Jahr ausgegangen, liegen die Kosten dafür bei 18 € je Gerät. Dazu kommen die Energiekosten von 6,09€. Insgesamt liegen die Kosten pro Gerät bei 24,09 €. Da aber manche Filter auch waschbar sind, können sich die Kosten dadurch noch verringern.

8.6.1 Energetische Bewertung eine KWL, Bsp. Mehrfamilienhaus(MFH)

Als Referenzobjekt dient ein 4 geschossiger Altbau aus dem Jahr 1953. Das Gebäude hat eine Grundfläche von 345,57 m², die beheizte Grundfläche beträgt 1032,0 m² und besitzt ein Volumen von ca. 3649,20 m³. Für die Berechnung der Energieeinsparung mit der Hottgenroth-Software wurden folgende Rahmenbedingungen berücksichtigt:

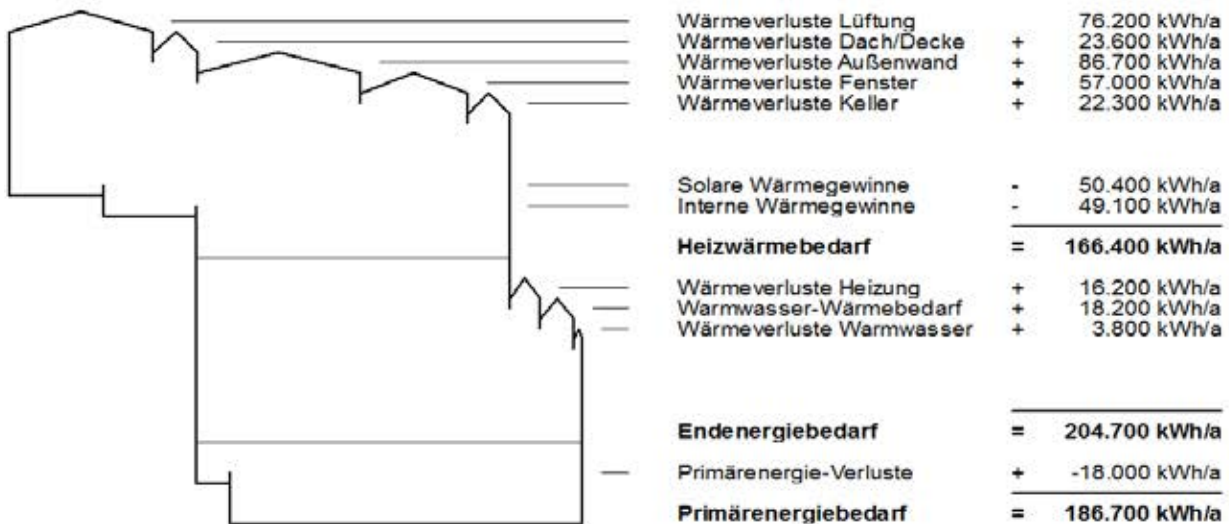
- Deutschlandklima
- Durchschnittsnutzer (19°C Raumtemperatur)
- Luftwechselrate 0,7 (Gebäude ohne Dichtheitsprüfung)
- Anteil unbeheizter Bereich 10 %
- 24 Wohnparteien (ca. 60 Personen)



Bild 88 Mehrfamilienhaus, Rude

Einsparungspotential

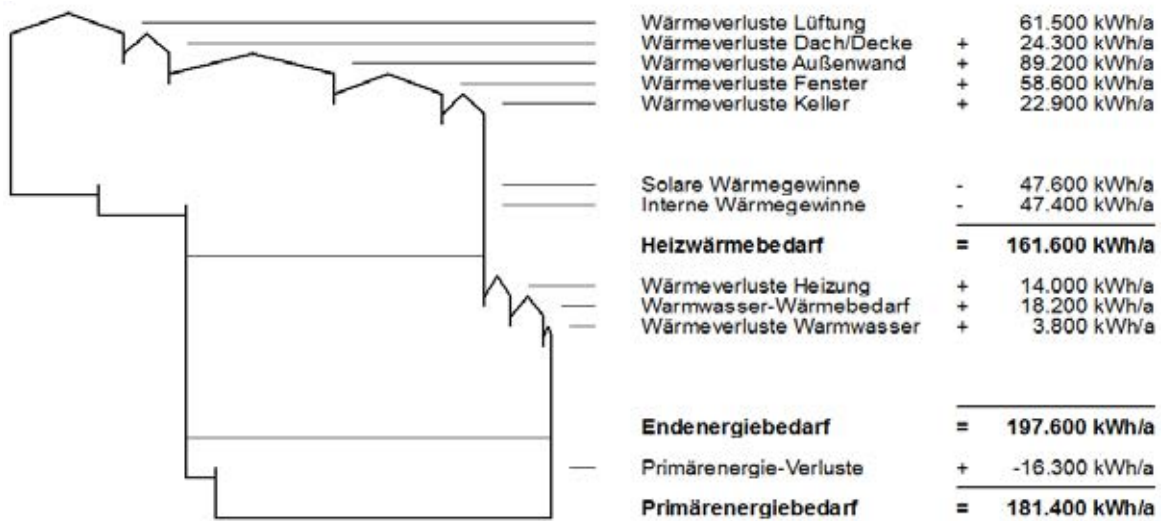
Lüftungswärmeverluste beim Mehrfamilienhaus im IST-Zustand (ohne KWL-Anlage)



Energieflussdiagramm, Screenshot Hottgenroth

Lüftungswärmeverlust beim Mehrfamilienhaus im SOLL-Zustand (mit KWL-Anlage)

Wärmerückgewinnung $\eta=90\%$, Luftwechselrate 0,4 1/h



Energieflussdiagramm, Screenshot von Hottgenroth

Die errechneten Einsparungen bei Verwendung einer KWL-Anlage für das Beispiel des Mehrfamilienhauses liegen bei ca. 15.000 kWh/a. Bei der Berechnungsgrundlage ist aber darauf hinzuweisen, dass bei dem Haus das Gesamt-Volumen (einschließlich Treppenhaus) verwendet wurde und das Programm eine zentrale Lüftungsanlage zugrunde legt.

Bei einer Berechnung der einzelnen Wohnungen mit Ausstattung von dezentralen Lüftungsanlagen wird die Einsparung von dem Beispiel abweichen.

Kosten und Aufwand

Für eine zentrale Anlage in einem MFH sind folgende Kostenpunkte zu beachten:

- Lüftungsgerät
- Lüftungskanäle im Haus
- Dämmung der Kanäle
- Kernbohrungen für Kanäle im Haus / Wohnungen
- Herstellung von Zu- und Abluftwegen
- Verkleidung von Kanälen im Haus / Wohnungen
- Installation Stromversorgung, Regelung und Bedienmöglichkeiten
- Montagekosten und Planungskosten
- ggf. Anschaffung eines Erdwärmetauscher

Eine zentrale Lüftungsanlage ist für eine Standard-Sanierung in einem bestehendem MFH ungeeignet. Nur bei einer Kernsanierung oder in einem Neubau wäre so eine Lüftungsanlage sinnvoll, da der Anlagenbau sowie die Kanalführung schwer zu realisieren ist. Für den Fall einer Sanierung, ist eine dezentrale Lüftungsanlage besser geeignet.

Für eine dezentrale Anlage in einem MFH sind folgende Kostenpunkte zu beachten:

- Lüftungsgerät
- Regelung und Steuerung
- Kernbohrung je Gerät
- Installation Stromversorgung je Gerät
- Montagekosten

Recherchierte Kostenbeispiele für eine Anlage

Nach Internet-Recherchen für eine dezentrale Lüftungsanlage fallen durchschnittliche Kosten an:

Für eine Einsatzkartusche mit Wandeinbauhülse, Außenhaube, Innenblende, Keramik-Wärmetauscher und Ventilator (für Raumfläche bis 25m²) ca. 600,00€. Es werden mindestens 4 Einheiten installationsmäßig empfohlen (Wohnzimmer, Schlafzimmer, Küche und Badezimmer), können aber erweitert werden. Hinzu kommt die Regelungseinheit (für bis zu 4 Einsatzkartuschen) mit ca. 230,00€. Die Montagekosten der Einheiten (inklusive Stromversorgung und Kernbohrung) können firmenbedingt abweichen.

Zum Beispiel für eine Fläche von ca. 100 m², belaufen sich die Materialkosten auf ca. 2.650,00€.

8.6.2 Energetische Bewertung eine KWL, Bsp. Einfamilienhaus(EFH)

Als Referenzobjekt dient ein 2-geschossiger Altbau aus dem Jahr 1925. Es hat eine Grundfläche von 118 m², die beheizte Grundfläche beträgt 236 m² und besitzt ein Volumen von ca. 577 m³. Das Haus wurde besichtigt. Für die Berechnung der Energieeinsparung mit der Hottgenroth-Software wurden folgende Rahmenbedingungen berücksichtigt:

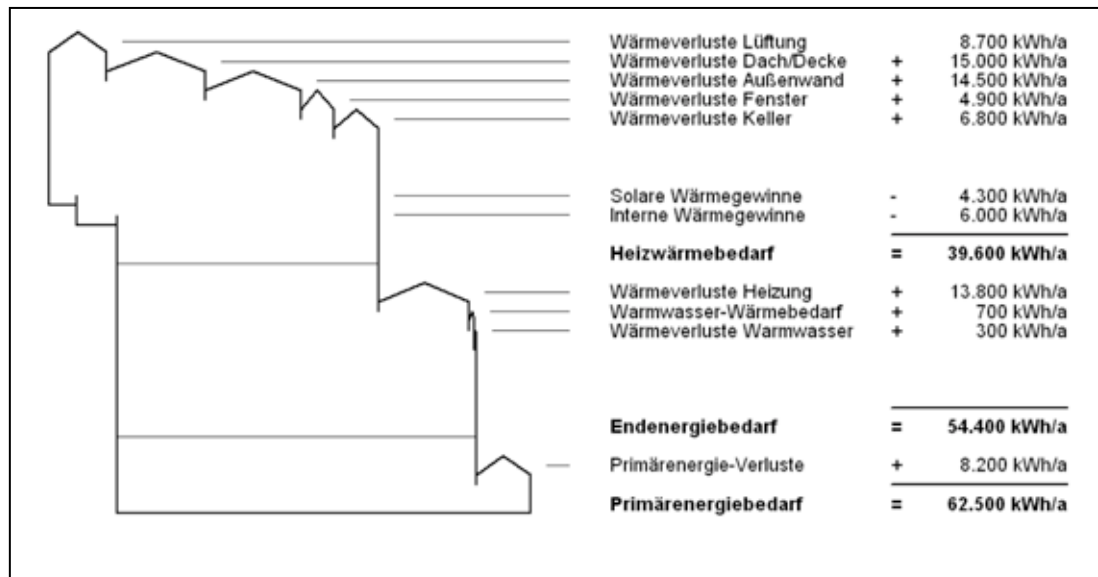
- Deutschlandklima
- Durchschnittsnutzer (19°C Raumtemperatur)
- Luftwechselrate 0,8 1/h (undichte Fenster)
- Anteil unbeheizter Bereich 20 %
- 1-Personenhaushalt



Bild 89, Seitenansicht des Hauses, eigenes Foto

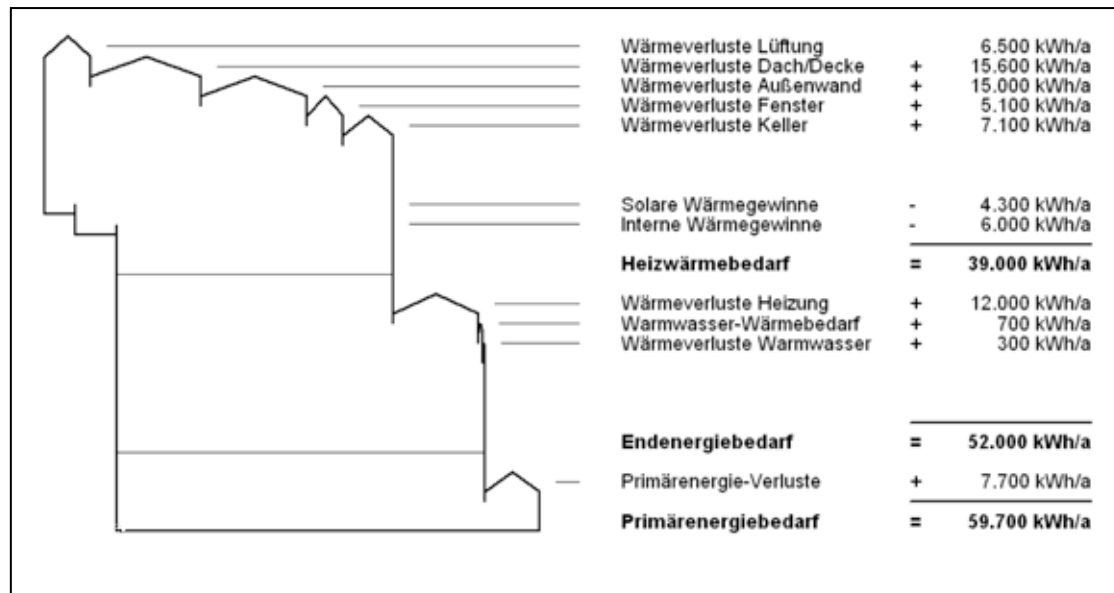
Energieeinsparpotential

Ist-Zustand



Energieflussdiagramm, ScreenshotHottgenroth

Mit KWL, Wärmerückgewinnung $\eta=90\%$, Luftwechselrate 0,4 1/h



Energieflussdiagramm, ScreenshotHottgenroth

rude:CO2-frei?

Die Energieflussdiagramme zeigen den Energiebedarf im IST-Zustand des Hauses und mit eingebauter KWL. Gemäß der Hottgenroth-Software wird durch den Einbau einer KWL der Primärenergiebedarf von 62.500 kWh/a auf 59.700 kWh/a gesenkt. Der Anteil der Lüftungswärmeverluste senkt sich dabei von 8.700 kWh/a auf 6.500 kWh/a. Die Software geht dabei von einer zentralen KWL aus, die das gesamte Luftvolumen im Haus in allen Räumen austauscht. Bei Verwendung einer dezentralen Anlage würden sich andere Werte ergeben, da die Lüftung dann gezielt pro Raum erfolgen würde.

Kosten und Aufwand

Für eine zentrale Anlage in einem EFH sind folgende Kostenpunkte zu beachten:

- Lüftungsgerät
- Lüftungskanäle im Haus
- Dämmung der Kanäle
- Kernbohrungen für Kanäle im Haus
- Herstellung von Zu- und Abluftwegen
- Verkleidung von Kanälen im Haus
- Installation Stromversorgung, Regelung und Bedienmöglichkeiten
- Montagekosten und Planungskosten
- ggf. Anschaffung eines Erdwärmetauscher

Zentrale Anlagen sind häufig für die Sanierung von EFH ungeeignet. Nur bei einer Kernsanierung oder im Neubau sind sie sinnvoll, da der Planungsaufwand groß und die Kanalführung schwierig ist. Dezentrale Anlagen eignen sich dafür besser.

Für eine dezentrale Anlage im EFH sind folgen Kostenpunkte zu beachten:

- Lüftungsgerät
- Regelung und Steuerung
- Kernbohrung je Gerät
- Installation Stromversorgung je Gerät
- Montagekosten

Kostenbeispiele einer Anlage

Das Bauinformationszentrum (BKI) gibt regelmäßig Preislisten anhand von errichteten Gebäuden heraus. Das Band G3 geht dabei auf die Kosten in der technischen Gebäudeausrüstung ein, zu denen auch Lüftungsanlagen zählen. „Die Kosten-dokumentationen dienen Bauherren als Hilfestellung und gesicherte Orientierung bei der Kostenplanung“.*23

Für ein EFH als Neubau, zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, mit einer Bruttogrundfläche zwischen 211,87 m² und 243 m² werden in diesem Band Kosten zwischen ca. 4.351 € und 4.888 € angegeben. Daten für eine dezentrale Anlage sind nicht aufgeführt. Die Kosten einer dezentralen Anlage sind für ein EFH meistens niedriger. Daten zu den Kosten stehen im Kapitel 6.2.1 MFH.

9 Rechtliche Grundlagen

Allgemeines

Das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) wurde 1976 in Folge der ersten Ölkrise eingeführt und formulierte grundsätzliche Anforderungen an die Errichtung von Gebäuden mit dem Ziel, beim Heizen und Kühlen Energie einzusparen.

Das Ziel der Energieeinsparverordnung ist die Reduzierung des Energieverbrauchs durch bauliche Maßnahmen auf Grund der steigenden Energiekosten. Die Wärmeschutzverordnung mit der Novellierung 1984 und 1995 schrieb die gesetzlichen Mindestanforderungen zu energetischen Qualität der Gebäudehülle fest. Die vorgegebenen U-Werte wurden damals noch als k-Werte bezeichnet, was in älteren Unterlagen noch zu finden ist. Am 1. Januar 1995 wurde die Wärmeschutzverordnung das zweite Mal novelliert, ehe diese zum 1. Februar 2002 von der Energieeinsparverordnung (EnEV) abgelöst wurde. Die Energieeinsparverordnung vereint erstmals die Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagenverordnung (HeizAnlV) zu einem Vorschriftenwerk. Damit wird eine internationale Bilanzierung von Energiebedarfen und Energieverlusten möglich.



Bild 90 Entwicklungszeitraum der Energieeinsparverordnung

EnEV 2009

Am 1. Oktober 2009 ist die heute aktuelle Fassung der Energieeinsparverordnung in Kraft getreten. Die Energieeinsparverordnung definiert – in Verbindung mit der DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ – eine Obergrenze für den jeweiligen „Primärenergiebedarf“ von Gebäuden. In unserem Projekt handelt es sich um bestehende Wohngebäude und daher sind der Abschnitt 3, §9-10a sowie die Anlagen 1 und 3-10 aus der EnEV ausschlaggebend. In der EnEV 2009 Anlage 3 Anforderungen an Wohn- und Bestandsgebäude werden die Mindestanforderungen bei Dämmwerten u.a. von Wänden, Dach und Fenster bei einer Sanierung erläutert. Ebenso regelt die Energieeinsparverordnung die Verpflichtung zur Ausstellung und den Aushang von Energieausweisen in Abschnitt 5 Absatz 2-3 z.B. bei Vermietung oder Verkauf von Wohngebäuden. Ebenso sind Anforderungen für den Neubau sowie Ausnahmegestimmungen für Denkmalschutz in der Energieeinsparverordnung festgeschrieben. Denkmalgeschützte Gebäude fallen beispielsweise nicht unter die EnEV und benötigen somit auch keinen Energieausweis. Des Weiteren ist die EnEV bei unwirtschaftlichen Sanierungsmaßnahmen nicht bindend.

Weitere Informationen zur aktuell gültigen EnEV 2009 sind unter dem Link www.enev-online.org/enev_2009_volltext zu finden.

EnEV 2014 kommt!

Wer heute ein neues Gebäude errichtet, muss die aktuelle Energieeinsparverordnung beachten. Allerdings müssen Planer, Bauherrn und Investoren bestimmter Bauvorhaben bereits den künftigen EnEV-Standard im Blick haben, der zum Zeitpunkt der Bauabnahme gelten wird. Bei großen Projekten kann dies die EnEV 2014 sein.

Warum ändert sich die EnEV?

Die Mitgliedsländer der Europäischen Union müssen ihre nationalen Regeln an die neue EU-Richtlinie für energieeffiziente Gebäude 2010 anpassen. Diese erlaubt ab 2020 nur noch die Neuerrichtung von Gebäuden im Niedrigstenergie-Standard und fordert energieeffiziente Sanierungen im Bestand. Ein Einfamilienhaus gilt als Niedrigenergiehaus, wenn der Heizwärmebedarfswert weniger als 70 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr beträgt. Dies entspricht etwa 7 l Heizöl pro m²/Jahr. Der Referentenentwurf verschärft die Effizienzanforderungen im Neubau in zwei Stufen: mit der EnEV 2014 und der geplanten EnEV 2016. Als Maßstab gelten der Jahres-Primärenergiebedarf zum Heizen, Wasser erwärmen, Lüften, Kühlen. Bei Nichtwohnbauten auch Beleuchtungen sowie der Wärmeverlust durch die Gebäudehülle - Außenwände, Dächer, Fenster und Decken. Der höchstzulässige Jahres-Primärenergiebedarf soll vermutlich 2014 und 2016 jeweils um 12,5 Prozent sinken und der maximale Wärmeverlust durch die Gebäudehülle soll parallel dazu zweimal um jeweils 10 Prozent reduziert werden.

Die wichtigsten geplanten Änderungen der EnEV auf einen Blick

1. Verschärfung der primärenergetischen Anforderungen (Gesamtenergieeffizienz) bei Neubau von Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden (um 12,5%, ab 2016 um weitere 12,5%)
2. Verschärfung der Anforderungen an die Gebäudehülle über den spezifischen Transmissionswärmeverlust (HT') und mittlere U-Werte.
3. Einführung des "Modellgebäudeverfahrens" als alternatives Nachweisverfahren (auch bekannt als "EnEV easy" / Einzelheiten werden separat im Bundesanzeiger veröffentlicht)
4. Stufenweise Senkung des Primärenergiefaktors von Strom auf 2,0 und ab 2016 auf 1,8.
5. Einführung einer Pflicht zur Nennung von Energiekennwerten in Immobilienanzeigen.
6. Neuskalierung des Bandtachs im Energieausweis für Wohngebäude bis 250 kWh/(m²a) und Stärkung der Modernisierungsempfehlungen.
7. Einführung eines Kontrollsystems für Energieausweise.
8. Einführung eines Kontrollsystems für Inspektionsberichte von Klimaanlageanlagen.
9. Streichung pauschaler Aufschläge bei gekühlten Wohngebäuden für End- und Primärenergiebedarf.
10. Im Gebäudebestand im Wesentlichen keine Verschärfung der Anforderungen bei der Modernisierung von Außenbauteilen und keine neuen Nachrüstpflichten mit Ausnahme einer Änderung bei Außentüren
11. Neudefinition zur Einsichtnahme des Energieausweises (Übergabe und erweiterte Aushangpflicht)

<http://www.zukunft-haus.info/gesetze-studien-verordnungen/enev-enev-historie/enev-2013.html> ; Zugriff am 29.04.13 um 10:21

Fazit

Das Quartier auf der Rude kann nur zum Teil mit einem großen Aufwand modernisiert werden. Ziel dieser Maßnahmen sind zum einen die Veränderung des Erscheinungsbildes des gesamten Stadtteils, des Weiteren die Steigerung der Attraktivität und Lebensqualität für die Bewohner und zum anderen die Reduzierung von Emissionen zum Schutze des Klimas. Die Wohnqualität im Stadtteil kann durch Veränderung des Wohnungsumfelds gesteigert werden, z.B. durch den Bau von Mehrgenerationenparks, der Schaffung einer verkehrsberuhigten Zone sowie der Einführung eines Müllkonzeptes. Alle Punkte steigern die Attraktivität des Stadtteils und durch das Müllkonzept reduzieren sich die Kosten in diesem Bereich. In Deutschland gibt es bereits mehrere Projekte, die umgesetzt und durch die Bewohner angenommen wurden. Die Besichtigungen des Stadtteils Rude haben ergeben, dass viele der Gebäude schon saniert sind. Das bedeutet im Bereich des bauphysikalischen Zustands bietet das Quartier auf der Rude im Verhältnis zur Wirtschaftlichkeit nur noch ein eingeschränktes Sanierungspotenzial. Es ist unverhältnismäßig, die bereits sanierten Gebäude nochmals energetisch zu verbessern. Ein CO₂-freie Rude ist nur durch die Sanierung der Häuser zu erreichen, wenn eine verhältnismäßig große Investitionssumme aufgebracht würde. Abschätzungen anhand der hier untersuchten Modelgebäude lassen vermuten, dass zwar ein bedeutendes Energie- und CO₂-Einsparpotenzial im Quartier vorhanden ist, dass die angestrebte CO₂-Neutralität aber nur schwer erreichbar ist. Ein recht großer Anteil der Gebäude wurde bereits so Saniert, dass sie nicht ganz den dafür erforderlichen Standard erreichen. Durch eine weitere Verdichtung mit Plus-Energiehäusern mit Photovoltaikanlagen, Nutzung von Geothermie und Solarthermie ist weitere CO₂-Einsparung möglich. Zu dem kann die Umstellung auf regenerative Energien Seitens des Energieversorgers zur Erzeugung von Strom und Wärme einen wesentlichen Beitrag zur CO₂-freien Stadtteil Rude leisten.

Ansichtsverzeichnis

Bild 1 / <http://www.bib-demografie.de/DE/ZahlenundFakten/02/>

bevoelkerungsbilanz_und_altersstruktur_node.html

Bild 2 /

Bild 3 / Eigene Bildaufnahme

Bild 4 / Eigene Bildaufnahme

Bild 5 / Quelle

http://www.srhh.de/srhh/export/sites/srhh/images/gewerbekunden/PDFs/SRH_Vertriebsfolde_r_Unterflur_1202.pdf

Bild 6 / Quelle:

http://www.srhh.de/srhh/export/sites/srhh/images/gewerbekunden/PDFs/SRH_Vertriebsfolde_r_Unterflur_1202.pdf

Bild 7 / Quelle:

http://www.paulwolff.de/fileadmin/Redaktion/7_pdf/7_4_Abfallmanagment/7_4_1_Muellkonzepte/M%FCllkonzepte2007.pdf

Bild 8 / Eigene Aufnahme

Bild 9 / Eigene Aufnahme

Bild 10 / Eigene Aufnahme

Bild 11 / Quelle: <http://www.braun-wuerfele.de/de/produkte-systeme/schallschutz/>

Bild 12 / Quelle: <http://www.express.de/koeln/fluester-asphalt-konrad-adenauer-ufer-ist-europas-leiseste-strasse,2856,4819382.html>

Bild 13 / Quelle: RadHuPe.de

Bild 14 / Quelle: Mila Gmbh.de

Bild 15 / Quelle: Solarkonstrukt.de

Bild 16 / Quelle: Solarkonstrukt.de

Bild 17 / Quelle: Solarkonstrukt.de

Bild 18 / Eigene Aufnahme

Bild 19 / Quelle: Abschlussbericht Rude:nachhaltig GST 11

Bild 20/ Eigene Darstellung

Bild 21/ Quelle: <http://www.swb-beleuchtung.de/fin> 1(Grafik wurde bearbeitet)

Bild 22/ Quelle: <http://www.swb-beleuchtung.de/fin> 1

Bild 23/ Eigene Anfertigung

Bild 24 / Quelle: <http://www.heinrich-luebke-siedlung.de/neubau/>

Bild 25 / Quelle: <http://www.heinrich-luebke-siedlung.de/wohnhaeuser/>

Bild 26 / Quelle: <http://www.schoenealtehaeuser.de/Einblasdaemmung/>

Bild 27,28 / Screenshot Hottgenroth

Bild 29,30 / Eigene Aufnahmen

Bild 31,32,33,34,35,36,37 / Screenshot Hottgenroth

Bild 38,39/ Quelle : <http://www.schoenealtehaeuser.de/Einblasdaemmung/>

Bild 40,42 und 43 Screenshot Hottgenroth

Bild 41 / Quelle: <http://www.bine.info/publikationen/basisenergie/publikation/altbau-fit-fuer-die-zukunft/eine-klare-sache-energieeffiziente-fenster/>

Bild 44 / Eigene Bildaufnahme

Bild 45,46 / Screenshot Hottgenroth

Bild 47 Seite 30 /

Bild 48,49,50, 51 / Screenshot Hottgenroth

Bild 52,53 / Eigene Bildaufnahme

Bild 55,56 / Screenshot Hottgenroth

Bild 57 Seite 33 / Eigene Darstellung

Bild 57,58, 59 / Informationsbroschüre der LEG- Köln- Niehl Seite 3,6,7

Bild 60,61,62 / Informationsbroschüre der LEG- Köln- Niehl Seite 5,9,11

Bild 63 / Quelle:

http://www.co2online.de/fileadmin/pressearchiv/Eigene_Pressemitteilungen/PM_2012/PM-Bilder/Print/Infografik_Entwicklung_Brennstoffpreise_2020.jpg

Bild 64,65/ Eigene Darstellung

Bild 66/ Quelle: <http://www.energiefoerderung.info/> ; Zugriff am 22.04.13 um 9:38

Bild 67 / Quelle: Anlagenmechanik, Tabellenbuch, Westermann, 2011, 1. Auflage, Druck 3. 2012, S 451

Bild 68/ Quelle: DIN 1946-2, Seite 3

Bild 69 / Quelle: <http://www.bifne.de/338.html>, 23.4.13, 10:15

Bild 70 /Quelle http://www.dolder-ing.ch/wissen/Lueftung-Klima/h-x-diagramm/Mollier_h-x-diagramm_Bild.htm, 23.4.13, 13:29

Bild 71 / Quelle: http://tfa-dost-mann.de/fileadmin/downloads/Prospekt_Raumklima_deutsch_TFA_Web.pdf, 02.05.13, 8:30

Bild 72 / Pistohl, Handbuch der Gebäudetechnik, Werner Verlag, 2005, 5 Auflage, S. L68

Bild 73 / Pistohl, Handbuch der Gebäudetechnik, Werner Verlag, 2005, 5 Auflage, S. L82

Bild 74,75 / Quelle: <http://www.beushausen-bpi-lingen.de/lueftung-klima.htm>

Bild 76 / Quelle: <http://www.light-building.messefrankfurt.com/>

Bild 77 / Quelle: <http://www.inventer.de/>

Bild 78 / Quelle: <http://www.foersting-haustechnik.de/html/waermerueckgewinnung.html>

Bild 79/ Quelle: <http://www.bowe-vaal.de/lueftungsbau-solaranlagen-heizungsbau-pellets.htm>

Bild 80 / Quelle: <http://www.inventer.de/>

Bild 81 / Quelle: Pistohl, Handbuch der Gebäudetechnik, Werner Verlag, 2005, 5 Auflage, S. L67

Bild 82 / Quelle: <http://www.inventer.de/>

Bild 83/ Quelle: <http://www.sbz-monteur.de/2012/06/26/tauschen-wir/>

Bild 84 / Quelle: http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/wohnraumlueftung/wrmetauscher.html

Bild 85 / Quelle <http://www.hoval.de/produkte/homevent-komfortlueftung/homevent-rs-250>

Bild 86 /Quelle: <http://www.inventer.de/>

Bild 87

Bild 88 / Eigene Bildaufnahme

Bild 89 / Eigene Bildaufnahme

Bild 90 / <http://www.zukunft-haus.info/gesetze-studien-verordnungen/enev-enev-historie/enev-2013.html> ; Zugriff am 29.04.13 um 10:21

Literaturverzeichnis

Informationsbroschüre der LEG "Köln-Niehl"

Informationsbroschüre der LEG "Gelsenkirchen-Lindenhof"

Datenbank Wirtschaftlichkeit; Hottgenroth-Energieberatersoftware 18599 3D Plus, Version 7.2.2; VDI 2067

<http://www.energiefoerderung.info/> ; Zugriff am 22.04.13 um 9:38

Kriterien für Nachhaltiges Bauen; Ökobilanzen und Umweltdeklarationen; Bautechnik; Brandenburgische Ingenieurkammer; Baukammer Berlin; Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft; Seite 10

www.enev-online.org/enev_2009_volltext ; Zugriff am 24.04.13 um 7:50

<http://www.zukunft-haus.info/gesetze-studien-verordnungen/enev-enev-historie/enev-2013.html> ; Zugriff am 29.04.13 um 10:21

* ²² Objektdaten technische Gebäudeausrüstung, BKI Stuttgart, 2012, G3, S 319 bis 333

* ²³ Objektdaten technische Gebäudeausrüstung, BKI Stuttgart, 2012, G3, Rückseite

http://www.paulwolff.de/fileadmin/Redaktion/7_pdf/7_4_Abfallmanagement/7_4_1_Muellkonzepte/M%FCllkonzepte2007.pdf

http://www.srhh.de/srhh/export/sites/srhh/images/gewerbekunden/PDFs/SRH_Vertriebsfolder_Unterflur_1202.pdf

www.e-radkaufen.de

www.donauer.de

www.solarkonstrukt.de

www.zukunft-haus.info/gesetze-studien-verordnungen/enev-enev-historie/enev-2013.html

Anhang



Fachschule für Technik und Gestaltung

Schützenkuhle 20-24

24937 Flensburg

Tel. 0461 . 852534

Fax 0461 . 851026

fstug@esfl.de



Laden Sie hier den Projektbericht als PDF herunter:

<http://www.eckener-schule-flensburg.de/fstug/388+M54a708de802.html>