



Schlussbericht 30. November 2010

Wärmeverlust von Funktionsöffnungen

Vorstudie zur Quantifizierung des
Wärmeverlustes von Gebäuden über
Funktionsöffnungen infolge Einrohrzirkulation



OEKAG

VHP 

VERBAND SCHWEIZERISCHER 
HAFNER- UND PLATTENGESCHÄFTE 

MINERGIE®

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Energie in Gebäuden
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

OEKAG WasserTechnik AG, Bodenhof-Terrasse 13a, 6005 Luzern
Verband Schweizer Hafner- und Plattengeschäfte VHP, Solothurnerstrasse 236, 4603 Olten
MINERGIE® Agentur Bau, St. Jakobs-Strasse 84, 4132 MuttENZ

Auftragnehmer:

Hochschule Luzern – Technik & Architektur
Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG)
Technikumsstrasse 21
CH-6048 Horw
www.hslu.ch

Autoren:

Serge Mattli, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, serge.mattli@hslu.ch
Urs-Peter Menti, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, urs-peter.menti@hslu.ch
Iwan Plüss, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, iwan.pluess@hslu.ch
Eveline Thaler, Hochschule Luzern – Technik & Architektur, eveline.thaler@hslu.ch

Begleitgruppe:

Dr. Charles Filleux, Bundesamt für Energie BFE, Forschungsprogramm Energie in Gebäuden
Heinrich Huber, MINERGIE® Agentur Bau, St. Jakobs-Strasse 84, 4132 MuttENZ
Marco von Wyl, Verband Schweizer Hafner- und Plattengeschäfte VHP, Solothurnerstrasse 236, 4603 Olten
Giorgio Morandini, OEKAG WasserTechnik AG, Bodenhof-Terrasse 13a, 6005 Luzern

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns

BFE-Programmleiter: Dr. Charles Filleux

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 154248 / 103225

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Die thermische Gebäudehülle wird von zahlreichen Durchführungen, sogenannten Funktionsöffnungen, verletzt. Im Gegensatz zu den Wärmebrücken werden diese in den gängigen SIA-Normen nicht berücksichtigt. Ein Grund dafür ist, dass diese bis heute noch nicht quantifiziert werden können.

In der MuKE n 2008 (Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich) wird der Trend der letzten Jahre zu sehr gut gedämmten Gebäudehüllen weitergeführt. Zudem werden immer mehr Gebäude nach dem Minergie-, respektive dem Minergie-P-Standard erstellt. Im Zusammenhang mit dieser Entwicklung verringert sich der Heizwärmebedarf stetig, womit die relative Bedeutung dieser bisher unbeachteten Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen zunimmt. Es wird vermutet, dass bei Gebäuden, welche nach dem Minergie-P-Standard ausgeführt werden, diese Verluste bis zu 10% des Heizwärmebedarfs ausmachen können.

In der vorliegenden Vorstudie soll diese Vermutung erhärtet oder widerlegt werden. Es soll anhand vereinfachter Berechnungen die Bedeutung der Funktionsöffnungen auf den Heizwärmebedarf ermittelt werden. Wird durch diese Vorstudie ein bedeutendes Potenzial identifiziert, so sollen in einer weiterführenden Forschungsarbeit die Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen detailliert ermittelt werden. Diese präzisierten Berechnungen dienen dann als Grundlage für Ergänzungen in den entsprechenden Normen und für die Entwicklung neuer Produkte mit besseren Eigenschaften betreffend Energieverlusten.

Für die Berechnungen wurden ein Einfamilienhaus und ein Mehrfamilienhaus untersucht.

Die Untersuchungen zeigen folgende Hauptkenntnisse:

- Die Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen können bei Minergie-P-Gebäuden von 20% bis über 30% des Heizwärmebedarfs ausmachen.
- Je kompakter das Gebäude, desto grösser ist der anteilmässige Verlust über die Funktionsöffnungen.
- Selbst bei Gebäuden welche vor 1988 erstellt wurden, können die Verluste über die Funktionsöffnungen über 10% des Heizwärmebedarfs ausmachen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Verluste über die Funktionsöffnungen unerwartet hoch sind. Es gilt dabei jedoch zu beachten, dass die Berechnungen tendenziell mit pessimistischen Werten durchgeführt wurden. Nichts desto trotz kann anhand der Resultate ein deutliches Energiesparpotenzial aufgezeigt werden, wenn im Bereich der Funktionsöffnungen die Verluste reduziert werden können. Zudem sollten die Energieverluste über die Funktionsöffnungen auch in den Normen und somit in den behördlichen Nachweisen thematisiert werden.

Summary

The thermal building envelope is pierced by numerous cables, air, and other ducting, so-called functional openings. In contrast to thermal bridges, these are not mentioned in current SIA Norms. One reason for this is that functional openings are not quantifiable to date.

In the MuKEn 2008 (the model energy regulations of the Swiss cantons) the current trend to even better insulated building envelopes continues. In addition, a growing number of buildings are constructed to meet the Minergie or Minergie-P Standard. As a result, the demand of heating energy decreases steadily, and the relative importance of the so far ignored heat loss through functional openings grows accordingly. It is believed that for Minergie-P buildings these losses may amount to as much as 10% of heating energy.

This assumption should be confirmed or disproved in this preliminary study. The effect of the functional openings on the overall heating energy demand will be assessed by simplified calculations. If the present work identifies a substantial saving potential, the heat loss by functional openings will be studied in depth in a follow-on research project and determined more accurately. These detailed calculations will then serve as a basis for extensions to the existing norms and for the development of new products with improved energy performance.

A single-family house and an apartment building have been investigated for the preliminary calculations.

The main conclusions of the study are:

- In Minergie-P buildings the heat loss through functional openings can be from 20% to 30% and more of the heating energy demand.
- The more compact the building is, the higher is the relative heat loss through functional openings.
- Even in buildings constructed before 1988, the heat loss through functional openings can exceed 10% of the heating energy demand.

The investigation shows that the losses caused by functional openings are higher than expected. However, we should keep in mind, that the preliminary calculations were done with slightly conservative (pessimistic) parameters. Nevertheless, the results show a substantial energy saving potential if heat losses by functional openings can be reduced. The heat losses through functional openings should also be addressed in building codes and by this in official certification by building authorities.

Glossar

CO ₂ Äquivalente	Menge der Treibhausgase, die pro verwendete Energieeinheit in die Atmosphäre emittiert wird. Sie wird als äquivalente CO ₂ -Emissionsmenge ausgedrückt, die denselben Treibhauseffekt wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen hat. Zusätzlich zu den beim Primärenergiefaktor berücksichtigten Prozessen berücksichtigt er die Treibhausgasemission bei der Verbrennung innerhalb des Bilanzperimeters.
Energiebezugsfläche (EBF)	Summe aller ober- und unterirdischen Geschossflächen die innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen und für deren Nutzung ein Beheizen oder Klimatisieren notwendig ist. Diese Fläche ist in der SIA 416/1 [6] im Detail definiert.
Freispiegelentwässerung	Die Freispiegelentwässerung ist die herkömmliche Art zur innenliegenden Entwässerung von Flachdächern. Bei dem Freispiegelentwässerungssystem wird das Flachdach über Gullys und ein im Gefälle verlegtes Rohrleitungssystem entwässert.
Heizöläquivalent	Als Heizöläquivalent bezeichnet man die Heizölmenge, die den gleichen Heizwert wie die vorgegebene Brennstoffmenge hat.
Heizwärmebedarf (Q _h)	Wärme, die dem beheizten Raum durch eine Heizungsanlage zugeführt werden muss, um den Sollwert der Raumtemperatur aufrecht zu erhalten.
Infiltration	Mit Infiltration wird der natürliche Luftwechsel über Undichtigkeiten in der Gebäudehülle bezeichnet.
Rückstauklappe	Rückstauklappen verhindern den Luftaustausch zwischen der Raumluft und der Aussenluft. Sie kommen Vorzugsweise bei Abgasanlagen und Verbrennungsluftzuführungen zum Einsatz sowie bei Nachströmöffnungen.
Schwitzwasser	Das Tau- oder Schwitzwasser ist besser als Kondenswasser bekannt und ist Wasser, welches sich an der Oberfläche von kühlen Gegenständen niederschlägt.
Wärmebrücke	Eine Wärmebrücke ist ein Bereich in Bauteilen eines Gebäudes, durch den die Wärme schneller nach außen transportiert wird, als durch die anderen Bauteile.
Wärmedämmperimeter / Dämmperimeter	Der Wärmedämmperimeter bezeichnet den Verlauf des Hauptwärmewiderstandes durch ein Gebäude oder auch durch eine Konstruktion. Der Wärmedämmperimeter verläuft an der Stelle des geringsten Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) an einer Konstruktion.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	8
1.1.	Ausgangslage	8
1.2.	Zielsetzung	8
1.3.	Recherchen	8
1.4.	Definition Funktionsöffnungen	8
1.4.1.	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	9
1.4.2.	Aussenluft- und Fortluftleitungen	9
1.4.3.	Dachentwässerung innenliegend	9
1.4.4.	Küchenabluftanlagen	10
1.4.5.	Einzelraumlüftung	10
1.4.6.	Abgasanlagen	10
1.4.7.	Verbrennungsluftzufuhr	11
1.4.8.	Nachströmöffnungen	11
1.4.9.	Elektrische Festinstallationen	11
1.4.10.	Liftschacht	12
1.4.11.	Leerrohre	12
1.4.12.	Technische Geräte	12
1.4.13.	Mechanische RWA	13
1.5.	Wärmeverluste von Funktionsöffnungen	13
1.6.	Berücksichtigte Wärmeverluste in der Vorstudie	14
1.7.	Aufbau des Berichts	15
2.	Grundlagen	16
2.1.	Berücksichtigte Funktionsöffnungen in der Vorstudie	16
2.2.	Annahmen und Festlegungen	17
2.3.	Vorgehen bei der Berechnung	17
2.4.	Beschrieb der Referenzgebäude zur Berechnung des Heizwärmebedarfs	19
2.5.	Abmessungen der Funktionsöffnungen	20
2.6.	Variation der Anzahl Funktionsöffnungen	21
3.	Resultate	22
3.1.	Einfamilienhaus	22
3.1.1.	Tabellenwerte	22
3.1.2.	Diagramme	23
3.2.	Mehrfamilienhaus	26
3.2.1.	Tabellenwerte	26
3.2.2.	Diagramme	27
4.	Sensitivitätsanalysen	30
4.1.	Einfluss des inneren Wärmeübergangskoeffizienten	30
4.2.	Wärmeverlustverhältnis Einrohrzirkulation gegenüber Wärmebrücke	30
5.	Fazit und Ausblick	31
5.1.	Fazit	31
5.2.	Ausblick	32
5.3.	Danksagung	32
6.	Literaturverweise	33
Anhänge	34
A 1.	Planunterlagen	35
A 1.1.	Planunterlagen Einfamilienhaus für die 380/1 Berechnung	35
A 1.2.	Planunterlagen Mehrfamilienhaus für die 380/1 Berechnung	39
A 2.	Berechnungsgrundlagen	45
A 2.1.	U-Werte der Bauteile beim Einfamilienhaus je nach Energiestandard	45
A 2.2.	U-Werte der Bauteile beim Mehrfamilienhaus je nach Energiestandard	45
A 2.3.	Berechnung der Wärmebrücke bei einer Abgasanlage	46
A 2.3.1.	Grundlagen	46
A 2.4.	Zusammenstellung der Berechnungsgrundlagen für die Berücksichtigung der Funktionsöffnungen im 380/1 Nachweis	47

A 2.5.	Zusammenstellung der umgerechneten Flächen für die Funktionsöffnungen	48
A 3.	Berechnungsverfahren.....	49
A 3.1.	Berechnung innerer Wärmeübergangskoeffizient bei freier Konvektion	49
A 3.1.1.	Verwendete Formelzeichen und Einheiten	49
A 3.1.2.	Beschrieb der Berechnung.....	50
A 3.1.3.	Verwendete Formeln	50
A 3.2.	Berechnung innerer Wärmeübergangskoeffizient bei erzwungener Strömung durch den Kamineffekt (erzwungene Konvektion).....	51
A 3.2.1.	Verwendete Formelzeichen und Einheiten	51
A 3.2.2.	Beschrieb der Berechnung.....	52
A 3.2.3.	Verwendete Formeln	52
A 3.3.	Berechnung Wärmeverlust von Rohrleitungen.....	53
A 3.3.1.	Verwendete Formelzeichen und Einheiten	53
A 3.3.2.	Beschrieb der Berechnung.....	53
A 3.3.3.	Verwendete Formeln	53
A 3.4.	Berechnung äquivalenter U-Wert für eine Wand (wird für die Berechnung im Energienachweis nach SIA 380/1 benötigt).....	54
A 3.4.1.	Verwendete Formelzeichen und Einheiten	54
A 3.4.2.	Beschrieb der Berechnung.....	54
A 3.4.3.	Verwendete Formeln	54
A 4.	Berechnungen.....	55
A 4.1.	Berechnungsbeispiel innerer Wärmeübergangskoeffizient und U-Wert Äquivalent bei erzwungener Konvektion	55
A 4.2.	Berechnungsbeispiel innerer Wärmeübergangskoeffizient und U-Wert Äquivalent bei freier Konvektion	56
A 4.3.	Berechnung Heizenergiebedarf nach SIA 380/1	57
A 4.3.1.	Einfamilienhaus Heizenergiebedarf nach Minergie-P Standard	57
A 4.3.2.	Einfamilienhaus Heizenergiebedarf nach Minergie-P Standard	62
A 5.	Detaillierte Resultate	68
A 5.1.	Detaillierte Aufstellung der Wärmeverluste pro Variante beim Einfamilienhaus	68
A 5.2.	Detaillierte Aufstellung der Wärmeverluste pro Variante beim Mehrfamilienhaus	69
A 5.3.	Energieverlust pro Funktionsöffnung.....	70
A 5.4.	Energiesparpotential in Liter Heizöläquivalente	71
A 5.5.	Energiesparpotential in CO ₂ -Äquivalente	72
A 5.6.	Resultate der Dreidimensionalen Wärmebrückenberechnung für die Abgasanlage	73

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Die thermischen Gebäudehüllen werden von diversen Durchführungen verletzt. Im Gegensatz zu den Wärmebrücken werden diese Wärmeverluste der Funktionsöffnungen (Kamin, Fallstrangentlüftung, Dachabläufe, Aussen- und Fortluft usw.) in den gängigen Normen für Wärmebedarf (SIA 384.201 [7], „Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast“) und Energienachweise (SIA 380/1 [4] „Thermische Energie im Hochbau“) nicht berücksichtigt. Ein Grund ist, dass der Einfluss bis heute noch nicht quantifiziert werden kann. Mit sinkendem Heizwärmebedarf nimmt die Bedeutung dieser bisher unbeachteten Wärmeverluste zu und es wird vermutet, dass diese energetischen Schwachstellen der Gebäudehülle vor allem bei Gebäuden auf Minergie-P-Level über 10% des Heizenergiebedarfs ausmachen können.

1.2. Zielsetzung

In dieser Vorstudie werden Wärmeverluste der wichtigsten Funktionsöffnungen in einer groben Näherung quantifiziert, um das Energiesparpotenzial im Neubau und im Gebäudebestand abschätzen zu können.

Zeigt die Vorstudie eine signifikante Bedeutung der Funktionsöffnungen, sind in einem weiterführenden Forschungsprojekt die Wärmeverluste detailliert zu ermitteln. Diese präziseren Berechnungen dienen dann als Grundlage für Ergänzungen in den entsprechenden Normen und für die Entwicklung neuer Produkte mit besseren Eigenschaften betreffend Energieverluste.

1.3. Recherchen

Im Vorfeld der Studie wurden Recherchen durchgeführt zum Thema Funktionsöffnungen. Die Recherchen in verschiedenen Medien wie Normenwerken, Bibliotheken, Internet, bei Fachplanern, Herstellern (Geberit und Raab Kamine) und bei den kantonalen Energiefachstellen Luzern und Zürich führten zu keinem Erfolg. Die Thematik des Wärmeverlustes über Funktionsöffnungen wurde noch nirgends thematisiert.

1.4. Definition Funktionsöffnungen

Funktionsöffnungen sind technische Installationen die den Betrieb eines Gebäudes sicherstellen und welche eine direkte Verbindung zum Aussenklima aufweisen.

Es existieren bei einem Wohngebäude folgende Funktionsöffnungen:

- Entlüftungsleitungen (Sanitär)
- Aussenluft- und Fortluftleitungen (Lüftung)
- Dachentwässerungen innenliegend
- Küchenabluftanlagen
- Einzelraumventilierung
- Abgasanlagen
- Verbrennungsluftzufuhr
- Nachströmöffnungen
- Elektrische Festinstallationen
- Liftschacht
- Leerrohre
- Technische Geräte (Wäschetrockner, etc.)
- Mechanische RWA

Auf den folgenden Seiten werden die einzelnen Funktionsöffnungen näher beschrieben.

1.4.1. Entlüftungsleitungen (Sanitär)

Lüftungsleitungen dienen der Luftzirkulation und haben die Aufgabe, die benötigte Luft in kurzer Zeit bis zu den Geruchsverschlüssen zu leiten, so dass das Abwasser aus den Entwässerungsgegenständen störungsfrei abfliessen kann. Sie haben aber auch die Aufgabe, die Belüftung und Entlüftung der Gebäude- und Grundstückentwässerung, sowie der Kanalisation sicherzustellen.

Die Entlüftungsleitung hat direkten Kontakt zur Aussenluft. Bei einem Spülvorgang wird daher direkt Aussenluft ins Rohr gesogen. Ansonsten steigen die Kanalgase im Rohr nach oben.

Die Entlüftungsleitungen sind auch heutzutage noch nicht wärmegeklämt. Durch diesen Umstand wird über die Rohroberfläche im Gebäudeinnern die Raumwärme ins Rohr geleitet und nach Aussen geführt.

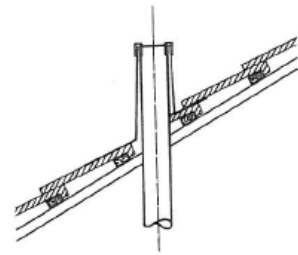


Abbildung 1: Entlüftungsleitung über Dach geführt (Quelle: SN 592000 Liegenschaftsentwässerung)

1.4.2. Aussenluft- und Fortluftleitungen

Aussenluft- und Fortluftleitungen dienen dem Wohnungslüftungsgerät als Verbindung zur Aussenluft, damit dieses die Lufterneuerung gewährleisten kann.

Die Lufttemperatur in der Fortluftleitung ist vom Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung im Lüftungsgerät abhängig. Es gilt zu beachten, dass die Fortlufttemperatur im Winter deutlich unter der Raumlufttemperatur liegen kann.

Gemäss der Norm SIA 382/1 „Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen“ sind sämtliche Luftkanäle bei denen im Auslegungsfall ein Wärmestrom zwischen Medium und Umgebung von mehr als 8 W/m^2 auftreten würde, so gegen Wärmeübertragung zu dämmen, dass der Wärmestrom mit der Wärmedämmung maximal 5 W/m^2 beträgt.

Bei Stillstand der Lüftungsanlage gelangt Wärmeenergie aus dem Gebäudeinnern über die isolierten Kanäle nach Aussen.

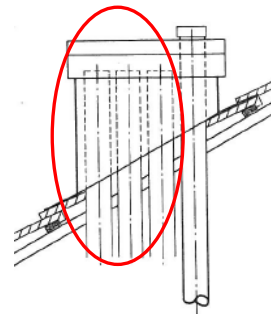


Abbildung 2: Fortluftleitungen über Dach geführt (Quelle: SN 592000 Liegenschaftsentwässerung)

1.4.3. Dachentwässerung innenliegend

Die Leitungen der Dachentwässerung sind meistens nur minimal gegen Schwitzwasser gedämmt. In den Leitungsschächten erwärmt sich die Luftsäule in den Rohren womit die warme Luft nach oben steigt und über den Einlauf nach draussen gelangt.

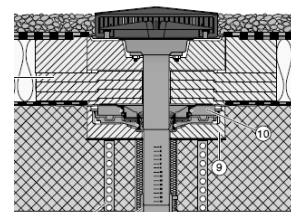


Abbildung 3: Dachentwässerung (Quelle: Geberit Entwässerungssysteme)

1.4.4. Küchenabluftanlagen

Die Abluftleitungen für Dunstabzugshauben müssen nach geltendem Recht im Raum nicht isoliert werden. Es wird lediglich empfohlen keine Wärmebrücken entstehen zu lassen, sowie Kondenswasserbildung durch Dämmung der Leitung im Kältebereich oder in unbeheizten Zonen zu verhindern.

Durch die fehlende Dämmung erwärmt sich die Luft in der Abluftleitung und gelangt dadurch mittels Einrohrzirkulation ins Freie. Mittels des Einsatzes einer Rückstauklappe am Ende des Luftaustrittes kann der Luftaustausch verringert werden.

Ein zusätzlich zu beachtender Punkt ist die Sicherstellung der Nachströmluft (1.4.8).



Abbildung 4: Küchenablufthaube (Quelle: V-Zug technische Info und Zubehör für Dunstabzüge)

1.4.5. Einzelraumlüftung

In Wohnungen mit innenliegenden Räumen oder fensterlosen Nasszellen werden bei nicht vorhandenem Wohnungslüftungsgerät reine Abluftventilatoren eingesetzt.

In Abbildung 5 wird der Abluftventilator direkt in die Aussenwand eingebaut, womit die Leitungslänge auf ein Minimum reduziert wird.

In Mehrfamilienhäusern befinden sich die Nasszellen jedoch häufig in der Kernzone des Gebäudes, wodurch die Abluft in einem Steigschacht über Dach abgeführt wird. Diese Abluftleitungen werden meistens nur minimal gegen die Schwitzwasserbildung gedämmt.

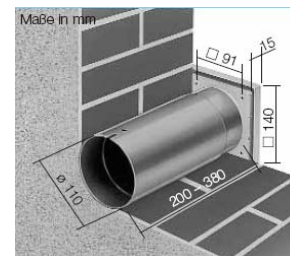


Abbildung 5: WC Abluftventilator (Quelle: Helios Hauptkatalog)

1.4.6. Abgasanlagen

Beim Kamin sind mehrere Faktoren für den Wärmeverlust massgebend. Einerseits trägt der Nutzer eine gewisse Eigenverantwortung bezüglich des Wärmeverlustes über die Abgasanlage, andererseits fallen je nach Standort des Kamins und der entsprechenden Abgasanlage Wärmeverluste an.

Bei den Schwedenöfen ist das Rauchrohr mit einem manuellen Schieber oder einer Klappe ausgerüstet, womit der ungehinderte Luftaustausch durch den natürlichen Luftzug im Stillstand minimiert wird. Hier liegt es am Nutzer, den Wärmeverlust bei Abwesenheit oder Stillstand des Ofens zu minimieren.

Wird der Luftaustausch durch die Abgasklappe unterbunden, kann die Einrohrzirkulation auftreten.

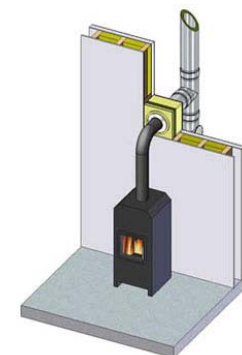


Abbildung 6: Schwedenofen mit Rauchrohr (Quelle: Edelstahl-schornstein.nl)

1.4.7. Verbrennungsluftzufuhr

Die direkte Verbrennungsluftzufuhr gewährleistet eine einwandfreie Verbrennung in einem luftdichten Gebäude. Bei Minergie-P-Gebäuden ist eine direkte Verbrennungsluftzufuhr Stand der Technik.

Es besteht die Möglichkeit, dass die Verbrennungsluftzufuhr bei Stillstand mit einer Klappe geschlossen wird. Befindet sich die Verbrennungsluftklappe beim Dämmperimeter, so kann die Einrohrzirkulation weitgehend verhindert werden. Oft sind die Luftklappen bei der Feuerstätte angeordnet. In diesem Fall sind Wärmeverluste über Einrohrzirkulation wahrscheinlich.



Abbildung 7: Externe Verbrennungsluftzufuhr (Quelle: trimo-direkt.de)

1.4.8. Nachströmöffnungen

Die für den Druckausgleich benötigte Frischluft (Küchenabluft, Feuerstätten) muss über eine Öffnung in der Fassade oder die kontrollierte Wohnungslüftung zugeführt werden.

Es gibt hier mehrere Möglichkeiten die Frischluftzufuhr zu gewährleisten. Nachstehend sind die wesentlichen Arten aufgeführt:

- Fensteröffnung
- „Undichte“ Gebäudehülle bei alten Gebäuden
- Aussenluft-Durchlass
- Mechanisch zugeführte Ersatzluft

Je nach Frischluftzufuhr ist der Wärmeverlust verschieden. Während bei der Fensteröffnung im Stillstand der Anlage kein zusätzlicher Wärmeverlust entsteht, stellt der Aussenluftdurchlass eine zusätzliche permanente Wärmebrücke dar. Je nach Anordnung und Ausführung des Durchlasses können mittels der thermischen Auftriebsströmung Wärmeverluste im Stillstand entstehen.

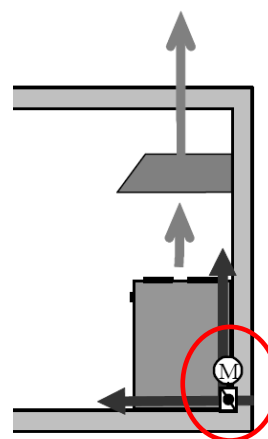


Abbildung 8: Ersatzluft über einen Aussenluftdurchlass (Quelle: Küchenabluft in Wohnungen)

1.4.9. Elektrische Festinstallationen

Elektroinstallationen welche in Hüllrohren verlegt werden haben einen inneren freien Querschnitt die luftoffene Verbindungen zwischen Innen und Aussen (auch zu unbeheizten Räumen) aufweisen können.

Bei der üblicherweise grossen Anzahl solcher Leitungen summieren sich die jeweils etwa zwei bis drei Quadratzentimeter grossen Undichtheiten schnell zu faustgrossen Löchern. Es gilt hier jedoch anzumerken, dass die meisten Verbindungen innerhalb der Gebäudehülle liegen.



Abbildung 9: Wärmeverlust über Steckdose (Quelle: Bauherrenhilfe.at)

1.4.10. Liftschacht

Viele Liftschächte durchbrechen den Wärmedämmperimeter. Sie führen vom meist unbeheizten Untergeschoss durch beheizte Stockwerke ins unbeheizte Dachgeschoss respektive in den Liftaufbau. Luftströmungen verstärken den Effekt. Über undichte oder offene Kellerfenster strömt kalte Aussenluft in den Schacht, wird an den Schachtwänden erwärmt und steigt - infolge der Kaminwirkung - auf. Über Lüftungsöffnungen im Schachtkopf strömt schliesslich die erwärmte Luft nach aussen.



Abbildung 10: Liftschachtlüftung (Quelle: liftschachentrauchung.de)

1.4.11. Leerrohre

Es gibt bestimmte Situationen wo Leerrohre eingebaut werden, um zu einem späteren Zeitpunkt technische Nachrüstungen durchzuführen. Ein Beispiel ist ein im Schacht eingebautes Leerrohr welches zur Nachrüstung einer Solaranlage verwendet werden kann.

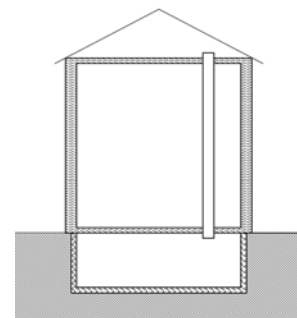


Abbildung 11: Leerrohr

1.4.12. Technische Geräte

In jedem Haushalt befinden sich unzählige technische Geräte. Mitunter auch solche, welche eine Abluftleitung benötigen. Als Beispiel ist hier der Wäschetrockner aufgeführt. Die aus der Wäsche entzogene Feuchtigkeit wird dabei über die Abluftleitung nach draussen geführt. Die Abluftleitung wird dabei als Funktionsöffnung bezeichnet.

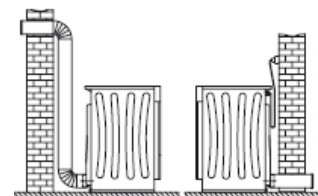


Abbildung 12: Wäschetrockner mit Abluft (Quelle: V-Zug Planungshilfe für Waschautomaten und Wäschetrockner im Einfamilienhaus und in der Wohnung)

1.4.13. Mechanische RWA

Bei bestimmten Gegebenheiten ist es notwendig eine mechanische Entrauchungsanlage zu installieren. Diese Anlagen sind jedoch sehr selten in Betrieb (Brandfall und Testfall). Durch diesen Umstand kann in den Entrauchungskanälen die Einrohrzirkulation entstehen. Da die Kanäle nach den geltenden Brandschutzvorschriften gedämmt sind, gilt der Wärmeverlust bei Neubauten als eher klein einzuschätzen. Bei den bestehenden Bauten ist jedoch eine nachträgliche Isolation nur mit grossem Aufwand umsetzbar.

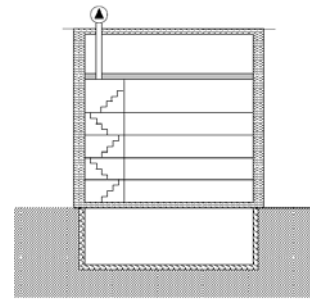


Abbildung 13: Mechanische RWA zur Treppenhausentrauchung bei einem MFH

1.5. Wärmeverluste von Funktionsöffnungen

Jede Funktionsöffnung erzeugt einen Wärmeverlust, da sie in direktem Kontakt mit dem Aussenklima steht. In der vorliegenden Studie werden nur statische Zustände betrachtet. Das heisst die Wärmeverluste bei Stillstand der Anlage. Der Wärmeverlust kann über drei verschiedene Phänomene (Abbildung 14) erfolgen.

1. Infiltration

Durch die direkte Verbindung des Raumklimas mit dem Aussenklima wird über Konvektion ein Luftaustausch erzeugt.

2. Wärmebrücken

Bei der Durchdringung der thermischen Gebäudehülle entsteht durch die Funktionsöffnung eine Wärmebrücke.

3. Einrohrzirkulation (Auskühlung durch thermische Auftriebsströmung)

Die Einrohrzirkulation entsteht, wenn keine Infiltration eintritt. Dies ist dann der Fall, wenn sich Klappen oder Flüssigkeitssäulen in den Funktionsöffnungen befinden.

Bei Stillstand der Anlage kühlt die Luft im Rohr aus und die Wärmeenergie aus dem Raum (Schacht) wird über die Dämmung (je nach Funktionsöffnung vorhanden oder nicht) und die Rohrwand an die Luft im Rohr abgegeben. Die Luft erwärmt sich und steigt aufgrund der geringeren Dichte nach oben.

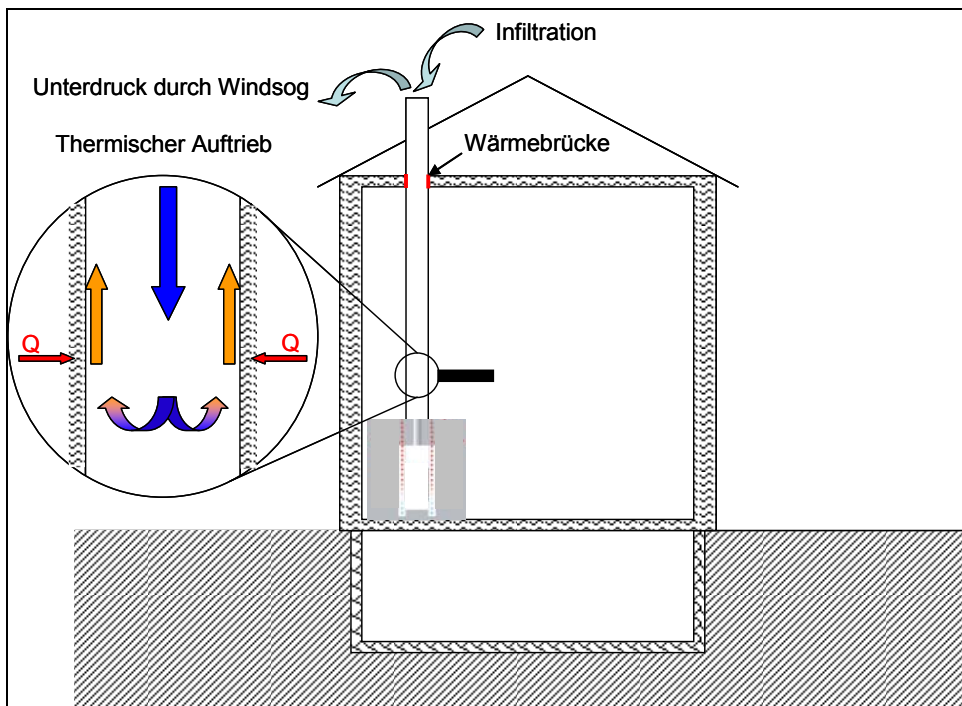


Abbildung 14: : Wärmeverlust bei Funktionsöffnungen

1.6. Berücksichtigte Wärmeverluste in der Vorstudie

Nach den heute geltenden Normen werden in der Norm SIA 380/1 [4] „Thermische Energie im Hochbau“ die Wärmebrücken sowie die Luftleckagen durch Infiltration berücksichtigt. Anhand des Wärmebrückenkataloges oder durch Berechnung werden die Wärmebrücken im Nachweis eingerechnet.

Der Infiltration über die Gebäudehülle wird im Nachweis mittels Standardwerten je nach Nutzung Rechnung getragen. (siehe SIA 380/1 [4]:2009 Absatz 3.5.1.9) Diese Standardwerte berücksichtigen den durch Abluftanlagen z.B. in Küchen, Badzimmern und WC verursachten Aussenluft-Volumenstrom. Die Verluste über Wärmebrücken und Infiltration werden in dieser Studie daher nicht berücksichtigt.

Wärmeverluste durch die thermische Auftriebsströmung in Funktionsöffnungen mit Einrohrzirkulation werden nach geltenden Normen jedoch im Wärmebedarfsnachweis nicht berücksichtigt.

Aus diesem Grund werden in dieser Studie nur die Wärmeverluste über die Einrohrzirkulation in den Funktionsöffnungen genauer betrachtet. Zur Abschätzung wie gross dieser Anteil im Vergleich zum Wärmeverlust über die Wärmebrücke ist, wird auch eine Wärmebrücke für eine Abgasanlage gerechnet.

Folgende Themen werden in der Studie nicht berücksichtigt:

- Verluste bei Betrieb der Anlagen
- Verluste durch die Infiltration
- Verluste über einen durch den Windsog verursachten Unterdruck
- Wärmebrücken die durch die Funktionsöffnungen entstehen bei der Durchdringung des Dämmperimeters.

Zur Abschätzung der Relationen zwischen dem Wärmeverlust über die Einrohrzirkulation und dem Wärmeverlust über eine Wärmebrücke wurde ein Beispiel gerechnet. Hierfür wurde die Abgasanlage genauer untersucht. Das Resultat ist unter 4.2 dokumentiert.

In der Vorstudie werden nicht alle Arten von Funktionsöffnungen untersucht. Für die energetische Betrachtung wurden einige relevante Funktionsöffnungen in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ausgesucht.

1.7. Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht definiert die wesentlichen Ergebnisse. Viele Detailergebnisse werden – zur besseren Übersichtlichkeit des Hauptteils – nur im Anhang dokumentiert.

Zu Beginn werden die Berechnungsgrundlagen aufgeführt. (Abschnitt 2) In Abschnitt 3 sind die Resultate aufgeführt und erläutert. Diese sind unterteilt in die Resultate für das Einfamilienhaus und das Mehrfamilienhaus. Um die Plausibilität der Resultate zu überprüfen respektive einzuordnen, wurde im Abschnitt 4 eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt mit welcher der Einfluss des inneren Wärmeübergangskoeffizienten untersucht wurde.

Abschliessend wird im Abschnitt 5 ein Fazit gezogen sowie ein Ausblick für das weiterführende Projekt gemacht.

2. Grundlagen

2.1. Berücksichtigte Funktionsöffnungen in der Vorstudie

In der Vorstudie wird nicht der Einfluss aller Funktionsöffnungen untersucht. Für die energetische Betrachtung wurden einige relevante Funktionsöffnungen in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ausgesucht. Welche Funktionsöffnungen genau in der Studie berücksichtigt werden, kann der Tabelle 1 entnommen werden.

Funktionsöffnung	Werden in der Studie untersucht	Funktionsöffnung	Werden in der Studie untersucht
Entlüftungsleitungen (Sanitär)	X	Elektrische Festinstallationen	
Fortluftleitungen (Lüftung)	X	Liftschacht	
Dachentwässerungen innenliegend	X	Leerrohre	
Küchenabluftanlagen	X	Verbrennungsluftzufuhr	X
Einzelraumentlüftung	X	Technische Geräte (Tumbler, etc.)	
Abgasanlagen	X	Mechanische RWA	
Nachströmöffnungen			

Tabelle 1: Auswahl der Funktionsöffnungen, welche in der Studie untersucht werden

2.2. Annahmen und Festlegungen

In den Besprechungen mit den Projektpartnern wurden diverse Annahmen und Festlegungen getroffen. Nachfolgend ein Auszug der wichtigsten Punkte:

- Lüftungsanlagen ausserhalb der thermischen Zone werden nicht untersucht.
- Bei den Energiestandards wird der Minergie Standard nicht betrachtet, da dieser nahe am Grenzwert SIA 380/1 [4] (2009) liegt.
- Die Einzelraumlüftungen werden ohne Dämmung berechnet. Diese Annahme basiert auf Aussagen von Haustechnikplanern.
- Die Lüftungsleitungen werden mit einer Dämmung von 13 mm gerechnet. Gemäss der MuKE 2008 (Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich) werden neu mindestens 30mm Dämmung vorgeschrieben. Somit würden die Lüftungsleitungen in Wirklichkeit wesentlich kleinere Verluste aufweisen als in den Resultaten dargestellt.
- Es handelt sich bei der Vorstudie um eine Abschätzung zur Ermittlung des Energieeinsparpotenzials. Die Berechnungen werden dementsprechend mit pessimistischen Werten durchgeführt. Dadurch sind die Verluste in den Resultaten sicherlich grösser als in Realität.
- Die Wohnungsraumlüftung läuft normalerweise 8760 h/a. Daher sind die Verluste durch die Lüftung eher aus lüftungstechnischer Sicht zu betrachten.
- Die Energieeinträge im Aussenluftkanal kommen der Wärmerückgewinnung zugute, womit diese Wärme wieder dem Raum zugeführt wird.
- Die Verluste über die Fortluftleitung können nicht gegen Aussentemperatur gerechnet werden, da die Fortlufttemperatur durch den Wirkungsgrad der WRG nicht auf den Wert der Aussenlufttemperatur abgekühlt werden kann.
- Durch diese Feststellung werden nur die Fortluftleitungen in der Studie berücksichtigt, welche mit einem Reduktionsfaktor (b-Faktor) korrigiert werden.

Nach Rücksprache von OEKAG mit der Firma SIKA Sarnafil wurden bei Mehrfamilienhäusern in den letzten Jahren praktisch keine Schrägdächer mehr gebaut. Zudem werden in den Flachdächern von Mehrfamilienhäusern in der Regel Freispiegelentwässerungen eingebaut. Unterdrucksysteme wurden in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt.

2.3. Vorgehen bei der Berechnung

Die Grösse des Wärmeverlustes bei nicht gedämmten oder nur gering gedämmten Rohrleitungen wird massgebend durch die Wärmeübergangskoeffizienten (innen und aussen) beeinflusst. Aus diesem Grund wird für diese Vorstudie den Wärmeübergangskoeffizienten besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Der Wärmeübergangskoeffizient setzt sich aus einem konvektiven und einem Strahlungsanteil zusammen. Der Strahlungsanteil beim äusseren Wärmeübergangskoeffizienten kann bei diesen kleinen Temperaturdifferenzen (ca. 8K zwischen Schachtwand und Rohroberfläche) vernachlässigt werden. Für den inneren Wärmeübergangskoeffizienten entfällt er gar ganz, da die Rohrfläche innen die gleiche Temperatur aufweist.

Der äussere Wärmeübergangskoeffizient wurde mit $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ angenommen. Gemäss dem VDI Wärmeatlas [1] auf Seite Eb1 ist diese Annahme bei isolierten Rohrleitungen in ruhender

Luft legitim. Zur Vereinfachung dieser Vorstudie werden auch die nicht gedämmten Rohrleitungen mit den $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ gerechnet. Gemäss der Formel auf Seite Eb1 sind die $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ der Grundwert, welcher noch 0.04mal mit der Temperaturdifferenz zwischen Oberflächentemperatur Rohr und Lufttemperatur im Schacht erhöht werden kann. Diese Temperaturdifferenz ist der einzige Unterschied zwischen gedämmter und nicht gedämmter Rohrleitung. Da wir keine grossen Temperaturdifferenzen haben, kann diese Vereinfachung gemacht werden. Für eine weitere Studie sollten diese Werte jedoch mittels Messungen bestätigt oder widerlegt werden.

Der innere Wärmeübergangskoeffizient wird gemäss [2] berechnet. Dabei wird zwischen freier Konvektion und erzwungener Konvektion unterschieden. Die freie Konvektion (Einrohrzirkulation) ist bei Rohren vorhanden, bei welchen durch eine Klappe oder ähnliches die Aussenluft von der Raumluft getrennt wird.

Bei Rohren welche eine direkte Verbindung zwischen Aussen- und Innentemperatur oder Kanalisationstemperatur aufweisen gilt die erzwungene Konvektion, welche durch den Temperaturunterschied (somit Dichteunterschied) hervorgerufen wird.

Weiter werden für die Berechnungen die Funktionsöffnungen in drei Kategorien unterteilt. Die Kategorien sind abhängig von der Temperatur im Rohr und der Verbindung zum Raum. Nachfolgend sind die durch uns definierten Kategorien aufgeführt, mit den dazu gehörigen Funktionsöffnungen auf welchen die weiteren Berechnungen basieren:

Kanalisationstemperatur konstant 10°C im Winterhalbjahr

- Dachabwasser
- Entlüftungsleitungen (Sanitär)

Der Reduktionsfaktor (b-Faktor) wird mit 0.6 eingesetzt und ist mir der durchschnittlichen Aussentemperatur im Winterhalbjahr zur Kanalisationstemperatur ermittelt worden.

Aussenlufttemperatur im Rohr

- Lüftungsrohr Fortluft (b-Faktor 0.8)

Einrohrzirkulation (b-Faktor muss in der Studie ermittelt werden)

- Küchenabluftanlagen
- Einzelraumentlüftung
- Abgasanlagen
- Verbrennungsluftzufuhr

Weiter wird bei der Vorstudie unterschieden zwischen Funktionsöffnungen welche bei Gebäuden mit Baujahr vor 1988 eingebaut wurden und solchen die in neueren Bauten eingebracht werden. Diese Unterscheidung findet bei den Sanitärleitungen und den Abgasanlagen statt. Dabei werden andere Materialien verwendet für die Berechnung. Bei den Sanitärleitungen werden Rohre aus Gusseisen und bei den Abgasanlagen Vollbackstein-Kamine gerechnet.

Die detaillierten Berechnungsgrundlagen zu den Funktionsöffnungen sind im Anhang unter A 2.4 ersichtlich.

Mit den weiter oben bestimmten Wärmeübergangskoeffizienten kann mittels der Formel „Wärmestrom durch eine mehrschichtige Zylinderwand“ aus [1] der Wärmeverlust der Funktionsöffnungen berechnet werden.

Um die Wärmeverluste mit dem SIA 380/1 [4] Nachweis rechnen zu können, bedarf es noch der Umrechnung des Wärmestroms in einen äquivalenten U-Wert (siehe A 3.4), welcher dann im Berechnungsprogramm eingegeben werden kann. Zur Vereinfachung für die Vorstudie wird die mittlere Temperatur im Schacht ebenfalls mit 20°C angenommen. Für die Folgestudie müsste die Schachttemperatur jedoch berechnet werden.

Dank der Resultate aus dem SIA 380/1 [4] Berechnungsprogramm kann der prozentuale Anteil des Wärmeverlustes am gesamten Wärmeverlust ausgegeben werden.

2.4. Beschrieb der Referenzgebäude zur Berechnung des Heizwärmebedarfs

Zur Ermittlung des Wärmeverlustes werden die Funktionsöffnungen in ein Einfamilienhaus sowie ein Mehrfamilienhaus eingerechnet, welche als Referenzgebäude dienen. Beide Gebäude werden mit der Klimastation Luzern gerechnet. Es handelt sich dabei um ein Einfamilienhaus aus Emmenbrücke, welches schon als Anwendungsbeispiel für die SIA Dokumentation 0208 diente. Die Originalpläne wurden vom Generalunternehmer Anliker AG aus Emmenbrücke zur Verfügung gestellt.

Beim Mehrfamilienhaus handelt es sich um ein Gebäude welches in Einsiedeln erstellt werden wird. Die Pläne wurden uns freundlicherweise vom Architektur- und Ingenieurbüro C. Breu aus Rickenbach SZ zur Verfügung gestellt.

Um den Einfluss des Wärmeverlustes der Funktionsöffnungen auf verschiedene Energiestandards hin zu untersuchen werden die Kennwerte der Gebäudehüllen entsprechend abgeändert (siehe Anhang A 2.1 und A 2.2).

Im Anhang unter A 1 sind die Pläne der oben erwähnten Gebäude ersichtlich. Auf diesen basieren die Berechnungen nach SIA 380/1 [4].

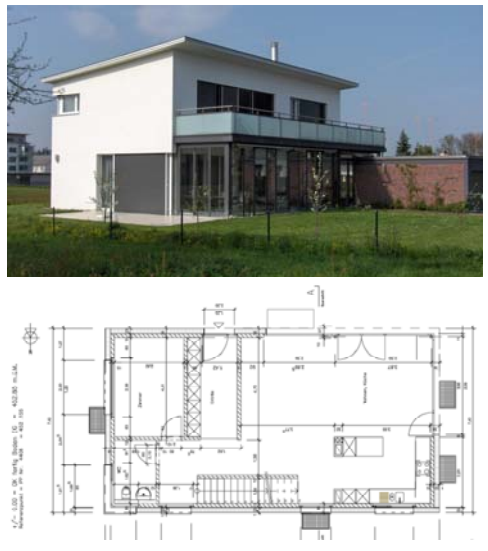
Energiestandard	Grenzwert Q_{hi}	Bedarf Q_h	
Gebäude vor 1980	380 MJ/m ²	375 MJ/m ²	
SIA 380/1 (1988)	330 MJ/m ²	312 MJ/m ²	
SIA 380/1 (2009)	181 MJ/m ²	165 MJ/m ²	
SIA 380/1 (2009) San	226 MJ/m ²	226 MJ/m ²	
Minergie-P	108 MJ/m ²	105 MJ/m ²	

Abbildung 15: Heizwärmebedarf bei unterschiedlichen Energiestandards für das EFH (San = Sanierung)

Energiebezugsfläche und Gebäudehüllzahl des Einfamilienhauses	
Energiebezugsfläche	245.9 m ²
Gebäudehüllzahl	2.09



Energiestandard	Grenzwert Q_{hii}	Bedarf Q_h	
Gebäude vor 1980	380 MJ/m ²	375 MJ/m ²	 
SIA 380/1 (1988)	300 MJ/m ²	292 MJ/m ²	
SIA 380/1 (2009)	123 MJ/m ²	115 MJ/m ²	
SIA 380/1 (2009) San	154 MJ/m ²	133 MJ/m ²	
Minergie-P	74 MJ/m ²	69 MJ/m ²	

Abbildung 16: Heizwärmebedarf bei unterschiedlichen Energiestandards für das MFH

Energiebezugsfläche und Gebäudehüllzahl des Mehrfamilienhauses	
Energiebezugsfläche	1426.1 m ²
Gebäudehüllzahl	1.25

2.5. Abmessungen der Funktionsöffnungen

Die Leitungslängen der Funktionsöffnungen werden anhand der Planunterlagen im Anhang A 1 definiert. Es handelt sich hierbei um Abschätzungen. In Realität variieren die Leitungslängen je nach Raumeinteilung und Architektur. Für das Mehrfamilienhaus mit 7 Wohneinheiten wurden die Leitungslängen der Funktionsöffnungen über alle Wohnungen gemittelt. Die verwendeten Abmessungen sind im Anhang unter A 2.4 aufgeführt.

2.6. Variation der Anzahl Funktionsöffnungen

Für die Berücksichtigung der Funktionsöffnungen in den beiden Referenzgebäuden wird jeweils eine Variantenmatrix erstellt. Aus diesen geht hervor, welcher Energiestandard mit wie vielen Funktionsöffnungen gerechnet wird (siehe Abbildung 17 und Abbildung 18).

Die Anzahl Funktionsöffnungen pro Energiestandard wird durch die Hochschule Luzern möglichst realitätsgetreu definiert und von den Projektpartnern bestätigt. Es liegt auf der Hand, dass in Wirklichkeit die Anzahl Funktionsöffnungen stark variieren kann. Diesem Umstand kann in der vorliegenden Studie nicht Rechnung getragen werden. Weiter haben Feldbeobachtungen ergeben, dass bei Sanierungen von älteren Wohnbauten mit wenigen Funktionsöffnungen nach der Sanierung das zwei- bis vierfache an Funktionsöffnungen über Dach geführt wird. Dies unter anderem weil der Wohnkomfort durch grössere Küchen und attraktivere Badelandschaften immer höher wird.



Einfamilienhaus (1 Wohneinheit)			Varianten				
	Energiestandard						
	Gebäude vor 1980				x	x	
	SIA Grenzwert 1988			x	x	x	
	SIA Grenzwert 2009		x	x		x	
	SIA Grenzwert 2009, Sanierung		x	x		x	
Minergie-P		x				x	
Funktionsöffnungen		Einbausituation		Anzahl Funktionsöffnungen			
		Senkrecht	Waagrecht				
				Viel	Mittel	Wenig	keine
	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	<input type="radio"/>		2	1	1	0
	Dachentwässerungen innenliegend	<input type="radio"/>		1	1	0	0
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	<input type="radio"/>		1	0	0	0
	Küchenabluftanlagen	<input type="radio"/>		1	1	1	0
	Einzelraumentlüftungen	<input type="radio"/>		0	1	0	0
Abgasanlagen	<input type="radio"/>		1	1	1	0	
Verbrennungsluftzufuhr		<input type="radio"/>	1	0	0	0	
x Energiestandard, welcher mit der entsprechenden Anzahl Funktionsöffnungen berechnet wird							

Abbildung 17: Variantenmatrix Einfamilienhaus



Mehrfamilienhaus (7 Wohneinheiten)			Varianten				
	Energiestandard						
	Gebäude vor 1980				x	x	
	SIA Grenzwert 1988			x	x	x	
	SIA Grenzwert 2009		x	x		x	
	SIA Grenzwert 2009, Sanierung		x	x		x	
Minergie-P		x				x	
Funktionsöffnungen		Einbausituation		Anzahl Funktionsöffnungen			
		Senkrecht	Waagrecht				
				Viel	Mittel	Wenig	keine
	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	<input type="radio"/>		2	1	1	0
	Dachentwässerungen innenliegend	<input type="radio"/>		2	2	0	0
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	<input type="radio"/>		7	0	0	0
	Küchenabluftanlagen	<input type="radio"/>		7	7	7	0
	Einzelraumentlüftungen	<input type="radio"/>		0	7	0	0
Abgasanlagen	<input type="radio"/>		7	7	7	0	
Verbrennungsluftzufuhr		<input type="radio"/>	7	0	0	0	
x Energiestandard, welcher mit der entsprechenden Anzahl Funktionsöffnungen berechnet wird							

Abbildung 18: Variantenmatrix Mehrfamilienhaus

3. Resultate

3.1. Einfamilienhaus

3.1.1. Tabellenwerte

In Tabelle 2 sind die prozentualen Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen aus den SIA 380/1 [4] Berechnungen ersichtlich. Die Prozentwerte geben an wie viel vom Heizwärmebedarf des ganzen Gebäudes über die Funktionsöffnungen entweicht. Im Anhang unter A 5 sind die absoluten Werte pro Energiestandard ersichtlich.

Es fällt auf, dass die Verluste über die Abgasanlagen in den Gebäuden welche vor 1988 erstellt wurden am höchsten sind. Dies weil die ungedämmten Vollbackstein-Abgasanlagen aus dieser Zeit einen hohen U-Wert aufweisen. Da die Gebäudehülle zu dieser Zeit noch grosse Wärmeverluste zulies, fällt der prozentuale Wert nicht so gross aus wie dies der Fall wäre bei einem Gebäude welches nach heutigem Energiestandard erstellt wurde.

Generell kann die Aussage gemacht werden, dass je besser der Energiestandard des Gebäudes wird, je höher fallen die Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen prozentual ins Gewicht. Beim Einfamilienhaus, welches nach dem Minergie-P-Standard erbaut wurde, können die Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen mehr als 20% des Heizwärmebedarfs betragen.

	Funktionsöffnung	Anwendungsepoche	Prozentualer Verlust vom Heizwärmebedarf des Gebäudes Q_h							
			Gebäude vor 1980	Grenzwert SIA 1988		Grenzwert SIA 2009		Grenzwert SIA 2009 Sanierung		Minergie-P
			Anzahl Funktionsöffnungen							
		wenig	wenig	mittel	mittel	viel	mittel	viel	viel	
EFH (246 m ²)	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	Neubau Gebäude vor 1988	1.3 %	1.6 %	1.6 %	2.7 %	5.3 %	2.1 %	4.2 %	8.0 %
	Dachentwässerungen innenliegend	Neubau Gebäude vor 1988			2.0 %	3.5 %	3.4 %	2.7 %	2.7 %	5.1 %
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen					1.3 %		1.1 %	2.0 %
	Küchenabluftleitungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	1.2 %	1.4 %	1.4 %	2.4 %	2.4 %	1.9 %	1.9 %	3.5 %
	Einzelraumentlüftungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen			1.4 %	2.4 %		1.9 %		
	Abgasanlagen	Neubau Gebäude vor 1988	4.9 %	5.7 %	5.8 %	1.0 %	1.0 %	0.8 %	0.8 %	1.5 %
	Verbrennungsluftzufuhr	Neubau					1.2 %		0.9 %	1.8 %
	Total Funktionsöffnungen		7.5 %	8.7 %	12.2 %	12.1 %	14.5 %	9.3 %	11.5 %	21.9 %

Tabelle 2: Resultate prozentualer Heizenergieverluste über die Funktionsöffnungen gegenüber dem gesamten Heizwärmebedarfes Q_h des Einfamilienhauses

Zur Veranschaulichung werden die Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen noch in Liter Heizöläquivalente und in CO₂ Äquivalente umgerechnet. Diese Tabellen, sowie die entsprechenden Umrechnungsfaktoren sind im Anhang unter A 5.4 und A 5.5 aufgeführt.

3.1.2. Diagramme

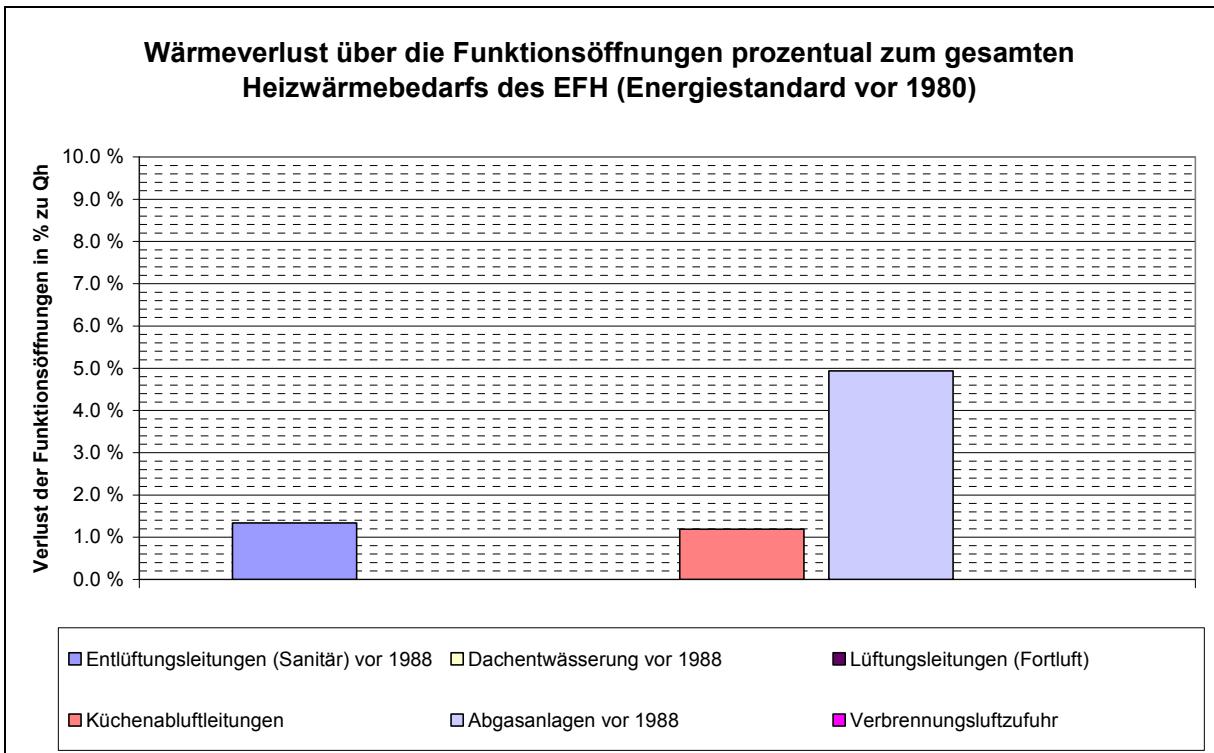


Abbildung 19: Prozentuale Verluste beim Einfamilienhaus erbaut vor 1980

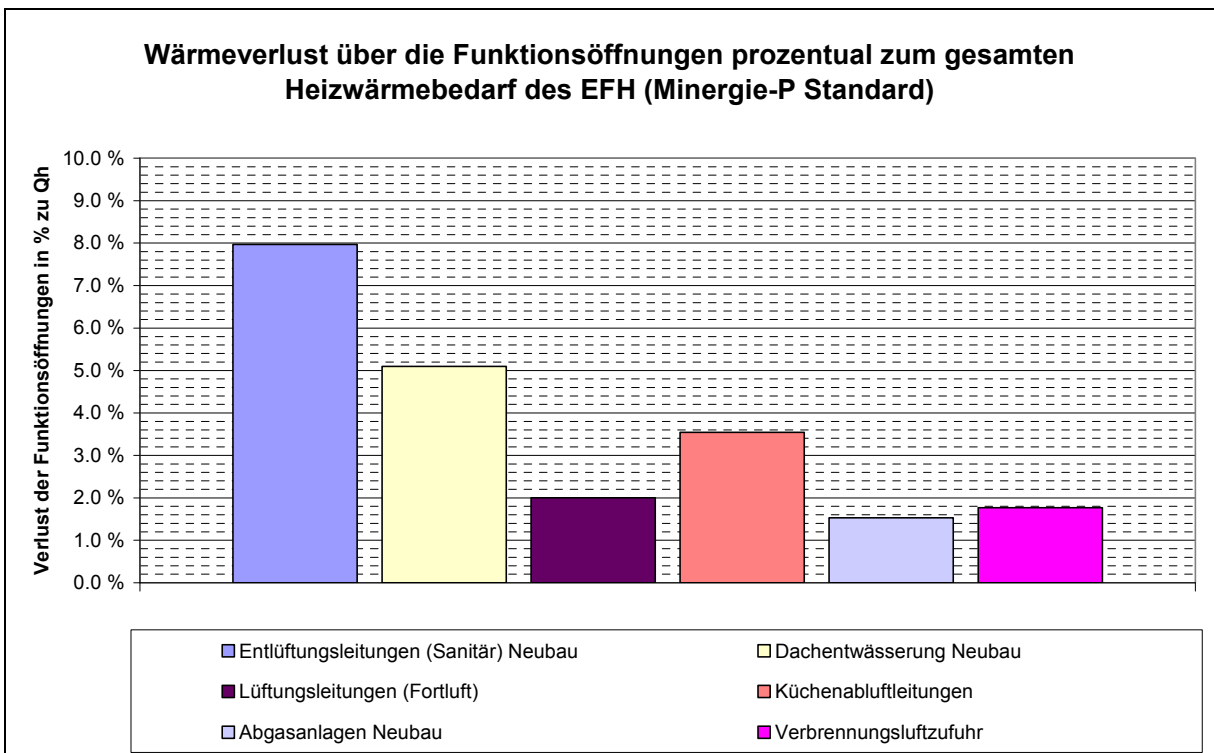


Abbildung 20: Prozentuale Verluste beim Minergie-P-Einfamilienhaus

Aus Abbildung 19 ist ersichtlich, dass die Verluste über die Abgasanlage bei Gebäuden welche vor 1980 erbaut wurden fast 5% des Heizwärmebedarfs ausmachen. Im Vergleich

dazu sind die Wärmeverluste über die Entlüftungsleitungen oder die Küchenabluftkanäle fast fünfmal kleiner. Man darf dabei jedoch nicht vergessen, dass der Wärmeverlust in absoluten Werten sogar ein wenig höher ist als bei den Werten in Abbildung 20. Diese Tatsache ist in Abbildung 21 ersichtlich.

Betrachtet man Abbildung 20 so fällt auf, dass der grösste Wärmeverlust mit 8.0 % über die Entlüftungsleitung stattfindet. Dies resultiert aus der Variantenmatrix, worin bei vielen Funktionsöffnungen zwei Entlüftungsleitungen eingerechnet werden. Weiter sind die Dachentwässerung innenliegend mit 5.1% und die Küchenabluft mit 3.5 % Funktionsöffnungen, welche es in einer Folgestudie genauer zu untersuchen gilt. In der Summe betragen die Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen 21.9% des Heizwärmebedarfs. Hier liegt sicherlich ein Energiesparpotenzial vor.

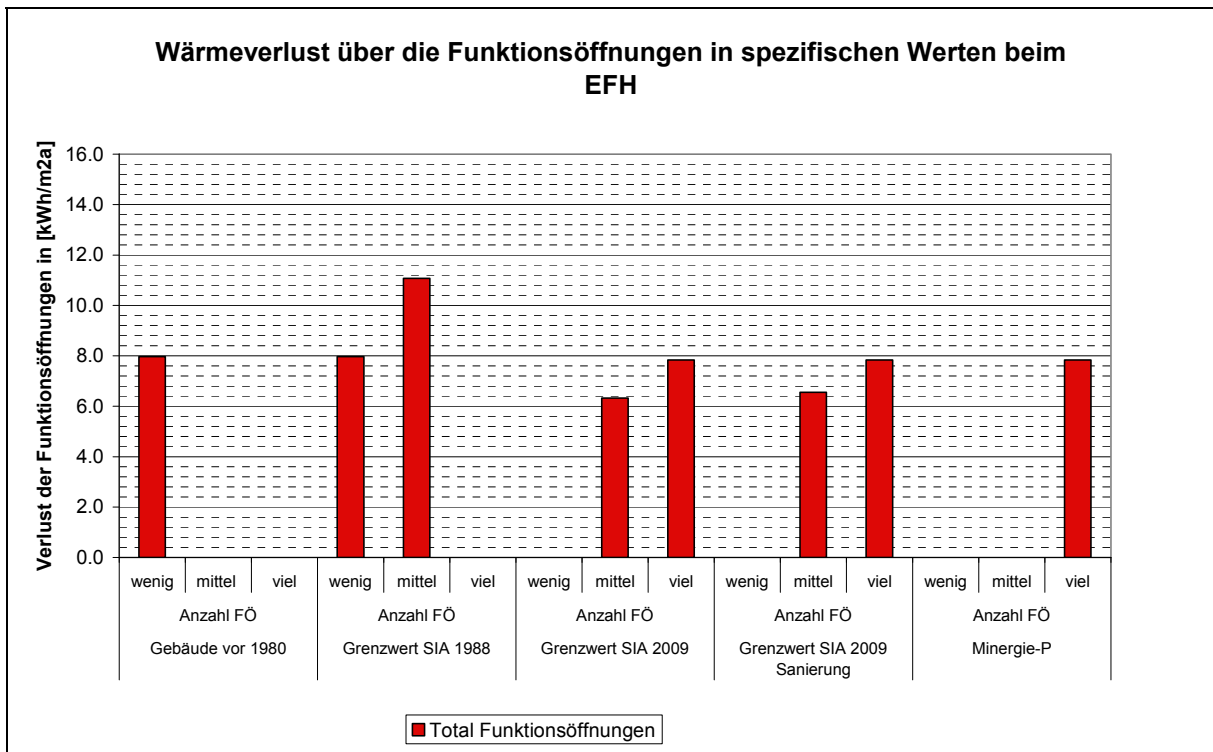


Abbildung 21: Spezifischer Verlust über alle Funktionsöffnungen nach Energiestandard beim Einfamilienhaus

In Abbildung 21 und Abbildung 22 sind die Resultate aus den Berechnungen für das Einfamilienhaus zusammenfassend dargestellt.

Aus Abbildung 22 ist klar ersichtlich, dass der Einfluss der Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen zunimmt je besser der Energiestandard und somit die Gebäudehülle wird. Beim Minergie-P-Standard können die Verluste über die Funktionsöffnungen über 20% betragen.

Anhand der Annahmen welche im Abschnitt 2.2. getroffen wurden, sind die Wärmeverluste bei den Berechnungen vermutlich höher als sie in der Realität zu erwarten sind. Bei Werten die jedoch über 20 % des Heizwärmebedarfs betragen, sind die Verluste über die Funktionsöffnungen aber so oder so als relevant zu betrachten.

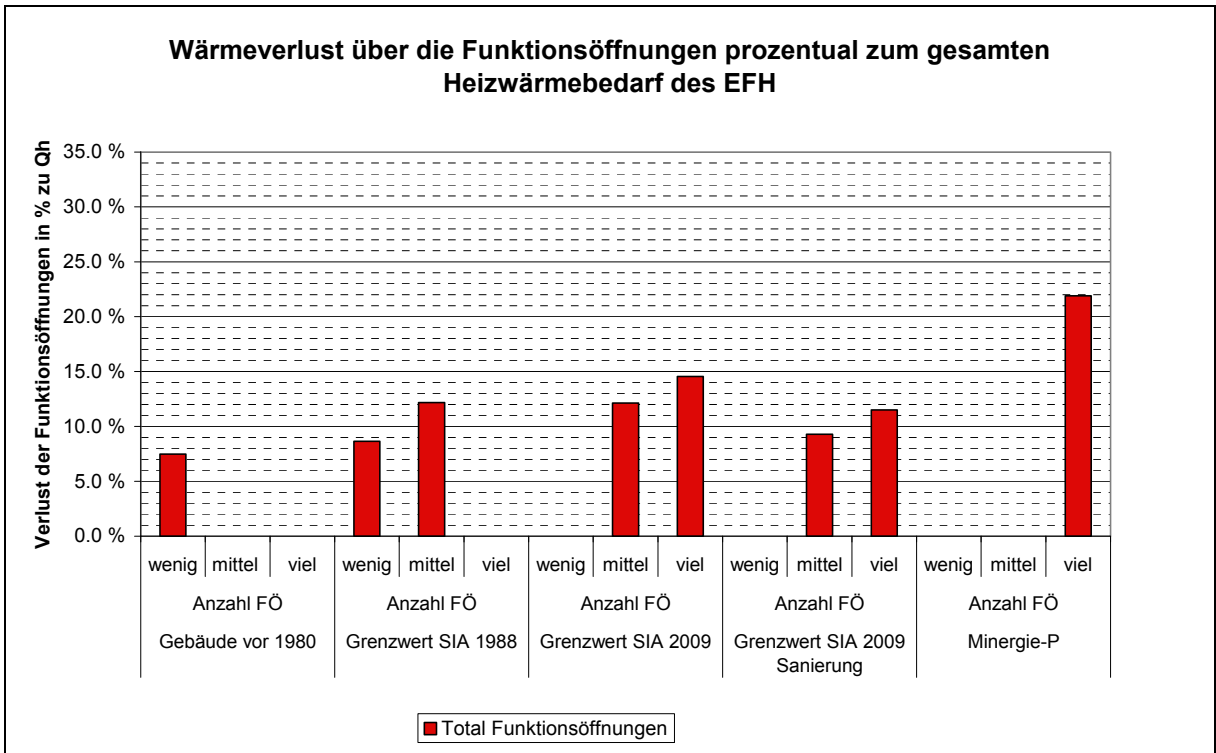


Abbildung 22: Prozentualer Verlust über alle Funktionsöffnungen nach Energiestandard beim Einfamilienhaus

3.2. Mehrfamilienhaus

3.2.1. Tabellenwerte

Wie beim Einfamilienhaus, wurden auch die Resultate für das Mehrfamilienhaus zusammengefasst. Die prozentualen Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen aus den SIA 380/1 [4] Berechnungen sind in Tabelle 3 ersichtlich.

Die Verluste bei den verschiedenen Energiestandards des Gebäudes verhalten sich ähnlich wie beim Einfamilienhaus. Der Unterschied liegt jedoch darin, dass der prozentuale Verlust über die Funktionsöffnungen bei allen Varianten höher liegt als beim Einfamilienhaus. Die Begründung dafür liefert die kompaktere Architektur (Gebäudehüllzahl) wodurch der Grenzwert für den Heizwärmebedarf kleiner wird und sich somit die Verluste über die Funktionsöffnungen prozentual stärker auswirken.

Funktionsöffnung		Anwendungsepoche		Prozentualer Verlust vom Heizwärmebedarf des Gebäudes Q_h							
				Gebäude vor 1980	Grenzwert SIA 1988		Grenzwert SIA 2009		Grenzwert SIA 2009 Sanierung		Minergie-P
					wenig	wenig	mittel	mittel	viel	mittel	
MFH <small>(1426 m²)</small>	Entlüftungsleitungen (Sanitär)		Neubau				1.4 %	2.8 %	1.2 %	2.4 %	4.3 %
		Gebäude vor 1988	0.5 %	0.6 %	0.6 %						
	Dachentwässerungen innenliegend	Neubau			3.6 %	3.6 %	3.0 %	3.1 %	5.5 %		
		Gebäude vor 1988			1.5 %						
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen					3.3 %		2.8 %	5.0 %	
	Küchenabluftleitungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	1.9 %	2.5 %	2.4 %	5.8 %	5.8 %	4.8 %	5.0 %	8.8 %	
	Einzelraumtlüftungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen			2.4 %	5.8 %		4.8 %			
	Abgasanlagen	Neubau				2.5 %	2.4 %	2.0 %	2.1 %	3.7 %	
		Gebäude vor 1988	7.8 %	10.0 %	9.8 %						
	Verbrennungsluftzufuhr	Neubau					2.1 %		1.9 %	3.3 %	
Total Funktionsöffnungen				10.2 %	13.0 %	16.8 %	19.1 %	20.0 %	15.8 %	17.3 %	30.4 %

Tabelle 3: Resultate prozentualer Heizenergieverluste über die Funktionsöffnungen gegenüber dem gesamten Heizwärmebedarfes Q_h des Mehrfamilienhauses

Zur Veranschaulichung wurden die Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen noch in Liter Heizöläquivalente und in CO₂ Äquivalente umgerechnet. Diese Tabellen, sowie die entsprechenden Umrechnungsfaktoren sind im Anhang unter A 5.4 und A 5.5 aufgeführt

3.2.2. Diagramme

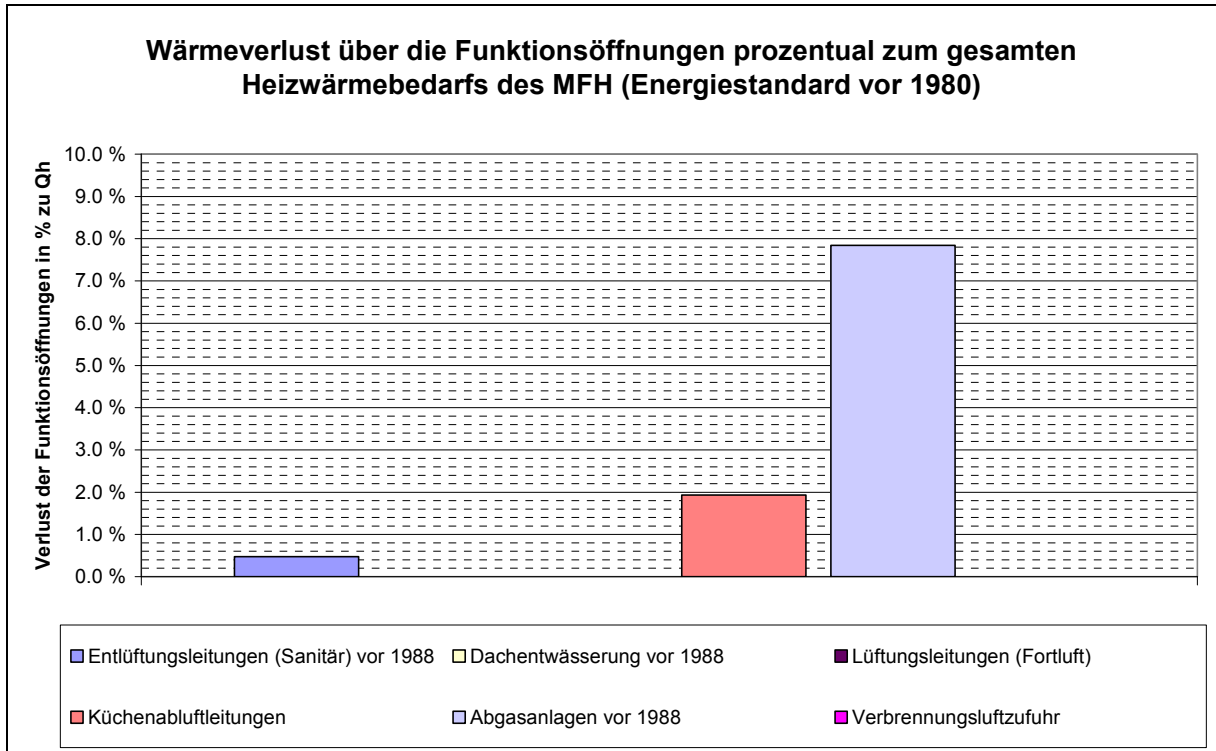


Abbildung 23: Prozentuale Verluste beim Mehrfamilienhaus erbaut vor 1980

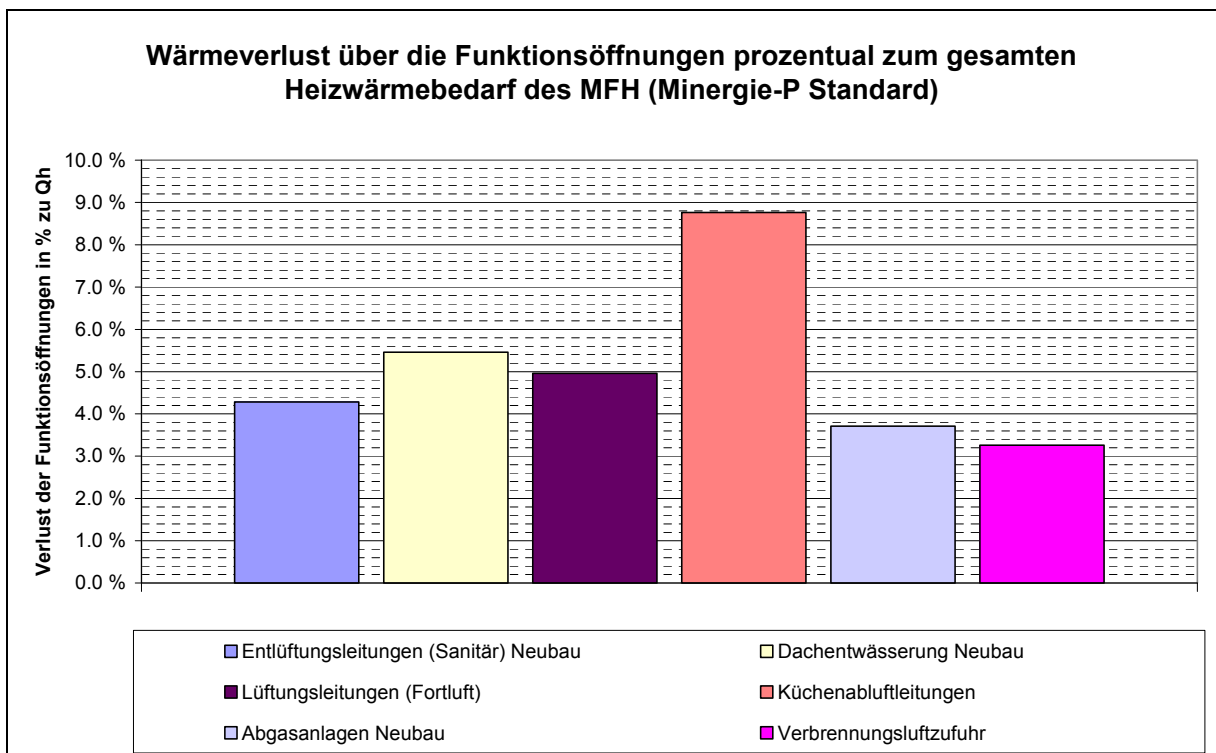


Abbildung 24: Prozentuale Verluste beim Minergie-P-Mehrfamilienhaus

Beim Mehrfamilienhaus nach dem Energiestandard vor 1980 (siehe Abbildung 23) verhalten sich die Verluste wie beim Einfamilienhaus. Der Grund für den höheren Verlust der Küchenabluft gegenüber den Entlüftungsleitungen (Sanitär) liegt darin, dass bei sieben Wohneinheiten entsprechend mehr Leitungen im Gebäude eingebaut werden als beim Einfamilienhaus (siehe auch Variantenmatrix Abbildung 18). Die meiste Wärmeenergie geht bei den Mehrfamilienhäusern vor 1980 jedoch über die Vollziegel-Abgasanlage verloren.

Aus Abbildung 24 geht hervor, dass beim Mehrfamilienhaus die Küchenabluft den grössten Verlust aufweist. Auch die Fortluftleitungen haben einen Verlustanteil von 5% was ebenfalls durch die Anzahl Leitungen zu erklären ist. In der Summe beträgt der Verlust über die Funktionsöffnungen beachtliche 30.4%.

Daraus kann klar abgeleitet werden, dass die Anzahl Leitungen möglichst klein gehalten werden soll, um die Verluste zu minimieren.

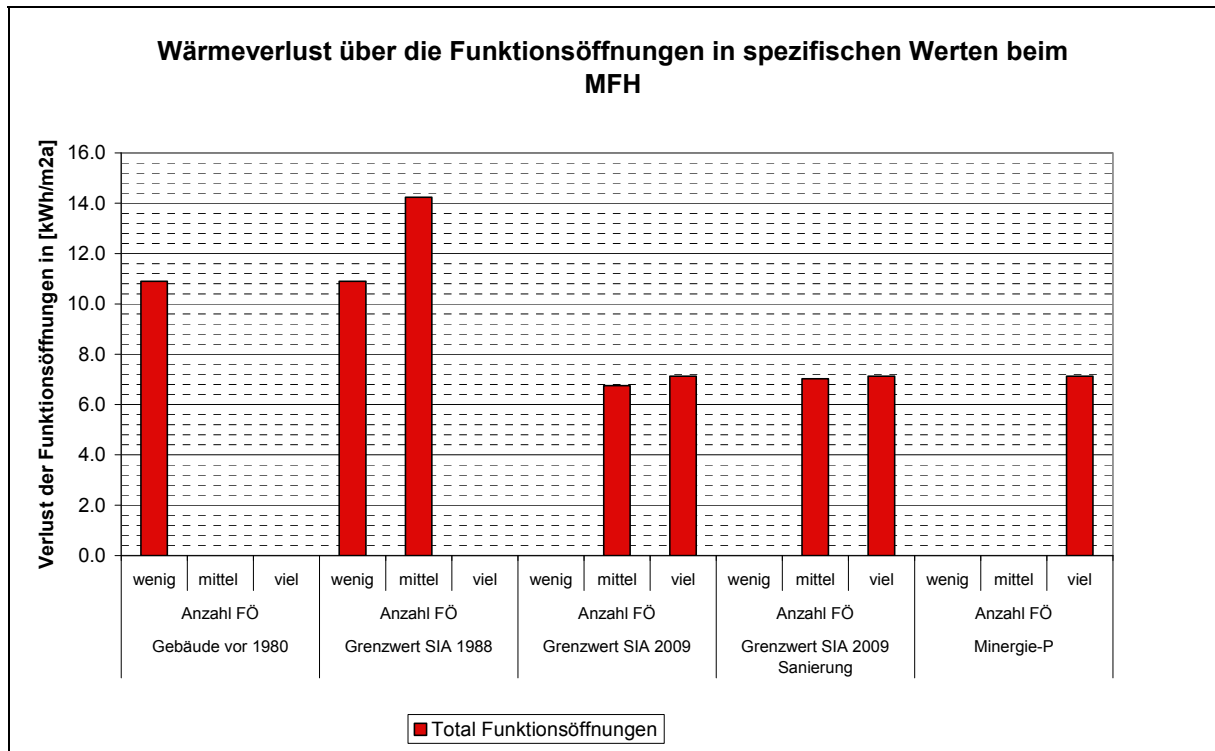


Abbildung 25: Spezifischer Verlust über alle Funktionsöffnungen nach Energiestandard beim Mehrfamilienhaus

Die spezifischen Verluste in Abbildung 25 sind bei den Energiestandards vor 1988 aufgrund der Vollziegel-Abgasanlage deutlich grösser als bei den übrigen Standards. Der geringe Unterschied beim Grenzwert 2009 und Grenzwert 2009 Sanierung zwischen der mittleren Anzahl Funktionsöffnungen und vielen Funktionsöffnungen ist folgendermassen zu begründen: Die Einzelraumlüftungen wurden bei der Berechnung als nicht gedämmt berücksichtigt. Wie in der Matrix unter Abbildung 18 ersichtlich werden die Einzelraumlüftungen nur bei der Variante mit einer mittlern Anzahl Funktionsöffnungen berücksichtigt. Bei vielen Funktionsöffnungen werden anstelle der Einzelraumlüftungen die Abluftleitungen einer Kompaktlüftungsanlage eingerechnet, welche mit 13mm Dämmung eingerechnet wurden. Somit sind die Verluste über die Einzelraumlüftungen höher als über die Abluftleitungen, was die gesamten Verluste bei mittlerer Anzahl Funktionsöffnungen und vielen Funktionsöffnungen fast gleich gross werden lässt.

In Abbildung 26 ist ersichtlich, dass die Verluste über die Funktionsöffnungen beim Mehrfamilienhaus, welches den Grenzwert nach SIA 380/1 [4] 2009 erfüllt, schon 20% des Heizwärmebedarfs ausmachen. Wird das Mehrfamilienhaus nach dem Minergie-P-Standard erbaut, beträgt der Einfluss sogar über 30%. Durch die kompakte Gebäudeform und die grosse Anzahl Funktionsöffnungen aufgrund der sieben Wohneinheiten sind die Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen im Verhältnis zum Heizwärmebedarf nicht zu vernachlässigen.

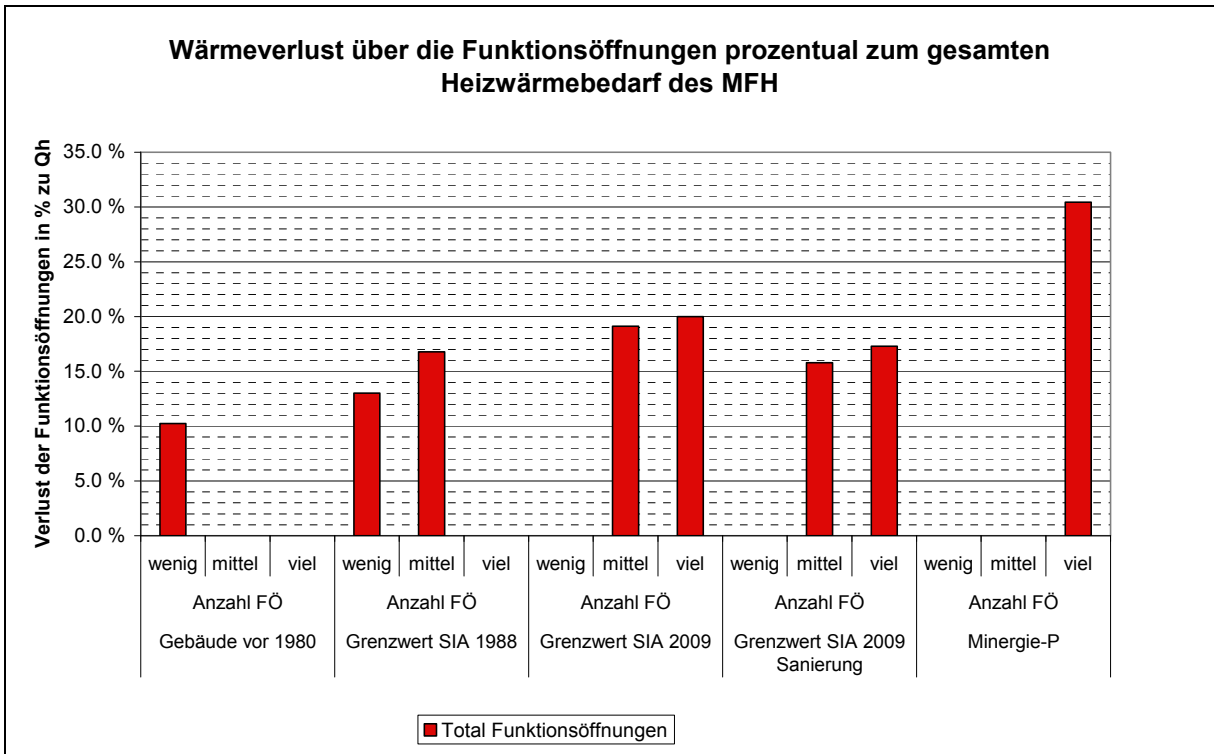


Abbildung 26: Prozentualer Verlust über alle Funktionsöffnungen nach Energiestandard beim Mehrfamilienhaus

4. Sensitivitätsanalysen

4.1. Einfluss des inneren Wärmeübergangskoeffizienten

Wie schon unter 2.3 erwähnt, haben die Wärmeübergangskoeffizienten einen grossen Einfluss auf den Wärmeübergang bei den Leitungen.

In dieser Vorstudie wurde der innere Wärmeübergang jeweils für jede Funktionsöffnung berechnet. Zur Ermittlung des numerischen Einflusses des inneren Wärmeübergangs auf das Resultat werden bei einem Beispiel (EFH Minergie-P) alle Wärmeübergänge mit dem Standardwert $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ für den inneren Wärmeübergangskoeffizienten gerechnet.

Das Resultat ist verblüffend: Durch diese Änderung erhöht sich der prozentuale Wärmeverlust über die Funktionsöffnungen um 5.7% von 21.9% auf 27.6%.

Dadurch wird deutlich, dass den Wärmeübergangskoeffizienten in einer weiteren Studie grosse Beachtung geschenkt werden muss.

4.2. Wärmeverlustverhältnis Einrohrzirkulation gegenüber Wärmebrücke

Um eine Aussage über das Verhältnis der Wärmeverluste über die Einrohrzirkulation respektive den Wärmeverlust über die Wärmebrücke bei der Durchdringung des Dämmperimeters machen zu können, wird ein konkreter Fall genauer untersucht. Es wäre ja möglich, dass die Wärmeverluste über die Wärmebrücke viel grösser sind als die Verluste durch die Einrohrzirkulation. Wäre dies der Fall, so wäre eine Betrachtung der Wärmeverluste durch die Einrohrzirkulation wohl hinfällig, da die Wärmebrücken im Energienachweis nach SIA 380/1 [4] berücksichtigt werden.

Für diese Untersuchung wird die Durchdringung des Daches durch eine Abgasanlage genauer betrachtet. (siehe Abbildung 27)

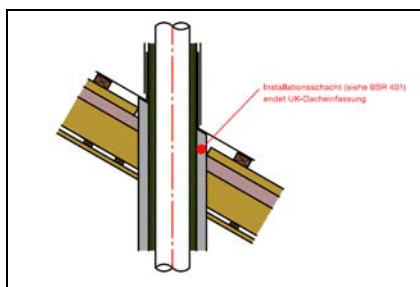


Abbildung 27: Abgasanlage beim Dachaustritt

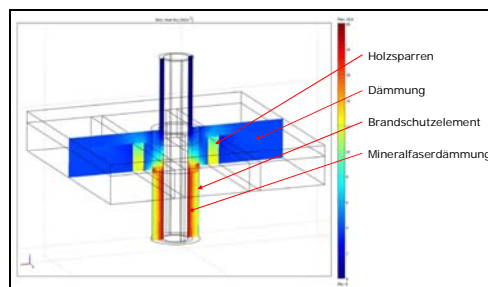


Abbildung 28: Wärmestrom durch die Konstruktion

Zur Vereinfachung wird das Schrägdach im Dreidimensionalen Berechnungsprogramm COMSOL Multiphysics 3.5a waagrecht eingegeben. Die Materialisierung des Dachaufbaus sowie der Abgasanlage sind im Anhang unter A 2.3 ersichtlich.

Anhand der Berechnung gehen lediglich 16% der Wärme über die Wärmebrücke verloren und der restliche Verlust geschieht über die Einrohrzirkulation in der Abgasanlage. In Abbildung 28 wird diese Aussage ersichtlich durch den höheren Wärmestrom (rot) über das Rohr. Bei der Durchdringung der Dachkonstruktion ist der Wärmestrom wesentlich kleiner. (türkis bis gelb). Dies bekräftigt die Annahme, dass die Einrohrzirkulation einen grossen Einfluss auf den Wärmeverlust hat.

5. Fazit und Ausblick

5.1. Fazit

Im behördlichen Nachweis nach Norm SIA 380/1 [4] werden heute zwar die Wärmebrücken berücksichtigt, nicht aber die Wärmeverluste über die Funktionsöffnungen. Ein Grund ist, dass der Einfluss bis heute noch nicht quantifiziert werden kann. Es besteht die Vermutung, dass bei den heutigen Neubauten mit dem immer geringeren Wärmebedarf die Bedeutung dieser Verluste stark zunimmt. Auch bezüglich Sanierungen soll der Einfluss der Funktionsöffnungen auf die Wärmeverluste untersucht werden, da die Anforderungen an den Heizwärmebedarf für sanierte Gebäude ebenfalls immer steigen. Zudem steigt im Zuge des Wohlstandes die Anforderung an die Haustechnik, wobei immer mehr technische Geräte in die Häuser eingebaut werden, welche wiederum die Anzahl der Funktionsöffnungen erhöhen.

Die vorliegende Vorstudie zeigt, dass bei Minergie-P-Gebäuden ein nicht zu vernachlässigender Teil des Heizwärmebedarfs wegen den Funktionsöffnungen aufgewendet werden muss. Je nach Kompaktheit des Gebäudes und Anzahl Funktionsöffnungen können die Verluste über 30% des Heizwärmebedarfs ausmachen. Selbst bei Gebäuden die nach dem gesetzlichen Grenzwert SIA 380/1 [4] Ausgabe 2009 erstellt werden, können die Verluste noch fast 20% des Heizwärmebedarfs ausmachen. Sogar beim Gebäudebestand (vor 1988 erstellt) können die Verluste noch über 10% betragen. Bei diesen älteren Gebäuden geht der grösste Teil der Wärmeenergie über die Abgasanlage verloren, welche früher aus Vollbackstein ausgeführt wurde.

Allgemein kann gesagt werden, dass bei Neu- und Umbauten versucht werden sollte, die Anzahl Funktionsöffnungen möglichst klein zu halten um so die Wärmeverluste klein zu halten.

Betrachtet man die Verluste in absoluten Zahlen fällt auf, dass diese in den vor 1988 gebauten Gebäuden gleich oder höher ausfallen im Vergleich zu heute. Dies soll auch das Sanierungspotenzial veranschaulichen, denn in der prozentualen Betrachtung fallen diese Verluste nicht mehr so stark ins Gewicht, da die Wärmeverluste über die gesamte Gebäudehülle dementsprechend höher sind.

5.2. Ausblick

In einem Folgeprojekt sollte man aufgrund der Resultate dieser Vorstudie folgende Funktionsöffnungen genauer untersuchen.

- Entlüftungsleitungen (Sanitär)
- Küchenabluftleitungen
- Abgasanlagen (bei Sanierungen)
- Dachentwässerung

Die Entlüftungsleitungen (Sanitär) werden wohl auch in Zukunft nicht gedämmt und bei den Küchenabluftleitungen ist ein grosses Potenzial vorhanden, da diese vor allem in den unzähligen Mehrfamilienhäusern oft vorkommen. Der Wärmeverlust über die Abgasanlagen bei alten Gebäuden ist beträchtlich und hätte somit ein grosses Energiesparpotential. Bei der Dachentwässerung verhält es sich ähnlich wie bei den Entlüftungsleitungen. Hier wäre eine Vorabklärung über die Häufigkeit von innenliegenden Dachentwässerungen in Schweizer Wohnbauten als sinnvoll zu betrachten.

Grundlegend handelt es sich obenstehend um Vorschläge, welche bei einem Folgeprojekt noch untersucht werden müssten.

Da in Zukunft die Lüftungsleitungen nach der MuKE mindestens 30 mm gedämmt werden müssen, verringert sich der Einfluss des Wärmeverlustes über die Lüftungsleitungen. Auch die Abgasanlagen in Neubauten haben durch ihre Dämmung einen geringen Anteil am Wärmeverlust über Funktionsöffnungen. Somit würde es bei einer weiterführenden Forschungsarbeit wenig Sinn machen, diese Funktionsöffnungen detaillierter zu betrachten.

Dem Thema Wärmeübergangskoeffizienten sollte besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Da bei der Einrohrzirkulation kleine Luftgeschwindigkeiten auftreten, sollten die Berechnungen mittels Messungen belegt werden. Denn wie in der Sensitivitätsanalyse festgestellt, haben die Wärmeübergangskoeffizienten einen grossen Einfluss auf das Resultat. Im Zusammenhang mit den Wärmeübergangskoeffizienten sollte auch die Problematik des Unterdrucks in den Funktionsöffnungen aufgegriffen werden.

Gemäss Messungen und Simulationen an der Hochschule Luzern [5] entsteht durch die Windanströmung der dachübertagenden Funktionsöffnungen ein Unterdruck in derselben. Dieser Umstand führt bei kleineren Rohrvolumen zu einem erheblichen Luftwechsel, welcher wiederum den Wärmeübergangskoeffizienten beeinflusst.

Würden sich die Resultate dieser Vorstudie in einer vertiefenden Folgestudie bewahrheiten, müsste man Überlegungen anstellen, wie diese mit vernünftigem Aufwand im behördlichen Nachweis berücksichtigt werden könnten.

5.3. Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei allen Projektpartnern sowie den Personen aus der Begleitgruppe für die Unterstützung und Beratung bedanken. Weiter gilt ein spezieller Dank dem Architektur- & Ingenieurbüro C. Breu, welches uns die Pläne für das Mehrfamilienhaus zur Verfügung gestellt hat. Ergänzend dazu konnten wir die U-Werte und Abmessungen aus den Berechnungen des Ingenieurbüros für energieeffizientes Bauen Otmar Spescha verwenden, wofür wir uns ebenfalls bedanken möchten.

6. Literaturverweise

- [1] Verein Deutscher Ingenieure VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen; „VDI-Wärmeatlas 9. Auflage“; Springer-Verlag 2002
- [2] Günter Cerbe, Hans-Joachim Hoffmann; „Einführung in die Thermodynamik 13. Auflage“; Carl Hanser Verlag 2002
- [3] Rolf Frischknecht, Matthias Tuchschnid; „Primärenergiefaktoren von Energiesystemen“; ESU-services GmbH, fair consulting in sustainability 2008
- [4] Norm SIA 380/1, Thermische Energie im Hochbau, Ausgabe 2009.
- [5] Forschungsbericht BfE; „Strömungstechnische Optimierung von Funktionsöffnungsabdeckungen aus Blech“; noch nicht publiziert
- [6] Norm SIA 416/1, Kennzahlen für die Gebäudetechnik, Ausgabe 2007
- [7] Norm SIA 384.201, Heizungsanlagen im Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, Ausgabe 2003

Anhänge

A 1. Planunterlagen

A 1.1. Planunterlagen Einfamilienhaus für die 380/1 Berechnung

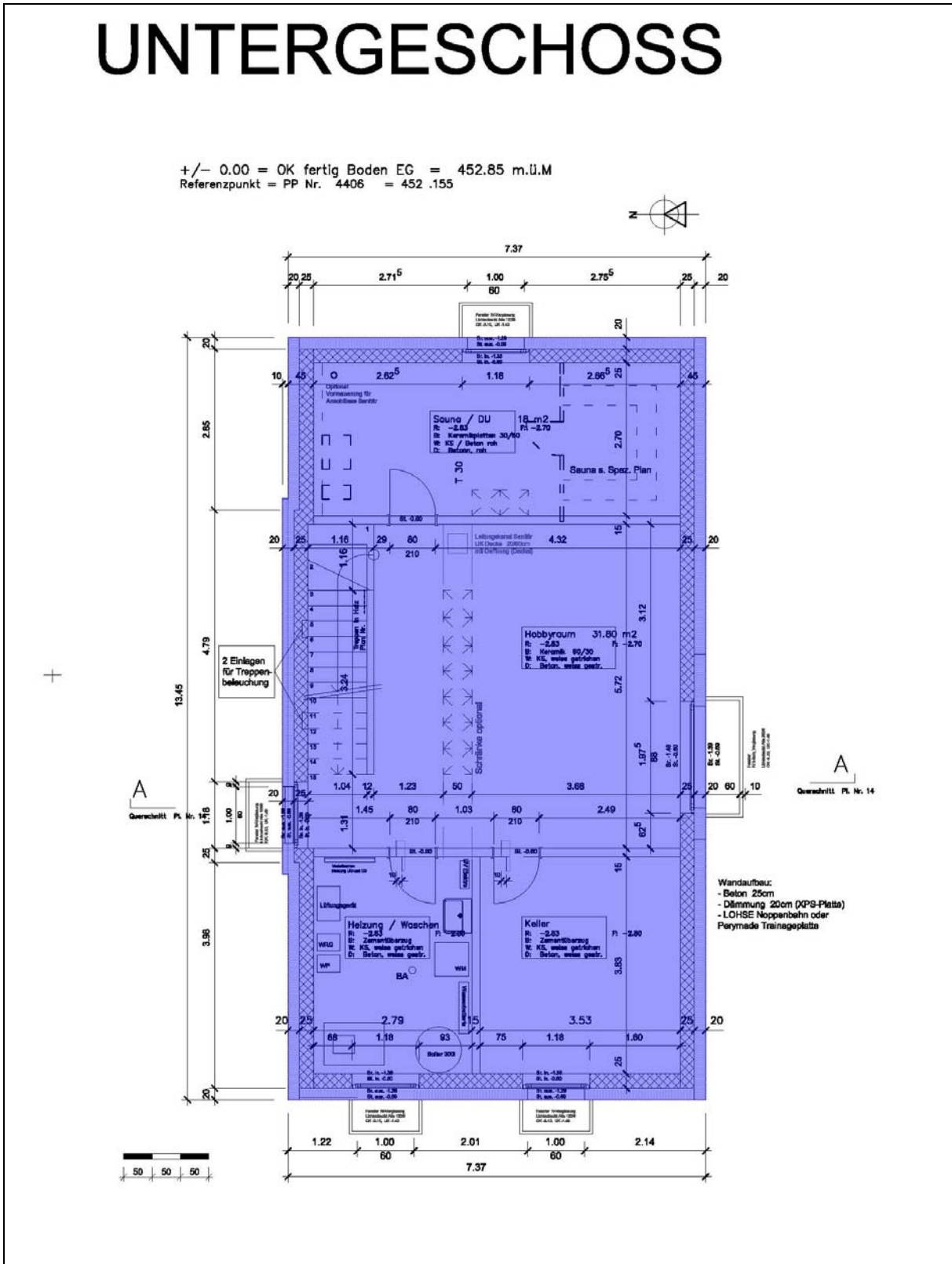


Abbildung 29: Grundrissplan EFH Untergeschoss

OBERGESCHOSS

+/- 0.00 = OK fertig Boden EG = 452.85 m.ü.M.
 Referenzpunkt = PP Nr. 4406 = 452.155

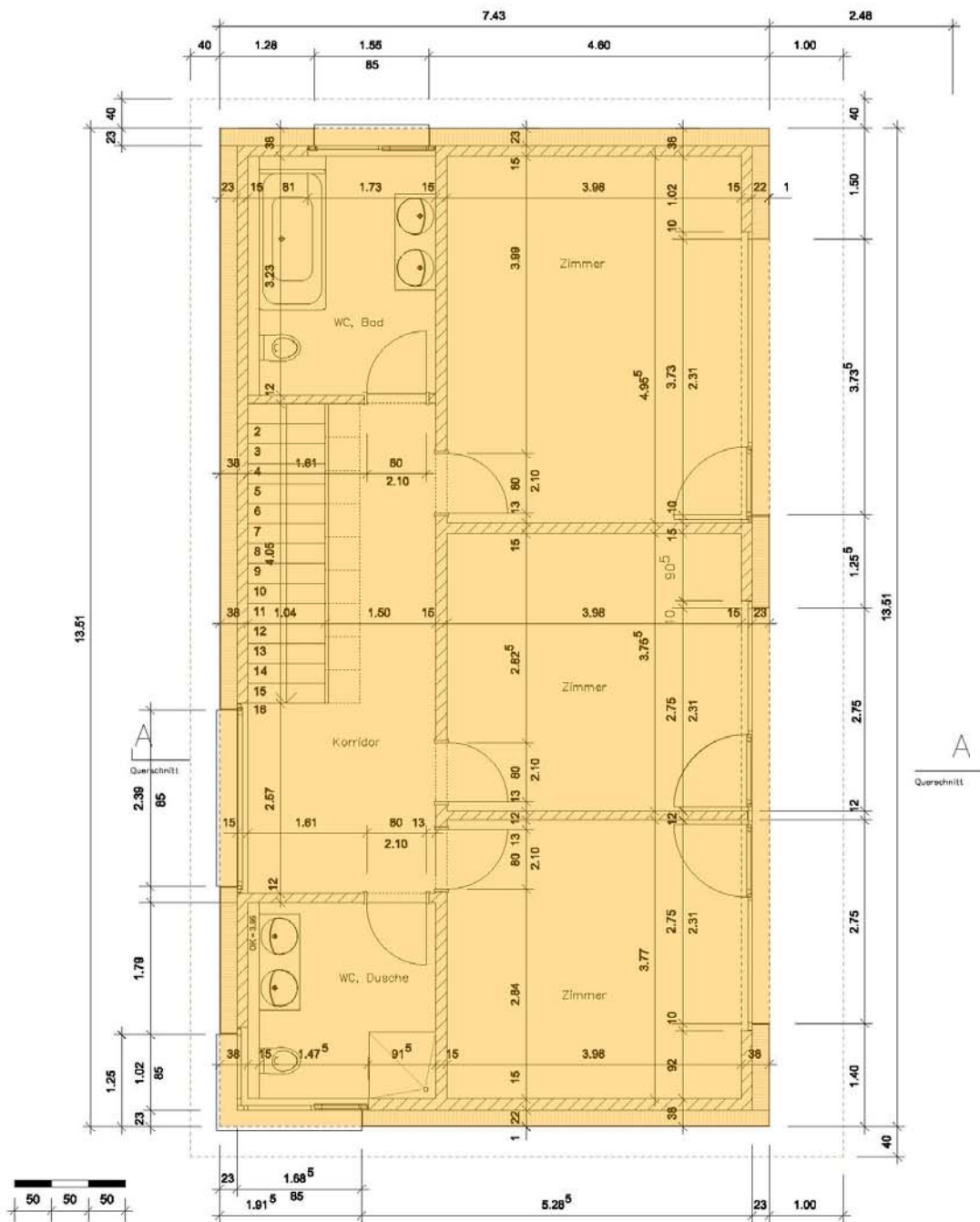


Abbildung 31: Grundrissplan EFH Obergeschoss

A 1.2. Planunterlagen Mehrfamilienhaus für die 380/1 Berechnung

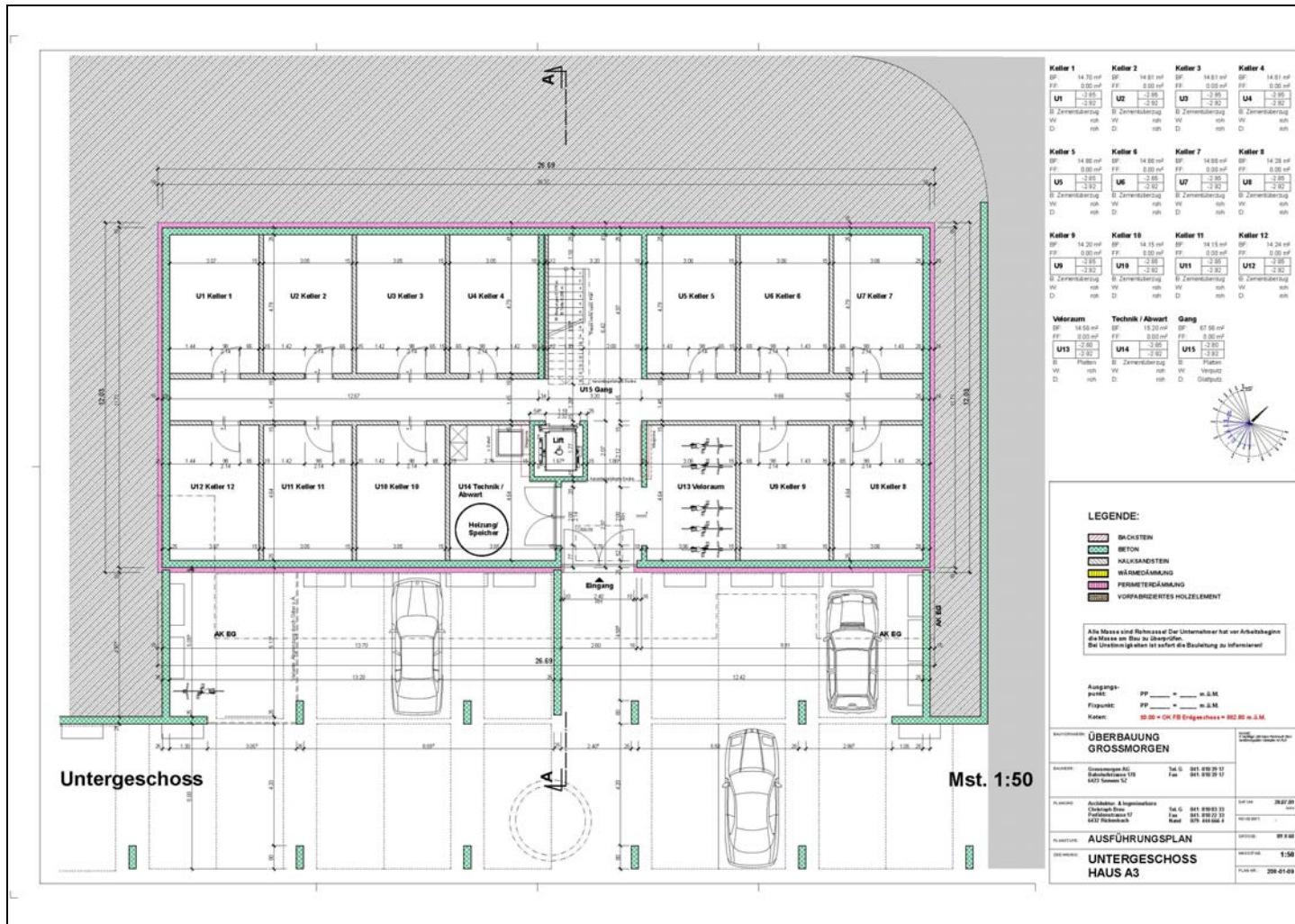
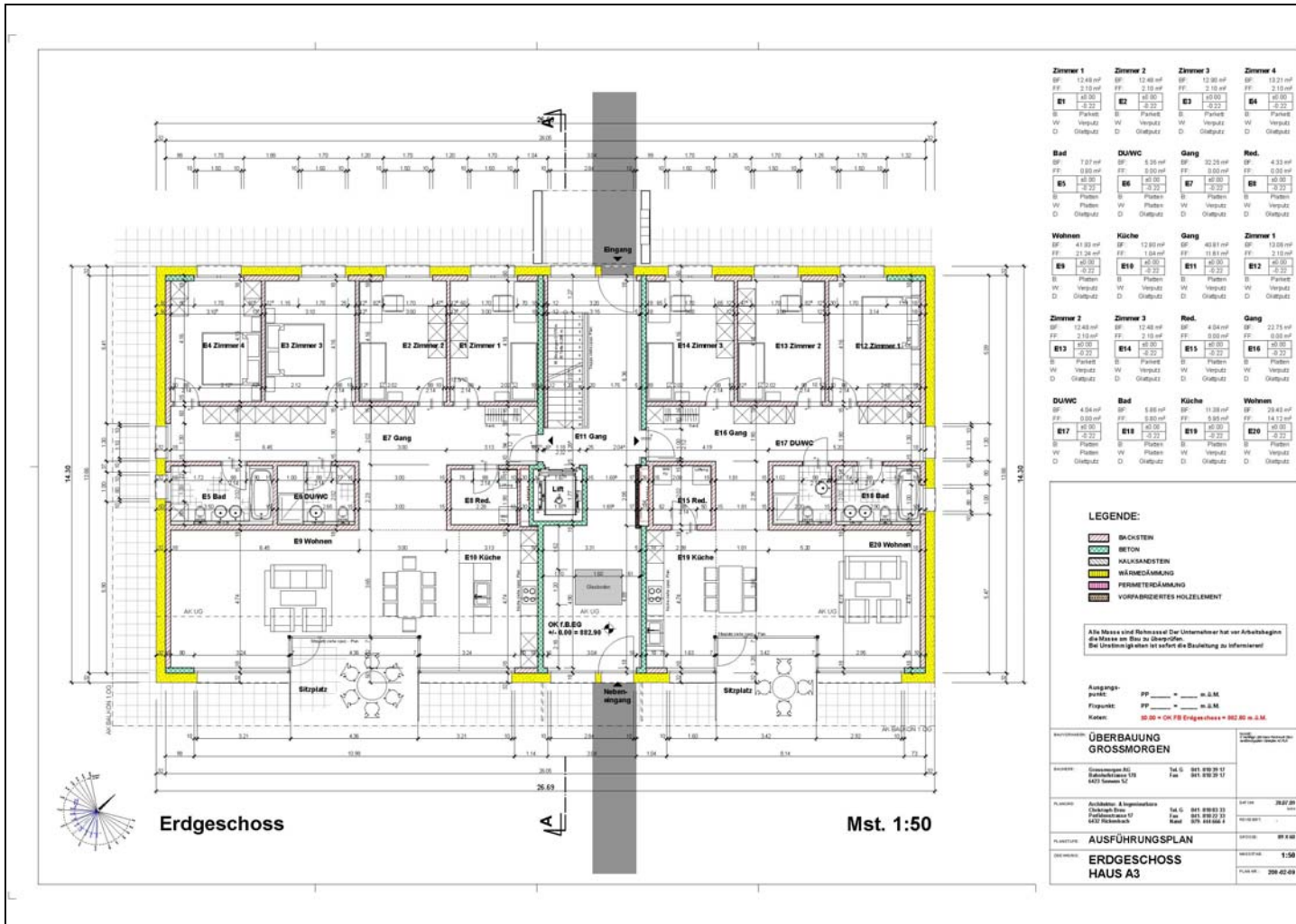


Abbildung 33: Grundrissplan MFH Untergeschoss



Zimmer 1	Zimmer 2	Zimmer 3	Zimmer 4
BF: 12,49 m ²	BF: 12,49 m ²	BF: 12,49 m ²	BF: 12,49 m ²
FF: 2,19 m ²	FF: 2,19 m ²	FF: 2,19 m ²	FF: 2,19 m ²
E1	E2	E3	E4
Plattens	Plattens	Plattens	Plattens
VV: Verputzt	VV: Verputzt	VV: Verputzt	VV: Verputzt
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

Bad	DUWC	Gang	Red.
BF: 1,07 m ²	BF: 5,95 m ²	BF: 32,25 m ²	BF: 4,33 m ²
FF: 0,00 m ²	FF: 0,00 m ²	FF: 0,00 m ²	FF: 0,00 m ²
E5	E6	E7	E8
Plattens	Plattens	Plattens	Plattens
VV: Platten	VV: Platten	VV: Verputzt	VV: Verputzt
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

Wohnen	Küche	Gang	Zimmer 1
BF: 41,93 m ²	BF: 12,89 m ²	BF: 48,81 m ²	BF: 12,09 m ²
FF: 21,24 m ²	FF: 1,04 m ²	FF: 11,81 m ²	FF: 2,19 m ²
E9	E10	E11	E12
Plattens	Plattens	Plattens	Plattens
VV: Verputzt	VV: Verputzt	VV: Verputzt	VV: Verputzt
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

Zimmer 2	Zimmer 3	Red.	Gang
BF: 12,49 m ²	BF: 12,49 m ²	BF: 4,33 m ²	BF: 22,75 m ²
FF: 2,19 m ²	FF: 2,19 m ²	FF: 0,00 m ²	FF: 0,00 m ²
E13	E14	E15	E16
Plattens	Plattens	Plattens	Plattens
VV: Verputzt	VV: Verputzt	VV: Verputzt	VV: Verputzt
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

DUWC	Bad	Küche	Wohnen
BF: 4,04 m ²	BF: 5,88 m ²	BF: 11,88 m ²	BF: 28,43 m ²
FF: 0,00 m ²	FF: 1,40 m ²	FF: 4,00 m ²	FF: 14,12 m ²
E17	E18	E19	E20
Plattens	Plattens	Plattens	Plattens
VV: Platten	VV: Platten	VV: Verputzt	VV: Verputzt
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

LEGENDE:

- BACKSTEIN
- BETON
- KALKSANDSTEIN
- WÄRMEDÄMMUNG
- PERIMETERDÄMMUNG
- VORFABRIZIERTES HOLZELEMENT

Alle Mass- und Richtmaße sind die Verantwortung der Unternehmer hat vor Arbeitsbeginn die Masse im Bau zu überprüfen.
Bei Unstimmigkeiten ist sofort die Bauleitung zu informieren!

Angangspunkte: FF _____ = m. S.M.
 Fixpunkte: FF _____ = m. S.M.
 Katen: **0,00 = OK FB Erdgeschoss = 002 R0 = S.M.**

PROJEKTLEITER:

ÜBERBAUUNG GROSSMORGEN

PROJEKT: Grossmorgen AG, Balmstr./Lac 179, 84077 Seefeld, Ti.

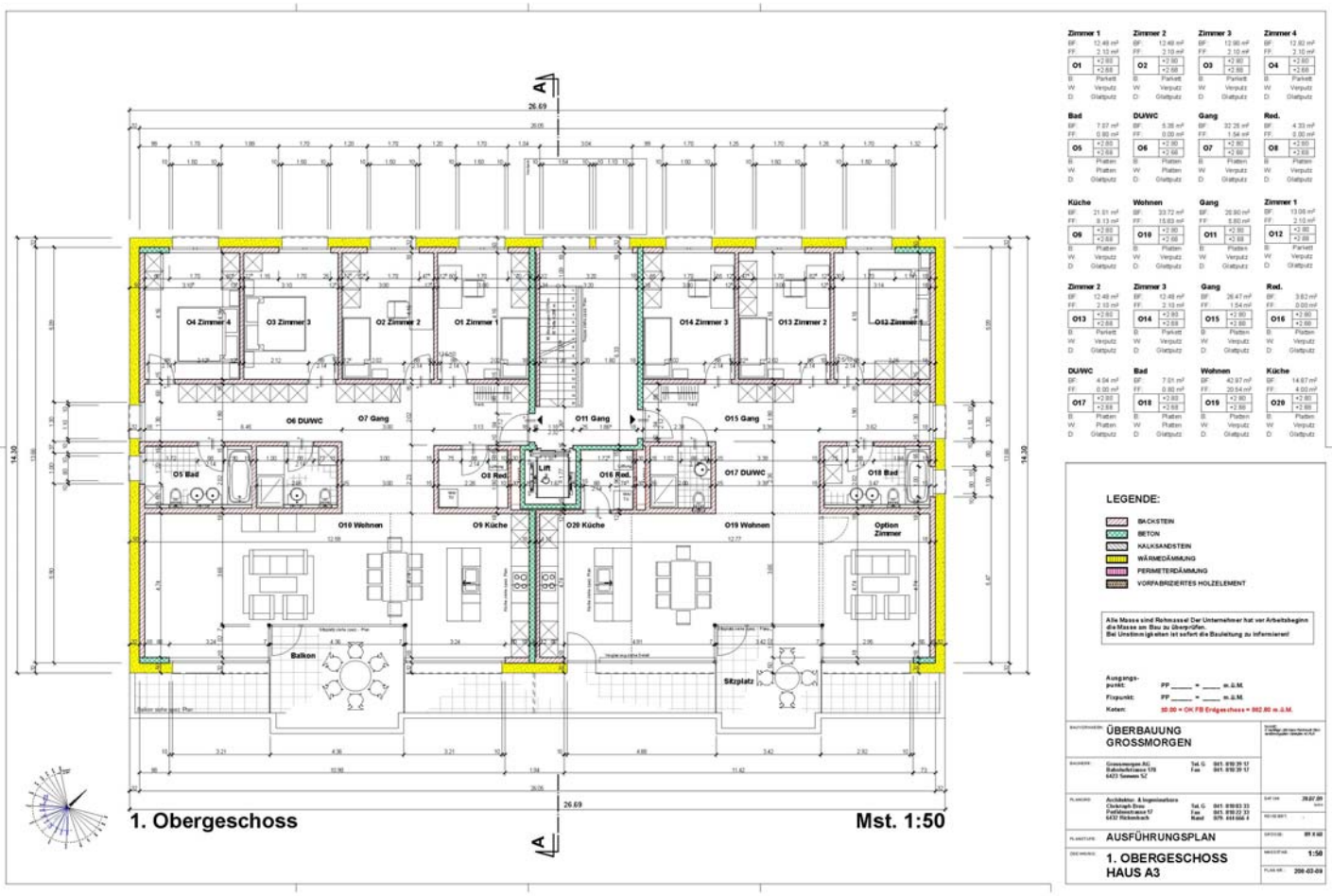
PLANNUMMER: Architektur- & Ingenieurbüro, Ochsenschneise, Postfach 10, 84337 Hohenbach, Tel. 0 81 5 89 83 32, Fax 0 81 5 89 83 17, Mobil 0 176 3 44 5 6 6 1

PLANNUMMER: AUSFÜHRUNGSPLAN

PROJEKTNUMMER: ERDGESCHOSS HAUS A3

PROJEKTNUMMER: 208-02-03

Abbildung 34: Grundrissplan MFH Erdgeschoss



Zimmer 1	Zimmer 2	Zimmer 3	Zimmer 4
Bf: 12,48 m ²	Bf: 12,48 m ²	Bf: 12,90 m ²	Bf: 12,80 m ²
Ff: 2,10 m ²	Ff: 2,10 m ²	Ff: 2,10 m ²	Ff: 2,10 m ²
O1: 12,88 m ²	O2: 12,88 m ²	O3: 12,88 m ²	O4: 12,88 m ²
S: Fliesen	S: Fliesen	S: Fliesen	S: Fliesen
W: Verputz	W: Verputz	W: Verputz	W: Verputz
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

Bad	DUWC	Gang	Red.
Bf: 7,87 m ²	Bf: 8,38 m ²	Bf: 2,28 m ²	Bf: 4,31 m ²
Ff: 0,80 m ²	Ff: 0,00 m ²	Ff: 1,94 m ²	Ff: 2,80 m ²
O5: 12,88 m ²	O6: 12,88 m ²	O7: 12,88 m ²	O8: 12,88 m ²
S: Fliesen	S: Fliesen	S: Fliesen	S: Fliesen
W: Verputz	W: Verputz	W: Verputz	W: Verputz
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

Küche	Wohnen	Gang	Zimmer 1
Bf: 11,87 m ²	Bf: 33,72 m ²	Bf: 20,80 m ²	Bf: 11,08 m ²
Ff: 8,13 m ²	Ff: 15,63 m ²	Ff: 8,80 m ²	Ff: 2,10 m ²
O9: 12,88 m ²	O10: 12,88 m ²	O11: 12,88 m ²	O12: 12,88 m ²
S: Fliesen	S: Fliesen	S: Fliesen	S: Fliesen
W: Verputz	W: Verputz	W: Verputz	W: Verputz
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

Zimmer 2	Zimmer 3	Gang	Red.
Bf: 12,48 m ²	Bf: 12,48 m ²	Bf: 26,47 m ²	Bf: 3,82 m ²
Ff: 2,10 m ²	Ff: 2,10 m ²	Ff: 1,54 m ²	Ff: 2,00 m ²
O13: 12,88 m ²	O14: 12,88 m ²	O15: 12,88 m ²	O16: 12,88 m ²
S: Fliesen	S: Fliesen	S: Fliesen	S: Fliesen
W: Verputz	W: Verputz	W: Verputz	W: Verputz
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

DUWC	Bad	Wohnen	Küche
Bf: 8,04 m ²	Bf: 7,01 m ²	Bf: 40,87 m ²	Bf: 14,87 m ²
Ff: 4,00 m ²	Ff: 2,80 m ²	Ff: 20,54 m ²	Ff: 4,00 m ²
O17: 12,88 m ²	O18: 12,88 m ²	O19: 12,88 m ²	O20: 12,88 m ²
S: Fliesen	S: Fliesen	S: Fliesen	S: Fliesen
W: Verputz	W: Verputz	W: Verputz	W: Verputz
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

- LEGENDE:**
- BACKSTEIN
 - BETON
 - KALKSANDSTEIN
 - WÄRMEDÄMMUNG
 - FERMENTDÄMMUNG
 - VORFABRIZIERTES HOLZELEMENT

Alle Maße sind Richtmaße! Der Unternehmer hat vor Arbeitsbeginn die Maße am Bau zu überprüfen.
Die Umrechnungen ist selbst die Bestimmung zu informieren!

Ausgangspunkt: PP _____ m, S.M.
 Figurmaß: PP _____ m, S.M.
 Karten: 1:50 = GK, P8 Erdgeschoss = 1:50 m, S.M.

ÜBERBAUUNG GROSSMORGEN

ANSCHREIBUNG: Grossmorgen AG, Bäumlihofstrasse 19, 6003 Sarnen, CH. Tel. 041 910 20 17, Fax 041 910 20 17

PLANNUMMER: Architekt: A. Hergemüller, Christoph Eben, Prof. Dr. Hansruedi, 6032 Hetschbach. Tel. 041 910 20 10, Fax 041 910 20 10, Mobil 078 444 664 1

PLANNUMMER: AUSFÜHRUNGSPLAN, 1. OBERGESCHOSS HAUS A3. Blatt Nr. 20/07/09, Maßstab: 1:50, Plan Nr. 200-00-03

Abbildung 35: Grundrissplan MFH 1. Obergeschoss

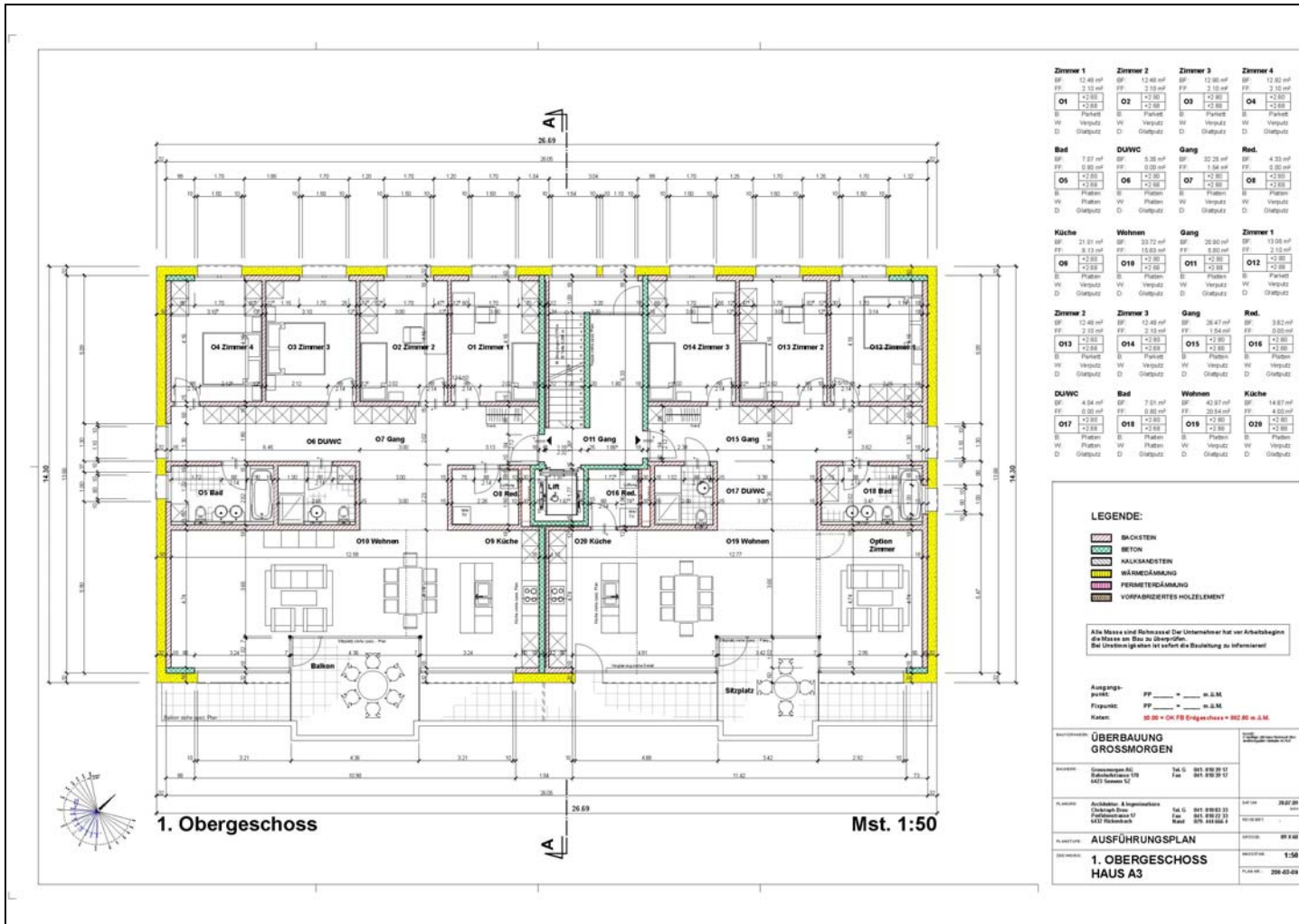
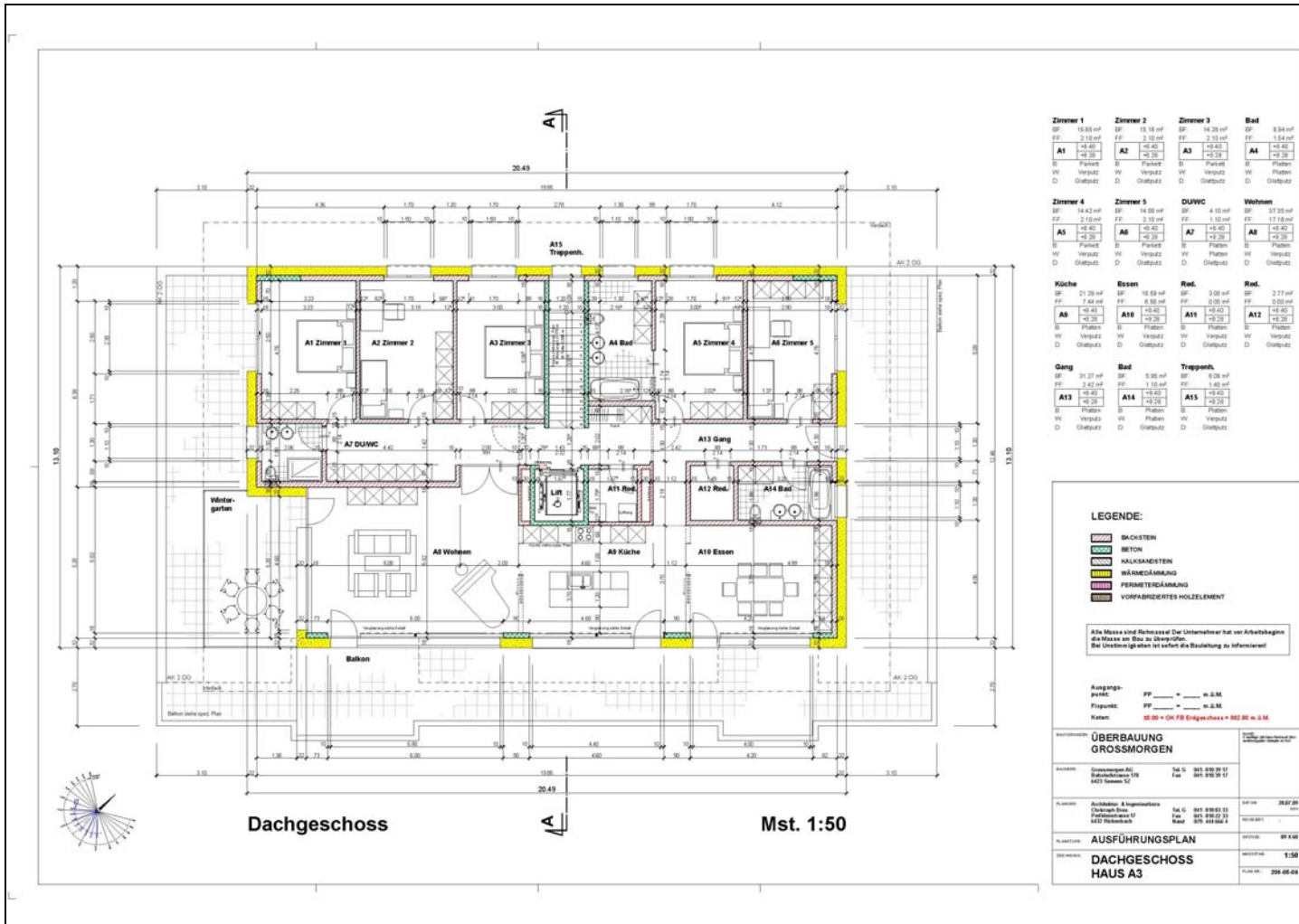


Abbildung 36: Grundrissplan MFH 2. Obergeschoss



Zimmer 1	Zimmer 2	Zimmer 3	Bad
GP: 16,83 m ²	GP: 13,18 m ²	GP: 14,26 m ²	GP: 8,84 m ²
FF: 2,10 m ²	FF: 2,10 m ²	FF: 2,10 m ²	FF: 1,54 m ²
A1: -0,40	A2: -0,43	A3: -0,43	A4: -0,43
+0,28	+0,28	+0,28	+0,28
B: Parkett	B: Parkett	B: Parkett	B: Platten
W: Verputzt	W: Verputzt	W: Verputzt	W: Platten
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

Zimmer 4	Zimmer 5	DUWC	Wohnen
GP: 14,42 m ²	GP: 14,08 m ²	GP: 4,10 m ²	GP: 37,35 m ²
FF: 2,10 m ²	FF: 2,10 m ²	FF: 1,10 m ²	FF: 17,18 m ²
A5: -0,40	A6: -0,43	A7: -0,40	A8: -0,43
+0,28	+0,28	+0,28	+0,28
B: Parkett	B: Parkett	B: Platten	B: Platten
W: Verputzt	W: Verputzt	W: Platten	W: Verputzt
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

Küche	Essen	Red.	Red.
GP: 21,29 m ²	GP: 18,89 m ²	GP: 3,00 m ²	GP: 3,77 m ²
FF: 7,44 m ²	FF: 6,88 m ²	FF: 0,88 m ²	FF: 0,88 m ²
A9: -0,40	A10: -0,43	A11: -0,40	A12: -0,40
+0,28	+0,28	+0,28	+0,28
B: Platten	B: Platten	B: Platten	B: Platten
W: Verputzt	W: Verputzt	W: Verputzt	W: Verputzt
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

Gang	Bad	Treppenh.
GP: 31,27 m ²	GP: 6,95 m ²	GP: 8,00 m ²
FF: 2,42 m ²	FF: 1,10 m ²	FF: 1,43 m ²
A13: -0,40	A14: -0,43	A15: -0,40
+0,28	+0,28	+0,28
B: Platten	B: Platten	B: Platten
W: Verputzt	W: Platten	W: Verputzt
D: Glattputz	D: Glattputz	D: Glattputz

LEGENDE:

- BACKSTEIN
- BETON
- KALKSANDSTEIN
- WÄRMEDÄMMUNG
- PERIMETERDÄMMUNG
- VORFABRIZIERTES HOLZLEMMENT

Alle Maße sind Richtmaße! Der Unternehmer hat vor Arbeitsbeginn die Maße am Bau zu überprüfen.
Die Umrandungen sind selbst die Beschriftung zu informieren!

Ausgangspunkt: PP _____ = m. S.M.
 Figurmaß: PP _____ = m. S.M.
 Karten: 20.00 = OK, FB Erdgeschoss = 002.00 m. S.M.

ÜBERBAUUNG GROSSMORGEN	
Auftraggeber: Grossmorgen AG Rindschellenstr. 19 6403 Mannheim LT	Tel. 0 621 939 21 17 Fax 0 621 939 21 17
Planer: Architekturbüro Christoph Esch Postfachstr. 17 6437 Reichartshausen	Tel. 0 621 939 21 30 Fax 0 621 939 21 32 Mobil 076 444 664 1
Projektname: AUSFÜHRUNGSPLAN DACHGESCHOSS HAUS A3	Blatt: 001 Datum: 2008-08-09

Abbildung 37: Grundrissplan MFH Dachgeschoss

A 2. Berechnungsgrundlagen

A 2.1. U-Werte der Bauteile beim Einfamilienhaus je nach Energiestandard

Energiestandard	U-Werte [W/m ² K]						
	AW	DA	AW Erdr.	IW	BO	FE	WB Balkon [W/mK]
Gebäude vor 1980	0.51	0.37	0.58	0.54	1.13	1.32	0.26
380/1 (1988)	0.25	0.37	0.58	0.54	1.13	1.32	-
380/1 (2009)	0.18	0.24	0.22	0.3	0.39	0.91	-
380/1 (2009) San	0.18	0.22	0.22	0.3	1.13	1.08	-
Minergie-P	0.11	0.11	0.14	0.2	0.17	0.77	-

Abbildung 39: U-Wert Tabelle nach Energiestandard für das Einfamilienhaus¹

A 2.2. U-Werte der Bauteile beim Mehrfamilienhaus je nach Energiestandard

Energiestandard	U-Werte [W/m ² K]								
	AW	AW Erdr.	DA	DA Ter	IW	BO UG	BO Gar	Stor enka sten	Glas / Rahmen
Gebäude vor 1980	0.72	1.93	0.34	0.69	2.68	1.73	1.25	0.65	1.3 / 1.5
380/1 (1988)	0.51	1.93	0.24	0.69	2.68	0.59	1.25	0.65	1.3 / 1.5
380/1 (2009)	0.15	0.32	0.11	0.19	0.5	0.22	0.17	0.65	1.1 / 1.5
380/1 (2009) San	0.15	0.32	0.21	0.69	0.5	0.22	0.17	0.65	1.1 / 1.5
Minergie-P	0.08	0.17	0.11	0.19	0.15	0.16	0.1	0.18	0.6 / 1.2

Abbildung 40: U-Wert Tabelle nach Energiestandard für das Mehrfamilienhaus²

¹ AW: Aussenwand; DA: Dach; AW Erdr.: Aussenwand gegen Erdreich; IW: Innenwand; BO: Boden; FE: Fenster; WB Balkon: Wärmebrücke Balkonanschluss

² AW: Aussenwand; AW Erdr.: Aussenwand gegen Erdreich; DA: Dach; DA Ter: Terrassendach; IW: Innenwand; BO UG: Boden gegen Untergeschoss; BO Gar: Boden gegen Garage

A 2.3. Berechnung der Wärmebrücke bei einer Abgasanlage

A 2.3.1. Grundlagen

Mit Hilfe des Berechnungsprogramms COMSOL Multiphysics 3.5a wird die drei dimensionale Wärmebrücke einer Abgasanlage bei der Durchdringung des Daches berechnet.

In Abbildung 41 ist die Situation der Dachdurchdringung ersichtlich. Für die Berechnung wurde der Dachaufbau gemäss Abbildung 42 verwendet, wobei die Lattung für die Innenverkleidung sowie die Innenverkleidung nicht eingerechnet wurden. Dies, da die beiden Dämmschichten als Massgebende Parameter betrachtet werden können. Der Sparrenabstand wird mit 63cm eingerechnet. Weiter wurde zur Vereinfachung das Schrägdach waagrecht im Berechnungsprogramm eingegeben.

Die Materialisierung des Dachaufbaus, sowie der Abgasanlage ist in Tabelle 4 und Tabelle 5 ersichtlich.

Materialisierung Dach

Die Bezeichnung erfolgt von oben nach unten.

Bezeichnung	Wärmeleitfähigkeit	Dichte	Wärmekapazität	Dicke
[-]	[W/mK]	[kg/m ³]	[J/kgK]	[m]
Pavatherm Holzfaserplatte	0.038	140	1400	0.08
Dämmplatte_1 Flumroc	0.036	20	1030	0.2
Nutholz Sparren	0.13	500	1600	0.2

Tabelle 4: Materialisierung Dach

Materialisierung Abgasanlage

Die Bezeichnung erfolgt von aussen nach innen.

Bezeichnung	Wärmeleitfähigkeit	Dichte	Wärmekapazität	Dicke
[-]	[W/mK]	[kg/m ³]	[J/kgK]	[m]
Brandschutzelement	0.062	300	920	0.03
Mineralfaserdämmung	0.038	100	1030	0.05
Chromstahlrohr	24	7800	450	0.001

Tabelle 5: Materialisierung Abgasanlage

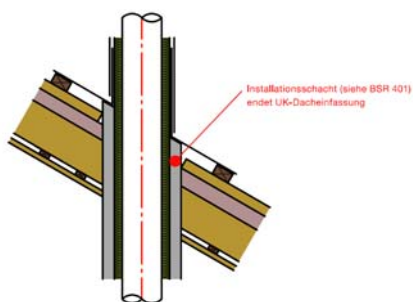


Abbildung 41: Situation Durchdringung des Daches durch Abgasanlage

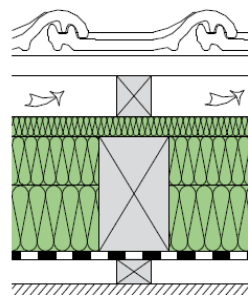


Abbildung 42: Vereinfachter Aufbau des Daches

A 2.4. Zusammenstellung der Berechnungsgrundlagen für die Berücksichtigung der Funktionsöffnungen im 380/1 Nachweis

		Berechnungsgrundlagen											
Funktionsöffnung	Anwendungsepoche	Material	Wanddicke Rohr	λ -Rohrmat.	Dimension Rohr	Dämmung	λ -Dämmung	Leitungslänge (pro Funktionsöffnung)	α_{innen}	α_{ausen}	U-Wert äquivalent	b-Faktor (380/1)	
EFH (246 m ²)	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	Neubau	PVC	5mm	0.29 W/mK	PE 125	keine	-	5.5 m	5.8 W/m2K	8.0 W/m2K	3.14 W/m2K	0.6
		Gebäude vor 1988	Gusseisen	5mm	60 W/mK	DN 125	keine	-	5.5 m	5.3 W/m2K	8.0 W/m2K	3.15 W/m2K	0.6
	Dachentwässerungen innenliegend	Neubau	PVC	5mm	0.29 W/mK	PE 150	keine	-	5.5 m	6.3 W/m2K	8.0 W/m2K	3.31 W/m2K	0.6
		Gebäude vor 1988	Gusseisen	5mm	60 W/mK	DN 150	keine	-	5.5 m	5.8 W/m2K	8.0 W/m2K	3.35 W/m2K	0.6
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	Spiralfalzrohre	0.5mm	60 W/mK	DN 160	13mm	0.036 W/mK	3.5 m	3.7 W/m2K	8.0 W/m2K	1.29 W/m2K	0.8
	Küchenabflütleitungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	Spiralfalzrohre	0.5mm	60 W/mK	DN 125	keine	-	3.5 m	3.7 W/m2K	8.0 W/m2K	2.53 W/m2K	1.0
	Einzelraumentlüftungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	Spiralfalzrohre	0.5mm	60 W/mK	DN 125	keine	-	3.5 m	3.7 W/m2K	8.0 W/m2K	2.53 W/m2K	1.0
	Abgasanlagen	Neubau	Chromstahlblech	1mm	24 W/mK	0.18m	50mm und 30mm	0.038 und 0.062 W/mK	4.5 m	3.6 W/m2K	8.0 W/m2K	0.41 W/m2K	1.0
		Gebäude vor 1988	Vollbackstein	125mm (Backsteindicke)	0.8 W/mK	0.45m auf 0.45m	keine	-	4.5 m	3.5 W/m2K	8.0 W/m2K	1.78 W/m2K	1.0
	Verbrennungsluftzufuhr	Neubau	Spiralfalzrohre	0.5mm	60 W/mK	0.15m	19mm	0.036 W/mK	3.0 m	4.1 W/m2K	8.0 W/m2K	1.09 W/m2K	1.0
Total Funktionsöffnungen													
MFH (1426 m ²)	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	Neubau	PVC	5mm	0.29 W/mK	PE 125	keine	-	11.2 m	5.8 W/m2K	8.0 W/m2K	3.14 W/m2K	0.6
		Gebäude vor 1988	Gusseisen	5mm	60 W/mK	DN 125	keine	-	11.2 m	5.3 W/m2K	8.0 W/m2K	3.15 W/m2K	0.6
	Dachentwässerungen innenliegend	Neubau	PVC	5mm	0.29 W/mK	PE 150	keine	-	11.2 m	6.3 W/m2K	8.0 W/m2K	3.31 W/m2K	0.6
		Gebäude vor 1988	Gusseisen	5mm	60 W/mK	DN 150	keine	-	11.2 m	5.8 W/m2K	8.0 W/m2K	3.35 W/m2K	0.6
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	Spiralfalzrohre	0.5mm	60 W/mK	DN 160	13mm	0.036 W/mK	4.7 m	3.7 W/m2K	8.0 W/m2K	1.29 W/m2K	0.8
	Küchenabflütleitungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	Spiralfalzrohre	0.5mm	60 W/mK	DN 125	keine	-	4.7 m	3.7 W/m2K	8.0 W/m2K	2.53 W/m2K	1.0
	Einzelraumentlüftungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	Spiralfalzrohre	0.5mm	60 W/mK	DN 125	keine	-	4.7 m	3.7 W/m2K	8.0 W/m2K	2.53 W/m2K	1.0
	Abgasanlagen	Neubau	Chromstahlblech	1mm	24 W/mK	0.18m	50mm und 30mm	0.038 und 0.062 W/mK	5.9 m	3.6 W/m2K	8.0 W/m2K	0.41 W/m2K	1.0
		Gebäude vor 1988	Vollbackstein	125mm (Backsteindicke)	0.8 W/mK	0.45m auf 0.45m	keine	-	5.9 m	3.5 W/m2K	8.0 W/m2K	1.78 W/m2K	1.0
	Verbrennungsluftzufuhr	Neubau	Spiralfalzrohre	0.5mm	60 W/mK	0.15m	19mm	0.036 W/mK	3.0 m	4.1 W/m2K	8.0 W/m2K	1.09 W/m2K	1.0
Total Funktionsöffnungen													

Abbildung 43: Tabellarische Zusammenfassung der Berechnungsgrundlagen für die Funktionsöffnungen

A 3. Berechnungsverfahren

A 3.1. Berechnung innerer Wärmeübergangskoeffizient bei freier Konvektion

A 3.1.1. Verwendete Formelzeichen und Einheiten

Symbol	Beschreibung	Einheit
t_m	Mitteltemperatur	[°C]
t_f	Temperatur Fluid (Gas)	[°C]
t_w	Temperatur Wand (Oberfläche)	[°C]
γ	Volumenausdehnungskoeffizient bei idealem Gas	[1/K]
Ra	Rayleigh-Zahl	[-]
g	Fallbeschleunigung	[m/s ²]
Δt	$t_f - t_w$ Differenz Fluid und Wandtemperatur	[K]
l	Charakteristische Länge (bei freier Konvektion die Rohrhöhe)	[m]
ν	Kinematische Viskosität der Luft	[m ² /s]
a	Temperaturleitfähigkeit der Luft	[m ² /s]
Pr	Prandtl-Zahl	[-]
f_1	Faktor zur Berechnung der Nusselt-Zahl	[-]
Nu_m	Nusselt-Zahl (Freie Strömung bei der senkrechten Wand)	[-]
h	Höhe des Rohres	[m]
d	Innendurchmesser	[m]
Nu_{Zylm}	Nusselt-Zahl (Freie Strömung beim senkrechten Zylinder)	[-]
λ	Wärmeleitfähigkeit	[W/mK]
α_i	Innerer Wärmeübergangskoeffizient	[W/m ² K]

A 3.1.2. **Beschrieb der Berechnung**

Als Grundlage für die Berechnung des inneren Wärmeübergangs bei freier Konvektion diene die Tabelle T8.4 in [2].

Anhand der Temperaturdifferenz zwischen der Rohrwand und der im Rohr herrschenden Lufttemperatur bildet sich freie Konvektion. Die Lufttemperatur im Rohr wurde mit 4°C angenommen, was der mittleren Aussentemperatur im Winterhalbjahr entspricht.

Mit den Formeln welche unter A 3.1.3 aufgeführt sind kann der innere Wärmeübergangskoeffizient berechnet werden.

Die Berechnung wurde für alle Rohre durchgeführt bei welchen die Einrohrzirkulation auftritt, die da wären:

Küchenabluftanlagen

Einzelraumentlüftung

Abgasanlagen

Verbrennungsluftzufuhr

Lüftungsleitungen (Fortluft)

A 3.1.3. **Verwendete Formeln**

$$t_m = \frac{t_f + t_w}{2}$$

Formel 1: Mitteltemperatur zur Ermittlung der Stoffwerte

$$\gamma = \frac{1}{T_f}$$

Formel 2: Volumenausdehnungskoeffizient

$$Ra = \frac{g \cdot \gamma \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu \cdot a}$$

Formel 3: Rayleigh-Zahl

$$Pr = \frac{\nu}{a}$$

Formel 4: Prandtl-Zahl

$$f_1 = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{16/9}}$$

Formel 5: Faktor zur Berechnung der Nusselt-Zahl

$$Nu_m = \left[0.825 + 0.387 \cdot (Ra \cdot f_1)^{1/4}\right]^2$$

Formel 6: Nusselt-Zahl für den Fall der freien Strömung (senkrechte Wand)

$$Nu_{Zylm} = Nu_m + 0.87 \cdot \frac{h}{d}$$

Formel 7: Nusselt-Zahl freie Strömung für senkrechte Zylinder

$$\alpha_i = \frac{Nu_{Zylm} \cdot \lambda}{l}$$

Formel 8: Innerer Wärmeübergangskoeffizient

A 3.2. Berechnung innerer Wärmeübergangskoeffizient bei erzwungener Strömung durch den Kamineffekt (erzwungene Konvektion)

A 3.2.1. Verwendete Formelzeichen und Einheiten

Symbol	Beschreibung	Einheit
T_f	Temperatur Fluid (Gas)	[K]
T_w	Temperatur Wand (Oberfläche)	[K]
g	Fallbeschleunigung	[m/s ²]
l	Charakteristische Länge (hier der Innendurchmesser)	[m]
ν	Kinematische Viskosität der Luft	[m ² /s]
Pr	Prandtl-Zahl	[-]
Nu_m	Nusselt-Zahl	[-]
h	Höhe des Rohres	[m]
d	Innendurchmesser	[m]
λ_L	Wärmeleitfähigkeit	[W/mK]
w	Geschwindigkeit	[m/s]
ρ_i	Dichte der Luft im Rohrrinnern	[kg/m ³]
ρ_a	Dichte der Aussenluft	[kg/m ³]
h	Wirksame Höhendifferenz	[m]
ζ	Widerstandsbeiwert	[-]
k	Rohrrauhigkeitswert	[m]
λ_R	Rohrreibungszahl (Ermittlung durch Iteration)	[-]
α_i	Innerer Wärmeübergangskoeffizient	[W/m ² K]

A 3.2.2. **Beschrieb der Berechnung**

Für die Berechnung des Wärmeübergabekoeffizienten bei erzwungener Strömung muss die Geschwindigkeit im Rohrrinnern bekannt sein. Dies erfolgt mit der Formel 4 unter A 3.2.3. Der Antrieb für die Luft ist der Dichteunterschied anhand der Temperaturdifferenz. Diese wird vollständig durch die Rohrreibung kompensiert. Die Gleichung kann nach der gesuchten Grösse w aufgelöst werden.

Zur Bestimmung der Rohrreibungszahl wird ein iteratives Verfahren verwendet.

Mit den Formeln welche unter A 3.2.3 aufgeführt sind kann der innere Wärmeübergabekoeffizient berechnet werden.

A 3.2.3. **Verwendete Formeln**

$$Nu_m = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda_L}$$

Formel 1 Wärmeübergangskoeffizient

$$Nu_m = 0.0214 \cdot (Re^{0.8} - 100) \cdot Pr^{0.4} \cdot \left[1 + \left(\frac{d}{h} \right)^{2/3} \right] \cdot \left(\frac{T_f}{T_w} \right)^n$$

Formel 2 Nusselt-Zahl

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu}$$

Formel 3 Reynolds-Zahl

$$h \cdot (\rho_i - \rho_a) \cdot g = \frac{w^2 \cdot \rho_i}{2} \cdot \left(\lambda_R \cdot \frac{L}{d} + \zeta \right)$$

Formel 4 Bestimmung der Geschwindigkeit w

$$\lambda_R = \frac{0.309}{\left(\log \frac{Re}{7} \right)^2}$$

Formel 5: Näherungsformel Rohrreibungszahl
(Bereich: Hydraulisch glatt PVC)

$$\lambda_R = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{15}{Re} + \frac{k}{3.715 \cdot d} \right) \right]^2}$$

Formel 6: Näherungsformel Rohrreibungszahl (Bereich: Übergang, Gusseisen)

A 3.3. Berechnung Wärmeverlust von Rohrleitungen

A 3.3.1. Verwendete Formelzeichen und Einheiten

Symbol	Beschreibung	Einheit
\dot{Q}	Wärmestrom durch eine mehrschichtige Zylinderwand	[W]
l	Rohrlänge	[m]
t_{r1}	Temperatur ausserhalb des Rohres	[°C]
t_{r2}	Temperatur im Rohr	[°C]
α_1	Innerer Wärmeübergangskoeffizient	[W/m ² K]
r_1	Innenradius	[m]
λ	Wärmeleitfähigkeit	[W/mK]
r_2	Aussenradius	[m]
α_2	Äusserer Wärmeübergangskoeffizient	[W/m ² K]

A 3.3.2. Beschrieb der Berechnung

In einem ersten Schritt wird die Mitteltemperatur im Winterhalbjahr in Zürich berechnet. Die Grundlagen werden aus dem SIA Merkblatt 2028 „Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik“ genommen. Die so ermittelte Mitteltemperatur beträgt 4°C.

Mittels Formel 1 unter A 3.3.3 kann somit der Wärmestrom durch die Rohrwand der Funktionsöffnung berechnet werden.

A 3.3.3. Verwendete Formeln

$$\dot{Q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot (t_{r1} - t_{r2})}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot r_1} + \sum \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}}$$

Formel 1: Wärmestrom durch mehrschichtige Zylinderwand

A 3.4. Berechnung äquivalenter U-Wert für eine Wand (wird für die Berechnung im Energienachweis nach SIA 380/1 benötigt)

A 3.4.1. Verwendete Formelzeichen und Einheiten

Symbol	Beschreibung	Einheit
\dot{Q}	Wärmestrom durch eine mehrschichtige Zylinderwand	[W]
d_m	Mittlerer Durchmesser des Rohres (mit oder ohne Isolation)	[m]
ΔT	Temperaturdifferenz über die Rohrdicke	[K]
U	U-Wert äquivalent	[W/m ² K]

A 3.4.2. Beschrieb der Berechnung

Damit die Funktionsöffnungen im IDEA XP Programm eingegeben werden können, haben wir für diese einen U-Wert zu berechnen. Mithilfe des unter A 3.3 berechneten Wärmestromes kann nach Formel 1 unter A 3.4.3 der äquivalente U-Wert berechnet werden. Mit diesem U-Wert und den entsprechenden Oberflächen der Funktionsöffnungen wird dann im IDEA XP Programm der Wärmeverlust jeder Funktionsöffnung berechnet. Dadurch kann der prozentuale Anteil der Wärmeverluste über Funktionsöffnungen gegenüber des gesamten Wärmeverlustes des Gebäudes ermittelt werden.

A 3.4.3. Verwendete Formeln

$$U = \frac{\dot{Q}}{\pi \cdot d_m \cdot \Delta T}$$

Formel 1: Äquivalenter U-Wert

A 4. Berechnungen

A 4.1. Berechnungsbeispiel innerer Wärmeübergangskoeffizient und U-Wert Äquivalent bei erzwungener Konvektion

Grundlagen

Rohrreibungszahl	0.0015	/.
Länge Rohr	5.5	m
Temperatur Raum	20	°C
Temperatur Aussen	4	°C
Temperatur Rohr	10	°C
Dichte Aussen	1.19	kg/m3
Dichte Innen	1.17	kg/m3
Durchmesser Rohr	0.15	m
Zeta Werte	0	/.

Berechnung Geschwindigkeit w

Statische Zugstärke	1.0791	Pa
Resultierende Geschwindigkeit	1.32	m/s

Berechnung Wärmeübergang

Kinematische viskosität luft	0.00001535	m2/s
Reynoldszahl	12872.1	/.
Wärmeübergabekoeffizient Luft	0.02569	W/K m
Spezifische Wärmekapazität	1.007	kJ/kgK
Dynamische Viskosität Luft	0.00001824	kg/m s
Prandtl Zahl	0.71	/.
Nusselzahl	36.96	/.
Alpha	6.33	W/m2K

Wärmeverlust		
Rohrdurchmesser aussen Dämmung	0.15	[m]
Rohrdurchmesser aussen PVC	0.15	[m]
Rohrdurchmesser innen PVC	0.14	[m]
Länge der Leitung	5.5	[m]
Rohrdicke	0.005	[m]
Dicke Isolation	0	[m]
Mittlere Temperatur im Schacht	20	[°C]
Mittlere Temperatur im Rohr	4	[°C]
λ-Wert PVC	0.29	[W/mK]
λ-Wert Dämmung	0.036	[W/mK]
Wärmeübergangskoeffizient innen	6.3	[Wm ² K]
Wärmeübergangskoeffizient aussen	8	[Wm ² K]
Heizgradtage Zürich	229	[d/a]
Wärmestrom durch das Rohr	132.86	[W]

$$\dot{Q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot (t_{i1} - t_{i2})}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot r_1} + \sum \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right) + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}}$$

Berechnung äquivalenter U-Wert Rohr		
Rohrdurchmesser aussen Dämmung (13mm)	0.15	[m]
Rohrdurchmesser aussen PVC	0.15	[m]
Rohrdurchmesser innen PVC	0.14	[m]
Länge der Leitung	5.5	[m]
Fläche Rohr (äquivalent für Wand)	2.51	
Mittlerer Durchmesser	0.145	[m]
Mittlere Temperatur im Schacht	20	[°C]
Mittlere Temperatur im Rohr	4	[°C]
U-Wert äquivalent	3.31	[W/m²K]

Abbildung 46: Dachentwässerung innenliegend PVC - Berechnung innerer Wärmeübergangskoeffizient und U-Wert Äquivalent

A 4.2. Berechnungsbeispiel innerer Wärmeübergangskoeffizient und U-Wert Äquivalent bei freier Konvektion

Wärmeübergangskoeffizient innen Senkrechtes Rohr		
Mitteltemperatur der Luft im Rohr	4	[°C]
Temperatur der Rohrwand	20	[°C]
Mitteltemperatur für die Stoffwerte	12	[°C]
Höhe Wand resp. Rohr	3.5	[m]
Innendurchmesser Rohr	0.125	[m]
Volumenausdehnungskoeffizient γ Luft	0.003610108	[1/K]
kinematische Viskosität bei Lufttemperatur	0.000014618	[m ² /s]
α bei Lufttemperatur	0.000020414	[m ² /s]
Wärmeleitfähigkeit Luft	0.025086	[W/mK]
Rayleigh-Zahl	81413661291	[-]
Prandtl-Zahl	0.716077202	[-]
f_1	0.348369112	[-]
Nusselt-Zahl für Wand und Kugel	492.6819499	[-]
Nusselt-Zahl für Senkrechte Zylinder	517.0419499	[-]
Wärmeübergangskoeffizient α_{innen}	3.7	[W/m²K]

Wärmeverlust Rohrleitungen

Wärmeverlust		
Rohrdurchmesser aussen mit Dämmung	0.125	[m]
Rohrdurchmesser aussen Blech	0.125	[m]
Rohrdurchmesser innen Blech	0.124	[m]
Länge der Leitung	3.5	[m]
Rohrdicke	0.0005	[m]
Dicke Isolation	0	[m]
Mittlere Temperatur im Schacht	20	[°C]
Mittlere Temperatur im Rohr	4	[°C]
λ -Wert Blech	60	[W/mK]
λ -Wert Dämmung	0.036	[W/mK]
Wärmeübergangskoeffizient innen	3.7	[Wm ² K]
Wärmeübergangskoeffizient aussen	8	[Wm ² K]
Heizgradtage Zürich	229	[d/a]
Wärmestrom durch das Rohr	55.39	[W]
$\dot{Q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot (t_{r1} - t_{r2})}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot r_1} + \sum \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{1}{\alpha_2 \cdot r_2}}$		

Berechnung äquivalenter U-Wert Rohr		
Rohrdurchmesser aussen Dämmung (13mm)	0.125	[m]
Rohrdurchmesser aussen PVC	0.125	[m]
Rohrdurchmesser innen PVC	0.124	[m]
Länge der Leitung	3.5	[m]
Fläche Rohr (äquivalent für Wand)	1.37	
Mittlerer Durchmesser	0.1245	[m]
Mittlere Temperatur im Schacht	20	[°C]
Mittlere Temperatur im Rohr	4	[°C]
U-Wert äquivalent	2.53	[W/m²K]

Abbildung 47: Küchenabluft - Berechnung innerer Wärmeübergangskoeffizient und U-Wert Äquivalent

A 4.3. Berechnung Heizenergiebedarf nach SIA 380/1

Der Heizwärmebedarf wurde im Programm IDEA XP berechnet. Dabei wurden für das Einfamilienhaus sowie das Mehrfamilienhaus jeweils zuerst die Grundvarianten pro Energiestandard ohne Funktionsöffnungen berechnet. Diese Werte dienen als Referenz um den zusätzlichen Verlust durch die Funktionsöffnungen prozentual zu quantifizieren.

Um alle Resultate zu erhalten wurden 26 Varianten berechnet. Es wäre unsinnig all diese Berechnungen in diesem Anhang aufzuführen. Aus diesem Grund haben wir uns auf die Minergie-P Variante für das Einfamilienhaus und das Mehrfamilienhaus beschränkt, welche auf den folgenden Seiten aufgeführt sind.

A 4.3.1. Einfamilienhaus Heizenergiebedarf nach Minergie-P Standard

Nachweis SIA 380/1:2009

Akten-Nr.:	
Projekt:	Beispielhaus
Haus:	Haus 1
Projektadresse:	

Bauherrschaft:	SIA,		
Adresse:	Selnaustrasse 18, 8039 Zürich		
Tel.:	044 283 15 15	Fax.:	e-mail: www.sia.ch
evtl. BauherrschftsvertreterIn:			
Adresse:			
Tel.:		Fax.:	e-mail:
Verfasser Wärmedämmprojekt:			
Sachbearbeiter:			
Adresse:			
Tel.:		Fax.:	e-mail:
Verfasser Nachweis:	HTA Luzern, ZIG		
Sachbearbeiter:	IDEA-XP Supportteam		
Adresse:	Techstrasse 21, 8048 Horw		
Tel.:	041 349 33 65	Fax.:	e-mail: ideexp@hta.fhnz.ch

Art des Bauvorhabens: **Neubau**

Systemnachweis

Anforderung gemäss:	SIA 380/1 (Ausgabe 2009)		
Klimastation:	Luzern (Merkblatt SIA 2028)		
Energiebezugsfläche:	A_E :	245.9 m ²	Gebäudehüllzahl A_{th}/A_E 2.13 [-]
Verschattungsfaktor der Fassade mit der grössten verglasten Fläche:			F_s 0.61 [-]
Summe der Längen aller Wärmebrücken:	(9.1 % von Q_t)		l 164.00 m
Gebäude mit Bodenheizung:	nein	Auslegung Vorlauf:	$\theta_{h,max}$ °C
Regulierungszuschlag:	$\Delta\theta_{lg}$ 0 °C	System:	Einzelraum-Temperaturregelung

Heizwärmebedarf	Projektwert	Q_h	128 MJ/m ²	Grenzwert	$Q_{h,II}$	184 MJ/m ²
Systemanforderung			erfüllt			

Die Unterzeichnenden bestätigen hiermit mit ihrer Unterschrift die Richtigkeit und Vollständigkeit der in diesem Nachweis gemachten Angaben:

Verfasser des Wärmedämmprojekts: _____ Datum: _____

Verfasser des Nachweises: _____ Datum: _____

Dieses Programm ist lizenziert für: Hochschule Luzern 8048 Horw

1. Energiebezugsfläche und Grenzwert

Thermische Zone	Gebäude-Kategorie	A _g m ²	A _g /A _E	Q _{th} MJ/m ²
Wohnen EFH	Wohnen EFH	245,9	2,13	184
Total		245,9		

Temperaturkorrektur in %: -10

Wohnen EFH

2. Gebäudehüllfläche

Flächen [m ²]	Aussen	Unbeheizt		Erreich		Beheizt	Total Fläche	
		ohne Reduktionsfaktor	mit Reduktionsfaktor	ohne Reduktionsfaktor	mit Reduktionsfaktor		ohne Reduktionsfaktor	mit Reduktionsfaktor
Dach (a,E)	100,6						100,6	100,6
Aussenwand (a,E)	273,1			96,3	72,2		369,4	345,3
Boden (a,E)				77,1	52,9		77,1	52,9
Innenwand (b,u)		20,5	12,3				20,5	12,3
Decke (b,u)		22,8	13,7				22,8	13,7
Total	373,7	43,4	26,0	173,4	125,1		590,5	524,9

a = aussen, E = Erreich, u = unbeheizt, b = beheizt

Gebäudehüllzahl A_g/A_E = 2,13

3. Aufteilung der Fenster/Türen-Flächen auf Fassaden/Dach/Boden

Flächen [m ²]	Dach									Decke	Boden	Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW				
Opake Bauteile	100,6		62,6	15,2	80,3		57,3		105,1	22,8	77,1	521,1
Fenster/Türen			7,1		41,5		12,4		8,5			69,4
Total	100,6		69,7	15,2	121,8		69,7		113,6	22,8	77,1	590,5
Anteil Fenster/Türen an opake Bauteile			0,10		0,34		0,18		0,08			0,12

Verschattungsfaktor F_s (flächengewichteter Mittelwert)

F _{s1} (Horizontal)		1,00		0,95		0,91		0,97	
F _{s2} (Überhang)			0,92		0,67		0,94		0,92
F _{s3} (Geländerleiste)			0,98		0,98		0,98		0,98
F _s (=F _{s1} *F _{s2} *F _{s3})			0,90		0,62		0,84		0,87

4. Einzelbauteile

4.1 Flächige Bauteile

Nr.	Bezeichnung	Dämmst. cm	BTH	U-Wert W/m ² K	Fläche m ²	Code	H (U*A*b) W/K	Verlust MJ/m ²	%
1	DA		nein	0,11	100,6	A1	11,07	14,57	9,3
2	AW		nein	0,11	198,7	B1	21,40	26,15	10,3
3	IW 3		nein	0,20	18,9		2,27	2,96	1,1
4	DE 2		nein	0,21	22,8		2,91	3,83	1,4
5	AWE		nein	0,14	87,8	B2	9,31	12,25	4,5
6	BDE		nein	0,17	77,1	C2	9,02	11,87	4,3
7	Entlüftungslüftungen		nein	3,14	4,1	B2	7,80	10,26	3,7
8	Dachabwasserleitungen		nein	3,31	2,5	B2	4,98	6,56	2,4
9	Lüftungsleitungen		nein	1,29	1,9	B2	1,96	2,58	0,9
10	Küchenabluftleitungen		nein	2,53	1,4	B1	3,47	4,56	1,7
11	Abgasanlage Neu		nein	0,41	3,7	B1	1,50	1,97	0,7
12	Verbrennungsluft		nein	1,09	1,6	B1	1,73	2,28	0,8
Total					521,09			101,86	

4.1.1 Fenster / Türen

Nr.	Bezeichnung	g-Wert [%]	U-Wert W/m ² K	Fläche m ²	Code	H (U*A*b) W/K	Verlust MJ/m ²	%
1	FE		0,60	0,77	65,06		50,09	65,9
2	AT		1,60	2,71		4,33	5,7	2,1
3	IT 2		2,00	1,68		2,02	2,7	1,0
Total				69,4		56,44	74,3	

4.1.2 Rollläden

Nr.	Bezeichnung	Höhe m	U-Wert W/m ² K	Fläche m ²	Code	H (U*A*b) W/K	Verlust MJ/m ²	%
Total								

4.2 Linienbezogene Wärmebrücken

Nr.	Bezeichnung	g-Wert W/mK	Länge m	Code	H (U*A*b) W/K	Verlust MJ/m ²	%
1	WB Sockel	0,12	13,57		1,63	2,1	0,8
2	WB IW 3-BD	0,40	7,47		1,79	2,4	0,9
3	WB IW 3-AWE	0,36	5,50		1,19	1,6	0,6
4	WB RLK	0,24	16,00		3,84	5,1	1,8
5	WB FELe	0,08	55,65		4,53	6,0	2,2
6	WB FEBr	0,10	40,39		4,04	5,3	1,9
7	WB FEBt	0,08	24,40		1,95	2,6	0,9
Total			163,98			25,0	

4.3 Punktbezogene Wärmebrücken

Nr.	Bezeichnung	χ-Wert W/K	Anzahl Stk	Code	H (U*A*b) W/K	Verlust MJ/m ²	%
Total							

6. Spezielle Eingabedaten

Thermische Zone	Wärmespeicherfähigkeit C/A _g MJ/m ² K	Temp. Zuschlag Regulierung °C	max. Vorlauftemperatur für Flächenheizung °C	max. Vorlauftemperatur für Heizkörper vor Fenster °C	thermischer Volumenstrom m ³ /m ² h
Wohnen EFH	0,3	0			0,7

Die Vorlauftemperaturen sind in Tabelle Bauteile der einzelnen Zonen aufgeführt.

8. Energiebilanz

Thermische Zone	Q _y MJ/m ²	Q _{iv} MJ/m ²	Q _i MJ/m ²	Q _e MJ/m ²	τ _g [-]	Q _h MJ/m ²	Q _{th} MJ/m ²	H W/K
Wohnen EFH	201	73	74	156	0,63	128	184	208
Total						128	184	

Wohnen EFH

Energiebezugsfläche

Etage/Bereich	Raum	Sektor	A _g m ²	Höhe (OK-OK) m
Untergeschoss	Hobbyraum	Sektor 1	45,16	3,23
Erdgeschoss	Entrée	Sektor 1	9,62	2,95
Erdgeschoss	Wohnen, Küche	Sektor 1	69,98	2,95
Erdgeschoss	WC	Sektor 1	6,32	2,95
Erdgeschoss	Zimmer	Sektor 1	14,51	2,95
Dachgeschoss	Korridor	Sektor 1	20,19	3,00
Dachgeschoss	WC, Bad	Sektor 1	10,99	3,00
Dachgeschoss	Zimmer 1	Sektor 1	23,99	3,30
Dachgeschoss	Zimmer 2	Sektor 1	17,26	3,30
Dachgeschoss	Zimmer 3	Sektor 1	18,67	3,30
Dachgeschoss	WC, Dusche	Sektor 1	9,28	3,00
Untergeschoss	Heizung und Waschen	Sektor 1		
Total			245,9	

Gewählte Standardnutzung nach Norm SIA 380/1:2009

Bezeichnung	Wohnen EFH
Innenlufttemperatur	t _{ic} 20
Persönlichkeitsfläche	m ² SP 60
Wärmeabgabe Personen	W/F 70
Frühstückzeit pro Tag	h 12
Elektrizitätsverbrauch	MJ/m ² 80
Reduktionsfaktor Elektrizitätsverbrauch	- 0,70
Aussenluft-Volumenstrom V _A	m ³ /m ² h 0,7
Wärmebedarf für Warmwasser pro Jahr und A _g	MJ/m ² 50
numerischer Parameter für Ausnutzungsgrad	- 1,00
Referenzkonstante für Ausnutzungsgrad	h 15
Temperaturzuschlag für Regulierung	t _c 0
Wärmespeicherfähigkeit pro A _g	MJ/m ² K 0,30

Bauteile

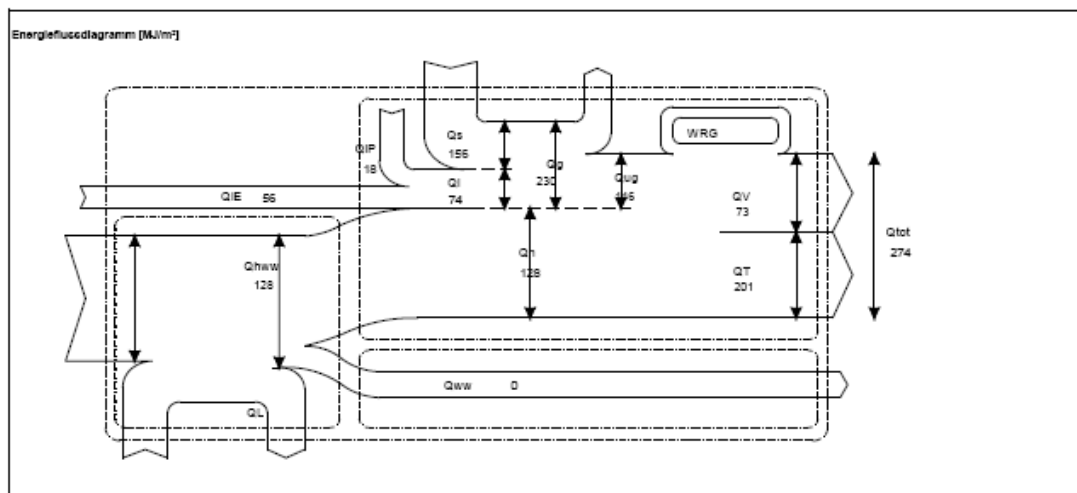
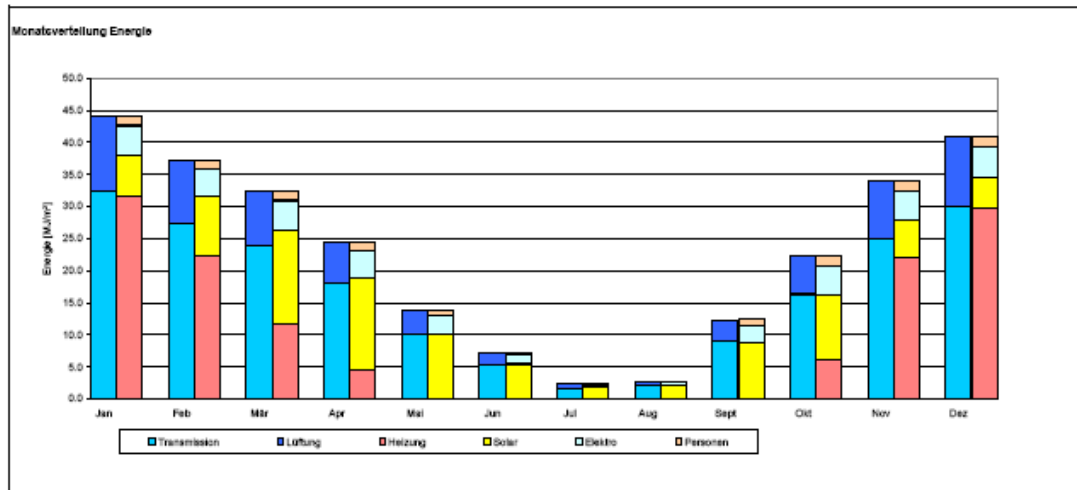
Nr.	Bauteil	Typ	Etage/Raum	Orient.	Breite m	Höhe/Länge m	Anzahl Stk.	Fläche Brutto m ²	Abzug	Fläche Netto	U-Wert W/m ² K	b-Wert [s]	V _i °C
1	AW	AW	Untergeschoss/Hobbyraum	NW			1				0,11	1,00	
2	FE	FE			1,00	0,60	1	0,60	0,60		0,77	1,00	
3	WB FEBr	WB FEBr			2,80	1					0,1	1,00	
4	WB FESt	WB FESt			2,80	1					0,08	1,00	
5	WB FELe	WB FELe			2,60	2					0,08	1,00	
6	AW	AW	Untergeschoss/Hobbyraum	SE			1				0,11	1,00	
7	FE	FE			1,80	0,70	1	1,26	1,26		0,77	1,00	
8	AW	AW	Erdgeschoss/Entrée	SE	2,16	2,95	1	6,36	2,7	3,65	0,11	1,00	
9	AT	AT			1,23	2,20	1	2,71			1,6	1,00	
10	WB FEBr	WB FEBr				1,23	1				0,1	1,00	
11	WB FESt	WB FESt				1,23	1				0,08	1,00	
12	WB FELe	WB FELe				4,40	2				0,08	1,00	
13	AW	AW	Erdgeschoss/Wohnen, Küche	SE	8,10	2,95	1	23,90	16,2	7,73	0,11	1,00	
14	FE	FE			2,90	2,39	1	6,92		6,92	0,77	1,00	
15	FE	FE			3,87	2,39	1	9,25		9,25	0,77	1,00	
16	WB FEBr	WB FEBr				13,59	1				0,1	1,00	
17	WB FESt	WB FESt				6,82	1				0,08	1,00	
18	WB FELe	WB FELe				20,94	2				0,08	1,00	
19	WB RLK	WB RLK				6,77	1				0,24	1,00	
20	AW	AW	Erdgeschoss/Wohnen, Küche	SW	7,43	2,95	1	21,52	9,7	12,19	0,11	1,00	
21	FE	FE			4,07	2,39	1	9,73		9,73	0,77	1,00	
22	AW	AW	Erdgeschoss/Wohnen, Küche	NW	10,44	2,95	1	30,80	4,2	26,60	0,11	1,00	
23	FE	FE			1,56	0,85	1	1,32		1,32	0,77	1,00	
24	FE	FE			1,20	1,20	2	2,88		2,88	0,77	1,00	
25	AW	AW	Erdgeschoss/Wohnen, Küche	NW	0,95	3,43	1	3,26		3,26	0,11	1,00	
26	WB Sockel	WB Sockel				0,95	1				0,12	1,00	
27	AW	AW	Erdgeschoss/WC	NW	2,12	3,43	1	7,27	0,9	6,40	0,11	1,00	
28	FE	FE			1,02	0,85	1	0,87		0,87	0,77	1,00	
29	WB FEBr	WB FEBr				2,70	1				0,1	1,00	
30	WB FESt	WB FESt				2,70	1				0,08	1,00	
31	WB FELe	WB FELe				3,36	4				0,08	1,00	
32	AW	AW	Erdgeschoss/WC	NE	2,98	3,43	1	10,22	1,4	8,79	0,11	1,00	
33	FE	FE			1,68	0,85	1	1,43		1,43	0,77	1,00	
34	WB Sockel	WB Sockel				5,10	1				0,12	1,00	
35	AW	AW	Erdgeschoss/Zimmer	NE	4,45	3,43	1	15,26	2,6	12,62	0,11	1,00	
36	FE	FE			2,20	1,20	1	2,64		2,64	0,77	1,00	
37	WB FEBr	WB FEBr				2,20	1				0,1	1,00	
38	WB FESt	WB FESt				2,20	1				0,08	1,00	
39	WB FELe	WB FELe				2,40	2				0,08	1,00	
40	AW	AW	Erdgeschoss/Zimmer	SE	3,07	3,43	1	10,53		10,53	0,11	1,00	
41	WB Sockel	WB Sockel				7,52	1				0,12	1,00	
42	AW	AW	Erdgeschoss/Zimmer	SE	0,19	2,95	1	0,56		0,56	0,11	1,00	
43	Aussenwand	Küchenabluftleitung	Erdgeschoss/Zimmer	E	1,37	1,00	1	1,37		1,37	2,53	1,00	
44	Aussenwand	Abgasanlage Neu	Erdgeschoss/Zimmer	E	3,66	1,00	1	3,66		3,66	0,41	1,00	
45	Aussenwand	Verbrennungszuluft	Erdgeschoss/Zimmer	E	1,59	1,00	1	1,59		1,59	1,09	1,00	
46	AW	AW	Dachgeschoss/Korridor	NW	6,74	2,88	1	19,44	2,0	17,41	0,11	1,00	
47	FE	FE			2,39	0,85	1	2,03		2,03	0,77	1,00	
48	WB FEBr	WB FEBr				2,39	1				0,1	1,00	
49	WB FESt	WB FESt				2,39	1				0,08	1,00	
50	WB FELe	WB FELe				1,70	2				0,08	1,00	
51	DA	DA	Dachgeschoss/Korridor	H	3,00	6,74	1	20,22		20,22	0,11	1,00	
52	AW	AW	Dachgeschoss/WC, Bad	NW	3,57	2,88	1	10,58		10,58	0,11	1,00	
53	AW	AW	Dachgeschoss/WC, Bad	NE	3,00	3,00	1	9,00	1,3	7,68	0,11	1,00	
54	FE	FE			1,55	0,85	1	1,32		1,32	0,77	1,00	
55	WB FEBr	WB FEBr				1,55	1				0,1	1,00	
56	WB FESt	WB FESt				1,55	1				0,08	1,00	
57	WB FELe	WB FELe				1,70	2				0,08	1,00	

58	DA	DA	Dachgeschoss/WC, Bad	H	3,00	3,67	1	11,01		11,01		0,11	1,00
59	AW	AW	Dachgeschoss/Zimmer 1	NE	4,44	3,30	1	14,66		14,66		0,11	1,00
60	AW	AW	Dachgeschoss/Zimmer 1	SE	5,41	3,48	1	18,86	8,6	10,23		0,11	1,00
61	FE	FE			3,73	2,31	1	8,62		8,62		0,77	1,00
62	WB FEBr	WB FEBr			3,73	1						0,1	1,00
63	WB FELe	WB FELe			4,62	2						0,08	1,00
64	WB RLK	WB RLK			3,73	1						0,24	1,00
65	DA	DA	Dachgeschoss/Zimmer 1	H	4,45	5,41	1	24,07		24,07		0,11	1,00
66	AW	AW	Dachgeschoss/Zimmer 2	SE	3,89	3,48	1	13,56	6,4	7,20		0,11	1,00
67	FE	FE			2,75	2,31	1	6,36		6,36		0,77	1,00
68	WB FEBr	WB FEBr			2,75	1						0,1	1,00
69	WB FELe	WB FELe			4,62	2						0,08	1,00
70	WB RLK	WB RLK			2,75	1						0,24	1,00
71	DA	DA	Dachgeschoss/Zimmer 2	H	3,89	4,45	1	17,31		17,31		0,11	1,00
72	AW	AW	Dachgeschoss/Zimmer 3	SE	4,21	3,48	1	14,67	6,4	8,32		0,11	1,00
73	FE	FE			2,75	2,31	1	6,36		6,36		0,77	1,00
74	WB FEBr	WB FEBr			2,75	1						0,1	1,00
75	WB FELe	WB FELe			4,62	2						0,08	1,00
76	WB RLK	WB RLK			2,75	1						0,24	1,00
77	AW	AW	Dachgeschoss/Zimmer 3	SW	4,44	3,30	1	14,66		14,66		0,11	1,00
78	DA	DA	Dachgeschoss/Zimmer 3	H	4,45	4,21	1	18,73		18,73		0,11	1,00
79	AW	AW	Dachgeschoss/WC, Dusche	SW	3,00	3,00	1	9,00	1,4	7,56		0,11	1,00
80	FE	FE			1,69	0,85	1	1,43		1,43		0,77	1,00
81	AW	AW	Dachgeschoss/WC, Dusche	NW	3,10	2,88	1	8,94	0,9	8,07		0,11	1,00
82	FE	FE			1,02	0,85	1	0,87		0,87		0,77	1,00
83	WB FEBr	WB FEBr			2,71	1						0,1	1,00
84	WB FESt	WB FESt			2,71	1						0,08	1,00
85	WB FELe	WB FELe			3,40	4						0,08	1,00
86	DA	DA	Dachgeschoss/WC, Dusche	H	3,10	3,00	1	9,30		9,30		0,11	1,00
87	Aussenwand	AW	Untergeschoss/Heizung und W	SW			1					0,11	1,00
88	Fenster	FE			1,00	0,60	2	1,20		1,20		0,77	1,00
89	WB	WB FELe			2,40	4						0,08	1,00
90	WB	WB FEBr			2,00	2						0,1	1,00
91	WB	WB FESt			2,00	2						0,08	1,00
92	BOE	BOE	Untergeschoss/Hobbyraum	H	6,06	7,47	1	45,16		45,16		0,17	0,69
93	AWE	AWE	Untergeschoss/Hobbyraum	NW	1,00	18,93	1	18,93		18,93		0,14	0,78
94	Kopie von AWE	AWE	Untergeschoss/Hobbyraum	SE	1,00	18,27	1	18,27		18,27		0,14	0,78
95	Aussenwand	Erd/ungleitungen	Erdgeschoss/Zimmer	E	4,14	1,00	1	4,14		4,14		3,14	0,60
96	Aussenwand	Dachwasserleitung	Erdgeschoss/Zimmer	E	2,51	1,00	1	2,51		2,51		3,31	0,60
97	Aussenwand	Luftungsleitungen	Erdgeschoss/Zimmer	E	1,90	1,00	1	1,90		1,90		1,29	0,80
98	Boden	BOE	Untergeschoss/Heizung und W	H	4,28	7,47	1	31,97		31,97		0,17	0,69
99	Aussenwand	AWE	Untergeschoss/Heizung und W	SW	22,92	1,00	1	22,92		22,92		0,14	0,78
100	Aussenwand	AWE	Untergeschoss/Heizung und W	NW	4,28	3,23	1	13,82		13,82		0,14	0,78
101	Aussenwand	AWE	Untergeschoss/Heizung und W	SE	4,28	3,23	1	13,82		13,82		0,14	0,78
102	IW 3	IW 3	Untergeschoss/Hobbyraum	NE	7,47	2,75	1	20,54	1,7	18,88		0,2	0,60
103	IT 2	IT 2			0,80	2,10	1	1,68		1,68		2	0,60
104	WB IW 3-BO	WB IW 3-BO			7,47	1						0,4	0,60
105	WB IW 3-AWE	WB IW 3-AWE			5,50	2						0,36	0,60
106	DE 2	DE 2	Erdgeschoss/Wohnen, Küche	H	0,96	2,96	1	2,83		2,83		0,21	0,60
107	DE 2	DE 2	Erdgeschoss/WC	H	2,12	2,96	1	6,32		6,32		0,21	0,60
108	DE 2	DE 2	Erdgeschoss/Zimmer	H	3,07	4,45	1	13,66		13,66		0,21	0,60
Total										990,54			

Glasfläche

Nr.	Glasflächen	Typ	Etage/Raum	Orient.	Breite m	Höhe m	Anzahl Stk.	Fläche m²	F _g [°]	Glasf. m²	F _{g1} [°]	F _{g2} [°]	F _{g3} [°]	g-Wert [°]
1	FE	FE	Untergeschoss/Hobbyraum	NW	1,00	0,60	1	0,60	0,70	0,42	0,64	0,84	0,97	0,60
2	FE	FE	Untergeschoss/Hobbyraum	SE	1,80	0,70	1	1,26	0,70	0,89	1,00	1,00	1,00	0,60
3	FE	FE	Erdgeschoss/Wohnen, Küche	SE	2,90	2,39	1	6,92	0,70	4,84	0,98	0,47	0,98	0,60
4	FE	FE	Erdgeschoss/Wohnen, Küche	SE	3,87	2,39	1	9,25	0,70	6,47	0,98	0,47	0,98	0,60
5	FE	FE	Erdgeschoss/Wohnen, Küche	SW	4,07	2,39	1	9,73	0,70	6,81	0,97	0,96	0,98	0,60
6	FE	FE	Erdgeschoss/Wohnen, Küche	NW	1,56	0,85	1	1,32	0,70	0,92	0,99	0,91	0,98	0,60
7	FE	FE	Erdgeschoss/Wohnen, Küche	NW	1,20	1,20	2	2,88	0,70	2,02	0,99	0,97	0,99	0,60
8	FE	FE	Erdgeschoss/WC	NW	1,02	0,85	1	0,87	0,70	0,61	0,99	0,91	0,97	0,60
9	FE	FE	Erdgeschoss/WC	NE	1,68	0,85	1	1,43	0,70	1,00	1,00	0,91	0,98	0,60
10	FE	FE	Erdgeschoss/Zimmer	NE	2,20	1,20	1	2,64	0,70	1,86	1,00	0,93	0,98	0,60
11	FE	FE	Dachgeschoss/Korridor	NW	2,39	0,85	1	2,03	0,70	1,42	0,99	0,90	0,99	0,60
12	FE	FE	Dachgeschoss/WC, Bad	NE	1,56	0,85	1	1,32	0,70	0,92	1,00	0,90	0,98	0,60
13	FE	FE	Dachgeschoss/Zimmer 1	SE	3,73	2,31	1	8,62	0,70	6,03	0,98	0,78	0,98	0,60
14	FE	FE	Dachgeschoss/Zimmer 2	SE	2,75	2,31	1	6,35	0,70	4,46	0,98	0,87	0,98	0,60
15	FE	FE	Dachgeschoss/Zimmer 3	SE	2,75	2,31	1	6,35	0,70	4,46	0,98	0,78	0,98	0,60
16	FE	FE	Dachgeschoss/WC, Dusche	SW	1,69	0,85	1	1,43	0,70	1,00	0,98	0,90	0,96	0,60
17	FE	FE	Dachgeschoss/WC, Dusche	NW	1,02	0,85	1	0,87	0,70	0,61	1,00	0,90	0,97	0,60
18	Fenster	FE	Untergeschoss/Heizung und W	SW	1,00	0,60	2	1,20	0,70	0,84	0,36	0,83	0,96	0,60
Total								66,06		46,54				

Energie nach Monaten																	
Bezeichnung	Einheit	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Sum.	Anteil		
Tage	d	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	[%]		
Außenlufttemperatur	°C	0,5	1,8	5,7	8,8	13,9	16,7	19,0	18,8	14,4	10,2	4,5	2,0				
Strahlung Horizontal	MJ/m²	102	162	305	394	496	529	557	483	334	206	109	80				
Strahlung Nord	MJ/m²	43	60	94	114	153	171	171	137	96	64	38	32				
Strahlung Ost	MJ/m²	57	104	185	228	284	301	321	287	192	118	62	51				
Strahlung Süd	MJ/m²	153	208	295	252	257	244	273	305	280	233	143	118				
Strahlung West	MJ/m²	62	104	174	200	244	257	276	254	184	121	62	46				
Transmissionswärmeverlust ...																	
... Bauteile (Aussen, ohne BTH)	Q	MJ/m²	8,3	7,0	6,1	4,6	2,6	1,4	0,4	0,5	2,3	4,2	6,4	7,7	51,5	19%	
... Bauteile (Aussen, mit BTH)	Q	MJ/m²														0%	
... Bauteile (Erdreich, ohne BTH)	Q	MJ/m²	7,0	5,9	5,2	3,9	2,2	1,2	0,4	0,4	2,0	3,5	5,4	6,5	43,5	16%	
... Bauteile (Erdreich, mit BTH)	Q	MJ/m²														0%	
... Bauteile (Innenbeheizt, ohne BTH)	Q	MJ/m²	1,1	0,9	0,8	0,6	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,5	0,9	1,0	6,8	2%	
... Bauteile (Innenbeheizt, mit BTH)	Q	MJ/m²														0%	
... Bauteile (Beheizt, ohne BTH)	Q	MJ/m²														0%	
... Bauteile (Beheizt, mit BTH)	Q	MJ/m²														0%	
... Fenster/Türen (ohne HK)	Q	MJ/m²	12,0	10,1	8,8	6,7	3,8	2,0	0,6	0,7	3,3	6,0	9,2	11,1	74,3	27%	
... Fenster/Türen (mit HK)	Q	MJ/m²														0%	
... Wärmestricchen	Q	MJ/m²	4,0	3,4	3,0	2,2	1,3	0,7	0,2	0,3	1,1	2,0	3,1	3,7	25,0	9%	
... Rolläden	Q	MJ/m²														0%	
... gesamt	Q _T	MJ/m²	32,6	27,4	23,8	18,0	10,2	6,3	1,7	2,0	9,0	16,3	25,0	30,0	201,1	75%	
Lüftungswärmeverluste (V _l W _l /m³/h)	Q _V	MJ/m²	11,7	9,9	8,6	6,5	3,7	1,9	0,6	0,7	3,3	6,0	9,0	10,8	72,7	27%	
Gesamtwärmeverlust	Q _L	MJ/m²	44,2	37,3	32,4	24,5	13,9	7,2	2,3	2,7	12,3	22,2	34,0	40,8	273,8	100%	
Gewinn Glas Horizontal	Q _{gH}	MJ/m²														0%	
Gewinn Glas Norden	Q _{gN}	MJ/m²														0%	
Gewinn Glas Nordost	Q _{gNO}	MJ/m²	0,4	0,6	1,0	1,2	1,6	1,7	1,7	1,5	1,0	0,4	0,3	12,0	5%		
Gewinn Glas Osten	Q _{gO}	MJ/m²														0%	
Gewinn Glas Südost	Q _{gSO}	MJ/m²	3,7	5,4	8,6	9,0	9,9	9,9	10,8	10,8	8,5	6,1	3,5	2,8	88,9	39%	
Gewinn Glas Süden	Q _{gS}	MJ/m²														0%	
Gewinn Glas Südwest	Q _{gSW}	MJ/m²	1,6	2,4	3,6	3,7	4,0	4,0	4,4	4,5	3,6	2,7	1,5	1,2	37,2	16%	
Gewinn Glas Westen	Q _{gW}	MJ/m²														0%	
Gewinn Glas Nordwest	Q _{gNW}	MJ/m²	0,6	0,9	1,5	1,8	2,2	2,4	2,5	2,2	1,5	1,0	0,6	0,4	17,6	8%	
Wärmegewinn Solar	Q _g	MJ/m²	8,3	8,3	14,7	16,8	17,7	18,1	18,6	18,9	14,7	10,4	6,9	4,8	166,7	58%	
Wärmegewinn Elektrizität	Q _{el}	MJ/m²	4,8	4,3	4,8	4,6	4,8	4,6	4,8	4,6	4,8	4,6	4,8	4,8	56,0	24%	
Wärmegewinn Personen	Q _p	MJ/m²	1,6	1,4	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	18,4	8%	
Wärmegewinne Intern	Q _g	MJ/m²	8,3	6,7	8,3	8,1	8,3	8,1	8,3	8,1	8,3	8,1	8,3	8,1	8,3	74,4	32%
Wärmegewinn total	Q _g	MJ/m²	12,8	15,0	21,0	21,7	24,0	24,2	26,8	26,3	20,8	18,2	12,0	11,1	230,1	100%	
Wärmegewinn-verlust Verhältnis	-		0,28	0,40	0,65	0,88	1,74	3,34	11,41	9,27	1,69	0,75	0,35	0,27			
Zeitkonstante	h		98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5			
Parameter für Ausnutzungsgrad	a		7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6			
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinn	η _g		1,00	1,00	0,99	0,95	0,97	0,30	0,09	0,11	0,59	0,97	1,00	1,00			
Genuzte Wärmegewinne	Q _{g,gen}	MJ/m²	12,8	15,0	20,7	20,2	19,7	7,2	2,9	2,7	12,2	18,2	12,0	11,1	146,9		
Heizwärmebedarf	Q _h	MJ/m²	31,8	22,3	11,7	4,4	0,1	0,0		0,0	0,1	6,0	22,0	28,7	128,0		



A 4.3.2. **Einfamilienhaus Heizenergiebedarf nach Minergie-P Standard**
Nachweis SIA 380/1:2009

Akten-Nr.:	
Projekt:	MFH_Funktionsoeff_MEP
Haus:	MFH Haus A3
Projektadresse:	

Bauherrschaft:			
Adresse:			
Tel.:	Fax.:	e-mail:	
evtl. BauherrschaftvertreterIn:			
Adresse:			
Tel.:	Fax.:	e-mail:	
Verfasser Wärmedämmprojekt:			
Sachbearbeiter:			
Adresse:			
Tel.:	Fax.:	e-mail:	
Verfasser Nachweis:			
Sachbearbeiter:			
Adresse:			
Tel.:	Fax.:	e-mail:	

Art des Bauvorhabens: **Neubau**

Systemnachweis

Anforderung gemäss:	SIA 380/1 (Ausgabe 2009)				
Klimastation:	Luzern (Merkblatt SIA 2028)				
Energiebezugsfläche:	A_E :	1426.1 m ²	Gebäudehüllzahl	A_{H}/A_E	1.31 [-]
Verschattungsfaktor der Fassade mit der grössten verglasten Fläche:				F_s	0.35 [-]
Summe der Längen aller Wärmebrücken:		(1.9 % von Q_t)		l	88.70 m
Gebäude mit Bodenheizung:		ja	Auslegung Vorlauf:	$\theta_{h,max}$	30 °C
Regulierungszuschlag:	$\Delta\theta_{t,p}$	0 °C	System:	Einzelraum-Temperaturregelung	

Heizwärmebedarf	Projektwert	Q_h	90 MJ/m ²	Grenzwert	$Q_{h,ill}$	127 MJ/m ²
Systemanforderung			erfüllt			

Die Unterzeichnenden bestätigen hiermit mit ihrer Unterschrift die Richtigkeit und Vollständigkeit der in diesem Nachweis gemachten Angaben:

Verfasser des Wärmedämmprojekts: _____ Datum: _____

Verfasser des Nachweises: _____ Datum: _____

Dieses Programm ist lizenziert für: Hochschule Luzern 8048 Horw

1. Energiebezugsfläche und Grenzwert

Thermische Zone	Gebäude-Kategorie	A _g m ²	A _g /A _g	Q _{h,l} MJ/m ²
Wohnen MFH	Wohnen MFH	1426.1	1.31	127
Total		1426.1		

Temperaturkorrektur in %: -10

Wohnen MFH

2. Gebäudehüllfläche

Flächen (m ²)	Aussen	Unbeheizt		Erdreich		Beheizt	Total Fläche	
		ohne Reduktionsfaktor	mit Reduktionsfaktor	ohne Reduktionsfaktor	mit Reduktionsfaktor		ohne Reduktionsfaktor	mit Reduktionsfaktor
Dach (a,E)	381.7						381.7	381.7
Aussenwand (a,E)	991.8			230.9	171.3		1222.7	1163.1
Boden (a,E)	2.4			381.6	254.1		384.0	256.5
Innenwand (b,u)		93.4	65.4				93.4	65.4
Decke (b,u)								
Total	1375.9	93.4	65.4	612.5	425.4		2081.8	1866.7

a = aussen, E = Erdreich, u = unbeheizt, b = beheizt
Gebäudehüllzahl A_g/A_g = 1.31

3. Aufteilung der Fenster/Türen-Flächen auf Fassaden/Dach/Boden

Flächen (m ²)	Dach	Aussenwand/Innenwand								Decke	Boden	Total
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW			
Opake Bauteile	381.7		200.6	94.1	242.4		196.2		321.6		384	1820.8
Fenster/Türen			24.4		147.1		28.8		60.9			261.2
Total	381.7		225.0	94.1	389.5		225.0		382.5		384	2081.8
Anteil Fenster/Türen an opake Bauteile			0.11		0.38		0.13		0.15			0.13
Verschattungsfaktor F _g (flächengewichteter Mittelwert)												
F _{g1} (Horizontal)				0.47		0.35		0.18		0.75		
F _{g2} (Überhang)				1.00		1.00		1.00		1.00		
F _{g3} (Seitenblende)				1.00		1.00		1.00		1.00		
F _g (=F _{g1} *F _{g2} *F _{g3})				0.47		0.35		0.18		0.75		

4. Einzelbauteile

4.1 Flächige Bauteile

Nr.	Bezeichnung	Dämmst. cm	BTH	U-Wert W/m ² K	Fläche m ²	Code	H (U*A*b) WK	Verlust MJ/m ²	%
1	BOE Boden UG zu Erdreich 22		nein	0.16	277.4	C2	28.76	6.52	3.2
2	BOTH Boden EG zu Garage unbeheizt 23		ja	0.10	60.6	C4	4.16	1.17	0.6
3	DA Decke UG und 2.OG gegen Aussen 24		nein	0.19	122.1	A1	23.02	5.22	2.6
4	DA Flachdach 25		nein	0.11	259.6	A1	28.56	6.48	3.2
5	AW zu Aussenluft 26		nein	0.08	627.3	B1	50.18	11.38	5.6
6	AW Störenkasten 27		nein	0.18	36.1	B1	6.43	1.46	0.7
7	AW zu Erdreich 28		nein	0.17	194.4	B2	24.35	5.52	2.7
8	IW zu unbeheizt 29		nein	0.15	88.1	B1	9.04	2.05	1.0
9	BOTH Antika zu Sitzplatz 30		ja	0.31	2.4	C3	0.75		
10	BOEBTH UG zu Erdreich 31		ja	0.16	42.0	C4	4.97	1.40	0.7
11	BOE Liftboden zu Erdreich 32		nein	0.21	1.6	C2	0.24	0.05	0.0
12	AW zu Balkon 33		nein	0.19	14.9	B1	2.80	0.64	0.3
13	Entlüftungsleitungen		nein	3.14	8.4	B2	15.90	3.61	1.8
14	Dachabwasser		nein	3.31	10.2	B2	20.26	4.60	2.3
15	Lüftungsleitungen		nein	1.29	17.9	B2	18.42	4.18	2.1
16	Küchenabluftanlagen		nein	2.53	12.9	B1	32.59	7.39	3.6
17	Abgasanlage Neu		nein	2.41	33.6	B1	13.78	3.13	1.5
18	Verbrennungsluftzufuhr		nein	1.09	11.1	B1	12.13	2.75	1.4
Total					1820.63			67.56	

4.1.1 Fenster / Türen

Nr.	Bezeichnung	g-Wert [-]	U-Wert W/m ² K	Fläche m ²	Code	H (U*A*b) W/K	Verlust MJ/m ²	
								%
1	FE 0W1	0.55	1.13	4.60		5.20	1.2	0.6
2	FE 0W2	0.55	1.33	2.40		3.19	0.7	0.4
3	FE 0W3	0.55	1.23	1.10		1.35	0.3	0.2
4	FE 0W4	0.55	0.96	5.10		4.90	1.1	0.5
5	FE 0W5	0.33	1.02	2.00		2.04	0.5	0.2
6	FE 0W6	0.33	0.93	4.80		4.46	1.0	0.5
7	FE 0W7	0.55	0.91	8.80		8.01	1.8	0.9
8	FE 0O1	0.55	0.94	29.10		27.35	6.2	3.1
9	FE 0O2	0.55	0.99	9.90		9.80	2.2	1.1
10	FE 0O3	0.55	0.82	7.90		6.48	1.5	0.7
11	FE 0O4	0.55	0.97	3.30		3.20	0.7	0.4
12	FE 0O5	0.55	1.02	2.00		2.04	0.5	0.2
13	FE 0O6	0.55	0.85	5.50		4.68	1.1	0.5
14	FE 0O7	0.55	0.93	9.90		9.21	2.1	1.0
15	FE 0O8	0.55	1.02	11.90		12.14	2.8	1.4
16	FE 0O9	0.55	0.82	15.80		12.96	2.9	1.4
17	FE 0O10	0.55	0.85	11.00		9.35	2.1	1.0
18	FE 0O11.1 und 11.2	0.55	0.91	21.80		19.84	4.5	2.2
19	FE 0O12	0.55	0.95	11.30		10.74	2.4	1.2
20	FE NW1	0.55	1.15	41.20		47.38	10.7	5.3
21	FE NW2	0.55	1.07	2.00		2.14	0.5	0.2
22	FE NW3	0.55	1.16	2.80		3.25	0.7	0.4
23	FE NW4	0.55	1.07	3.90		4.17	0.9	0.5
24	FE NW5	0.55	1.09	5.90		6.43	1.5	0.7
25	FE NW6	0.55	1.16	1.40		1.62	0.4	0.2
26	FE NW7	0.55	1.19	1.30		1.55	0.4	0.2
27	FE NO1	0.55	1.33	2.40		3.19	0.7	0.4
28	FE NO2	0.55	1.13	4.60		5.20	1.2	0.6
29	FE NO3	0.55	1.23	1.10		1.35	0.3	0.2
30	FE NO4	0.55	1.04	2.40		2.50	0.6	0.3
31	FE NO5	0.55	0.96	5.10		4.90	1.1	0.5
32	FE NO6	0.55	0.91	8.80		8.01	1.8	0.9
33	TUE		1.10	10.10		9.36	2.1	1.0
Total						261.2		56.5

4.1.2 Rollläden

Nr.	Bezeichnung	Höhe m	U-Wert W/m ² K	Fläche m ²	Code	H (U*A*b) W/K	Verlust MJ/m ²	
								%
Total								

4.2 Linienbezogene Wärmebrücken

Nr.	Bezeichnung	ψ-Wert W/mK	Länge m	Code	H (U*A*b) W/K	Verlust MJ/m ²	
							%
1	Balkon	0.13	88.70		11.53	2.6	1.3
Total						88.70	2.6

4.3 Punktbezogene Wärmebrücken

Nr.	Bezeichnung	χ-Wert W/K	Anzahl Stk.	Code	H (U*A*b) W/K	Verlust MJ/m ²	
							%
1	Stütze	0.27	25		4.73	1.3	0.7
Total						25	1.3

5. Spezielle Eingabedaten

Thermische Zone	Wärmespeicherfähigkeit C/A _g MJ/m ² K	Temp. Zuschlag Regulierung °C	max. Vorlauftemperatur für Flächenheizung °C	max. Vorlauftemperatur für Heizkörper vor Fenster °C	thermischer Volumenstrom m ³ /m ² h
Wohnen MFH	0.3	0	30		0.7

Die Vorlauftemperaturen sind in Tabelle Bauteile der einzelnen Zonen aufgeführt.

8. Energiebilanz

Thermische Zone	Q ₁ MJ/m ²	Q ₂ MJ/m ²	Q ₃ MJ/m ²	Q ₄ MJ/m ²	τ _g [-]	Q ₅ MJ/m ²	Q ₆ MJ/m ²	H W/K
Wohnen MFH	130	73	98	67	0.68	90	127	891
Total						90	127	

Wohnen MFH

Energiebezugsfläche

Etage/Bereich	Raum	Sektor	A _g m ²	Höhe (OK-OK) m
Untergeschoss	Wohnen	Gang		25.88
Untergeschoss	Wohnen	Ganglii		16.16
Untergeschoss	Räume UG und Lift	Lift		1.60
Untergeschoss	Räume UG und Lift	Rest UG		
Obergeschosse	Wohnen	Sektor 1	1382.50	2.80
Total				1426.1

Gewählte Standardnutzung nach Norm SIA 380/1:2009

Bezeichnung	Wohnen MFH
Innenlufttemperatur	20
Personenfläche	m ² /P
Wärmeabgabe Personen	WP
Präsenzzeit pro Tag	h
Elektrizitätsverbrauch	MJ/m ²
Reduktionsfaktor Elektrizitätsverbrauch	-
Aussenluft-Volumenstrom V _A	m ³ /m ² h
Wärmebedarf für Warmwasser pro Jahr und A _g	MJ/m ²
Interimscher Parameter für Ausnutzungsgrad	h
Referenzkennwerte für Ausnutzungsgrad	h
Temperaturzuschlag für Regulierung	°C
Wärmespeicherfähigkeit pro A _g	MJ/m ² K

Bauteile

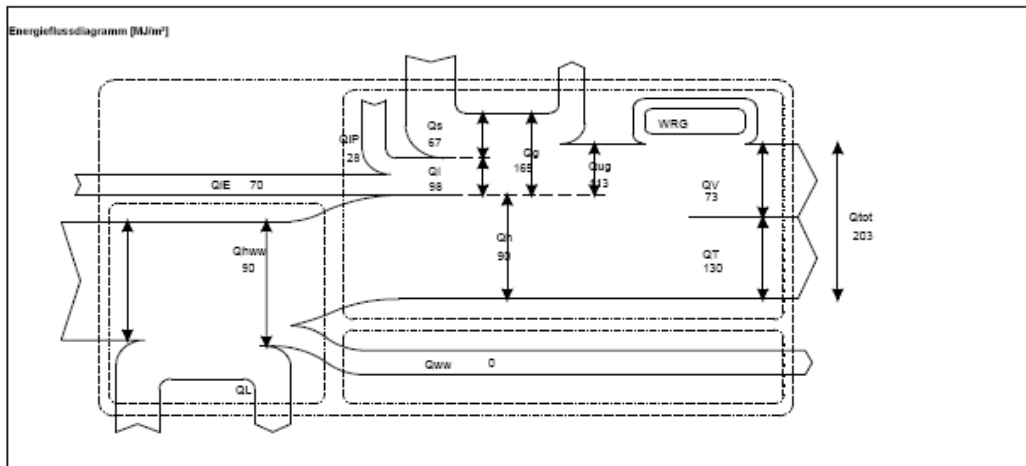
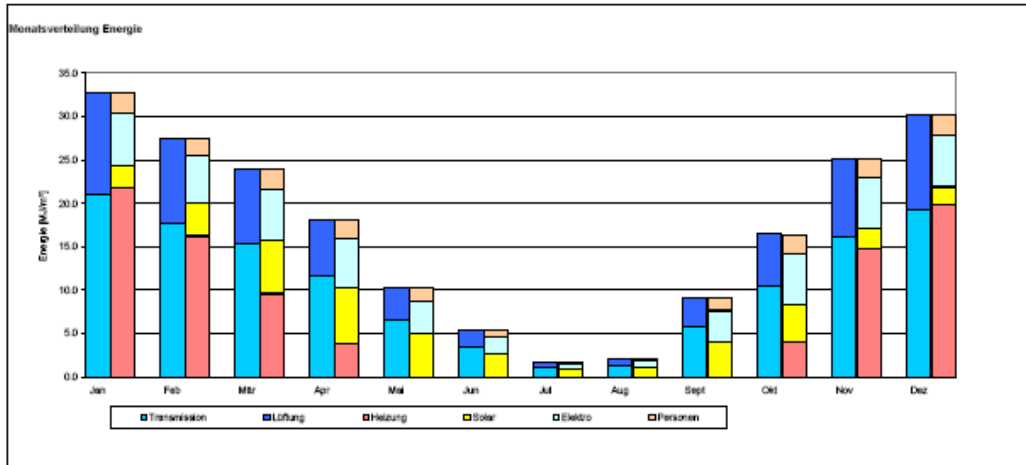
Nr.	Bauteil	Typ	Etage/Raum	Orient.	Breite m	Höhe/Länge m	Anzahl Stk.	Fläche Brutto m ²	Abzug	Fläche Netto	U-Wert W/m ² K	b-Wert [s]	V _e °C
1	Aussenwand	AW zu Balkon 33	Obergeschosse/Wohnen	SE	14.90	1.00	1	14.90		14.90	0.19	1.00	
2	Balkon	Balkon				88.70	1				0.13	1.00	
3	Dach	DA Dache UG und 2	Obergeschosse/Wohnen	H	122.10	1.00	1	122.10		122.10	0.19	1.00	
4	Dach	DA Flachdach 25	Obergeschosse/Wohnen	H	259.60	1.00	1	259.60		259.60	0.11	1.00	
5	Boden	BOBTH Attika zu Stk	Obergeschosse/Wohnen	H	2.40	1.00	1	2.40		2.40	0.31	1.00	
6	Aussenwand	AW zu Aussenluft 26	Obergeschosse/Wohnen	NE	174.10	1.00	1	174.10	24.4	149.70	0.08	1.00	
7	Fenster	FE NO1			1.00	2.40	1	2.40		2.40	1.33	1.00	
8	Fenster	FE NO2			1.00	4.60	1	4.60		4.60	1.13	1.00	
9	Fenster	FE NO3			1.00	1.10	1	1.10		1.10	1.23	1.00	
10	Fenster	FE NO4			1.00	2.40	1	2.40		2.40	1.04	1.00	
11	Fenster	FE NO5			5.10	1.00	1	5.10		5.10	0.95	1.00	
12	Fenster	FE NO6			8.80	1.00	1	8.80		8.80	0.91	1.00	
13	Aussenwand	AW Storenkasten 27	Obergeschosse/Wohnen	NE	1.00	3.90	1	3.90		3.90	0.18	1.00	
14	Aussenwand	AW zu Aussenluft 26	Obergeschosse/Wohnen	SE	1.00	253.30	1	253.30	139.4	113.90	0.08	1.00	
15	Fenster	FE SO1			29.10	1.00	1	29.10		29.10	0.84	1.00	
16	Fenster	FE SO2			9.90	1.00	1	9.90		9.90	0.99	1.00	
17	Fenster	FE SO3			7.90	1.00	1	7.90		7.90	0.82	1.00	
18	Fenster	FE SO4			3.90	1.00	1	3.90		3.90	0.97	1.00	
19	Fenster	FE SO5			2.90	1.00	1	2.90		2.90	1.33	1.00	
20	Fenster	FE SO6			5.90	1.00	1	5.90		5.90	0.95	1.00	
21	Fenster	FE SO7			9.90	1.00	1	9.90		9.90	0.93	1.00	
22	Fenster	FE SO8			11.90	1.00	1	11.90		11.90	1.02	1.00	
23	Fenster	FE SO9			15.80	1.00	1	15.80		15.80	0.82	1.00	
24	Fenster	FE SO10			11.00	1.00	1	11.00		11.00	0.85	1.00	
25	Fenster	FE SO11 1 und 11 2			21.80	1.00	1	21.80		21.80	0.91	1.00	
26	Fenster	FE SO12			11.30	1.00	1	11.30		11.30	0.95	1.00	
27	Tür	TUE			1.00	2.40	1	2.40		2.40	1.1	1.00	
28	Aussenwand	AW Storenkasten 27	Obergeschosse/Wohnen	SE	1.00	18.50	1	18.50		18.50	0.18	1.00	
29	Aussenwand	AW zu Aussenluft 26	Obergeschosse/Wohnen	NW	1.00	277.80	1	277.80	58.5	219.30	0.08	1.00	
30	Fenster	FE NW1			41.20	1.00	1	41.20		41.20	1.15	1.00	
31	Fenster	FE NW2			2.00	1.00	1	2.00		2.00	1.07	1.00	
32	Fenster	FE NW3			2.80	1.00	1	2.80		2.80	1.16	1.00	
33	Fenster	FE NW4			3.90	1.00	1	3.90		3.90	1.07	1.00	
34	Fenster	FE NW5			5.90	1.00	1	5.90		5.90	1.09	1.00	
35	Fenster	FE NW6			1.40	1.00	1	1.40		1.40	1.16	1.00	
36	Fenster	FE NW7			1.30	1.00	1	1.30		1.30	1.19	1.00	
37	Tür	TUE			2.40	1.00	1	2.40		2.40	1.1	1.00	
38	Aussenwand	AW Storenkasten 27	Obergeschosse/Wohnen	NW	8.90	1.00	1	8.90		8.90	0.18	1.00	
39	Aussenwand	AW zu Aussenluft 26	Obergeschosse/Wohnen	SW	173.20	1.00	1	173.20	28.6	144.60	0.08	1.00	
40	Fenster	FE SW1			4.60	1.00	1	4.60		4.60	1.13	1.00	
41	Fenster	FE SW2			2.40	1.00	1	2.40		2.40	1.33	1.00	
42	Fenster	FE SW3			1.10	1.00	1	1.10		1.10	1.23	1.00	
43	Fenster	FE SW4			5.10	1.00	1	5.10		5.10	0.95	1.00	
44	Fenster	FE SW5			2.00	1.00	1	2.00		2.00	1.02	1.00	
45	Fenster	FE SW6			4.80	1.00	1	4.80		4.80	0.93	1.00	
46	Fenster	FE SW7			8.80	1.00	1	8.80		8.80	0.91	1.00	
47	Aussenwand	AW Storenkasten 27	Obergeschosse/Wohnen	SW	1.00	4.80	1	4.80		4.80	0.18	1.00	
48	Aussenwand	Kücheneinbautür	Obergeschosse/Wohnen	E	1.00	12.88	1	12.88		12.88	2.53	1.00	
49	Aussenwand	Abwasserkanal	Obergeschosse/Wohnen	E	1.00	33.90	1	33.90		33.90	0.41	1.00	
50	Aussenwand	Verbleibungsflur	Obergeschosse/Wohnen	E	1.00	11.13	1	11.13		11.13	1.09	1.00	
51	Boden	BOEBTH UG zu Erd	Untergeschosse/Wohnen	H	6.90	3.75	1	25.88		25.88	0.16	0.72	30
52	Boden	BOEBTH UG zu Erd	Untergeschosse/Wohnen	H	5.13	3.15	1	16.16		16.16	0.16	0.72	30
53	Boden	BOE Liftboden zu E	Untergeschosse/Räume UG und	H	2.00	0.80	1	1.60		1.60	0.21	0.72	
54	Boden	BOE Boden UG zu E	Untergeschosse/Räume UG und	H	277.40	1.00	1	277.40		277.40	0.16	0.65	
55	Aussenwand	AWE zu Erdreich 28	Untergeschosse/Räume UG und	SE	1.00	7.00	1	7.00		7.00	0.17	0.75	
56	Aussenwand	AWE zu Erdreich 28	Untergeschosse/Räume UG und	NW	1.00	93.40	1	93.40		93.40	0.17	0.75	
57	Aussenwand	AWE zu Erdreich 28	Untergeschosse/Räume UG und	SW	1.00	47.00	1	47.00		47.00	0.17	0.75	
58	Aussenwand	AWE zu Erdreich 28	Untergeschosse/Räume UG und	NE	1.00	47.00	1	47.00		47.00	0.17	0.75	
59	Boden	BOBTH Boden EG z	Obergeschosse/Wohnen	H	60.60	1.00	1	60.60		60.60	0.1	0.70	30
60	Stütze	Stütze					25				0.27	0.70	30
61	Aussenwand	Entlüftungslüftung	Obergeschosse/Wohnen	E	1.00	8.44	1	8.44		8.44	3.14	0.60	
62	Aussenwand	Dachwasser	Obergeschosse/Wohnen	E	1.00	10.20	1	10.20		10.20	3.31	0.60	
63	Aussenwand	Lüftungslüftung	Obergeschosse/Wohnen	E	1.00	17.85	1	17.85		17.85	1.29	0.80	
64	Innenwand	IW zu unbeheizt 29	Untergeschosse/Räume UG und	SE	1.00	88.10	1	88.10		88.10	0.15	0.70	
65	Tür	TUE			5.30	1.00	1	5.30		5.30	1.1	0.70	
Total										2081.84			

Glasfläche

Nr.	Glasflächen	Typ	Etage/Raum	Orient.	Breite m	Höhe m	Anzahl Stk	Fläche m²	F _g []	Glasfl. m²	F ₃₁ []	F ₃₂ []	F ₃₃ []	g-Wert []
1	Fenster	FE NC1	Obergeschoss/Wohnen	NE	1,00	2,40	1	2,40	0,87	2,09	0,78	1,00	1,00	0,55
2	Fenster	FE NC2	Obergeschoss/Wohnen	NE	1,00	4,60	1	4,60	0,91	4,19	0,81	1,00	1,00	0,55
3	Fenster	FE NC3	Obergeschoss/Wohnen	NE	1,00	1,10	1	1,10	0,88	0,97	0,40	1,00	1,00	0,55
4	Fenster	FE NC4	Obergeschoss/Wohnen	NE	1,00	2,40	1	2,40	0,93	2,23	0,61	1,00	1,00	0,55
5	Fenster	FE NC5	Obergeschoss/Wohnen	NE	5,10	1,00	1	5,10	0,90	4,59	0,61	1,00	1,00	0,55
6	Fenster	FE NC6	Obergeschoss/Wohnen	NE	8,80	1,00	1	8,80	0,85	7,48	0,58	1,00	1,00	0,55
7	Fenster	FE SO1	Obergeschoss/Wohnen	SE	29,10	1,00	1	29,10	0,91	26,48	0,40	1,00	1,00	0,55
8	Fenster	FE SO2	Obergeschoss/Wohnen	SE	9,90	1,00	1	9,90	0,92	9,11	0,51	1,00	1,00	0,55
9	Fenster	FE SO3	Obergeschoss/Wohnen	SE	7,90	1,00	1	7,90	0,94	7,43	0,51	1,00	1,00	0,55
10	Fenster	FE SO4	Obergeschoss/Wohnen	SE	3,30	1,00	1	3,30	0,94	3,10	0,16	1,00	1,00	0,55
11	Fenster	FE SO5	Obergeschoss/Wohnen	SE	2,00	1,00	1	2,00	0,88	1,76	0,40	1,00	1,00	0,55
12	Fenster	FE SO6	Obergeschoss/Wohnen	SE	5,50	1,00	1	5,50	0,93	5,12	0,51	1,00	1,00	0,55
13	Fenster	FE SO7	Obergeschoss/Wohnen	SE	9,90	1,00	1	9,90	0,91	9,01	0,40	1,00	1,00	0,55
14	Fenster	FE SO8	Obergeschoss/Wohnen	SE	11,90	1,00	1	11,90	0,88	10,47	0,18	1,00	1,00	0,55
15	Fenster	FE SO9	Obergeschoss/Wohnen	SE	15,80	1,00	1	15,80	0,94	14,85	0,19	1,00	1,00	0,55
16	Fenster	FE SO10	Obergeschoss/Wohnen	SE	11,00	1,00	1	11,00	0,93	10,23	0,18	1,00	1,00	0,55
17	Fenster	FE SO11 1 und 11 2	Obergeschoss/Wohnen	SE	21,80	1,00	1	21,80	0,91	19,84	0,40	1,00	1,00	0,55
18	Fenster	FE SO12	Obergeschoss/Wohnen	SE	11,30	1,00	1	11,30	0,90	10,17	0,33	1,00	1,00	0,55
19	Fenster	FE NW1	Obergeschoss/Wohnen	NW	41,20	1,00	1	41,20	0,89	36,67	0,79	1,00	1,00	0,55
20	Fenster	FE NW2	Obergeschoss/Wohnen	NW	2,00	1,00	1	2,00	0,91	1,82	0,13	1,00	1,00	0,55
21	Fenster	FE NW3	Obergeschoss/Wohnen	NW	2,80	1,00	1	2,80	0,90	2,52	0,80	1,00	1,00	0,55
22	Fenster	FE NW4	Obergeschoss/Wohnen	NW	3,90	1,00	1	3,90	0,91	3,55	0,81	1,00	1,00	0,55
23	Fenster	FE NW5	Obergeschoss/Wohnen	NW	5,90	1,00	1	5,90	0,84	4,96	0,64	1,00	1,00	0,55
24	Fenster	FE NW6	Obergeschoss/Wohnen	NW	1,40	1,00	1	1,40	0,90	1,26	0,65	1,00	1,00	0,55
25	Fenster	FE NW7	Obergeschoss/Wohnen	NW	1,30	1,00	1	1,30	0,90	1,17	0,65	1,00	1,00	0,55
26	Fenster	FE SW1	Obergeschoss/Wohnen	SW	4,80	1,00	1	4,80	0,91	4,19	0,39	1,00	1,00	0,55
27	Fenster	FE SW2	Obergeschoss/Wohnen	SW	2,40	1,00	1	2,40	0,87	2,09	0,36	1,00	1,00	0,55
28	Fenster	FE SW3	Obergeschoss/Wohnen	SW	1,10	1,00	1	1,10	0,88	0,97	0,18	1,00	1,00	0,55
29	Fenster	FE SW4	Obergeschoss/Wohnen	SW	5,10	1,00	1	5,10	0,90	4,59	0,29	1,00	1,00	0,55
30	Fenster	FE SW5	Obergeschoss/Wohnen	SW	2,00	1,00	1	2,00	0,88	1,76	0,06	1,00	1,00	0,33
31	Fenster	FE SW6	Obergeschoss/Wohnen	SW	4,80	1,00	1	4,80	0,91	4,37	0,11	1,00	1,00	0,33
32	Fenster	FE SW7	Obergeschoss/Wohnen	SW	8,80	1,00	1	8,80	0,85	7,48	0,02	1,00	1,00	0,55
Total								251,10		226,48				

Energie nach Monaten

Bezeichnung	Einheit	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Juli	Aug	Sept	Ok	Nov	Dez	Sum	Anteil	
Tag	d	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	[%]	
Außentemperatur	°C	0,5	1,8	5,7	8,8	13,9	16,7	19,0	18,8	14,4	10,3	4,5	2,0			
Strahlung Horizontal	MJ/m²	102	162	305	394	466	526	557	499	334	206	109	60			
Strahlung Nord	MJ/m²	43	60	94	114	153	171	171	137	96	64	39	32			
Strahlung Ost	MJ/m²	67	104	185	228	284	301	321	267	192	118	62	51			
Strahlung Süd	MJ/m²	153	208	295	262	257	244	273	305	289	233	143	118			
Strahlung West	MJ/m²	62	104	174	200	244	257	276	254	184	121	62	46			
Transmissionswärmeverlust ...																
-Bauteile (Aussen, ohne BTH)	Q	MJ/m²	6,2	5,2	4,8	3,6	1,9	1,0	0,3	0,4	1,7	3,1	4,8	5,7	38,5	19%
-Bauteile (Aussen, mit BTH)	Q	MJ/m²														0%
-Bauteile (Erdreich, ohne BTH)	Q	MJ/m²	4,0	3,3	2,9	2,2	1,2	0,7	0,2	0,2	1,1	2,0	3,0	3,7	24,5	12%
-Bauteile (Erdreich, mit BTH)	Q	MJ/m²	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	2,6	1%
-Bauteile (Unbeheizt, ohne BTH)	Q	MJ/m²	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	2,1	1%
-Bauteile (Unbeheizt, mit BTH)	Q	MJ/m²														0%
-Bauteile (Beheizt, ohne BTH)	Q	MJ/m²														0%
-Bauteile (Beheizt, mit BTH)	Q	MJ/m²														0%
-Fenster/Türen (ohne HK)	Q	MJ/m²	9,5	8,0	6,9	5,3	3,0	1,6	0,5	0,6	2,6	4,8	7,3	8,7	58,5	29%
-Fenster/Türen (mit HK)	Q	MJ/m²														0%
-Wärmebrücken	Q	MJ/m²	0,6	0,5	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	4,0	2%
-Rohboden	Q	MJ/m²														0%
-gesamt	Q _l	MJ/m²	28,9	17,2	15,4	11,7	6,6	3,5	1,1	1,4	5,9	16,6	18,1	19,3	136,0	64%
-Lüftungswärmeverlust (Vh=0m³/h)	Q _l	MJ/m²	11,7	9,9	8,8	6,5	3,7	1,9	0,6	0,7	3,3	5,9	9,0	10,8	72,7	36%
-gesamt	Q _l	MJ/m²	32,7	27,9	24,0	18,2	10,3	5,4	1,7	2,1	9,1	16,5	25,2	30,2	202,8	100%
-Besamtwärmeverlust	Q _l	MJ/m²														0%
-Gewinn Glas Horizontal	Q _g	MJ/m²														0%
-Gewinn Glas Nordost	Q _g	MJ/m²														0%
-Gewinn Glas Nord	Q _g	MJ/m²	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	5,7	3%
-Gewinn Glas Ost	Q _g	MJ/m²														0%
-Gewinn Glas Südost	Q _g	MJ/m²	1,6	2,3	3,6	3,8	4,2	4,2	4,6	4,6	3,6	2,6	1,5	1,2	37,3	23%
-Gewinn Glas Süd	Q _g	MJ/m²														0%
-Gewinn Glas Südwest	Q _g	MJ/m²	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,1	0,1	3,5	2%
-Gewinn Glas Westen	Q _g	MJ/m²														0%
-Gewinn Glas Nordwest	Q _g	MJ/m²	0,7	1,1	1,7	2,0	2,6	2,8	2,9	2,5	1,8	1,2	0,7	0,5	20,6	12%
-Wärmegewinn Solar	Q _g	MJ/m²	2,6	3,8	6,1	6,7	7,9	8,2	8,7	8,2	6,2	4,3	2,4	2,8	67,1	41%
-Wärmegewinn Elektrizität	Q _g	MJ/m²	6,0	5,4	6,0	5,8	6,0	5,8	6,0	6,0	5,8	6,0	5,8	6,0	70,0	43%
-Wärmegewinn Personen	Q _g	MJ/m²	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	27,8	17%
-Wärmegewinn Intern	Q _g	MJ/m²	8,3	7,5	8,3	8,0	8,3	8,0	8,3	8,3	8,0	8,3	8,0	8,3	97,8	59%
-Wärmegewinn total	Q _g	MJ/m²	18,9	11,3	14,4	14,7	16,2	16,2	17,0	16,5	14,2	12,6	10,5	10,3	164,7	100%
-Wärmegewinn/-verlust Verhältnis			0,33	0,41	0,60	0,61	1,56	3,00	9,77	7,95	1,56	0,77	0,42	0,34		
-Zufuhrkonstante	h		133,4	133,4	133,4	133,4	133,4	133,4	133,4	133,4	133,4	133,4	133,4	133,4		
-Parameter für Ausnutzungsgrad	a		9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9		
-Ausnutzungsgrad für Wärmegewinn	n _g		1,00	1,00	1,00	0,97	0,63	0,33	0,10	0,13	0,64	0,96	1,00	1,00		
-Benutzte Wärmegewinne	Q _g	MJ/m²	18,9	11,3	14,4	14,3	16,2	5,4	1,7	2,1	9,1	12,4	10,5	10,3	112,5	
-Heizwärmebedarf	Q _h	MJ/m²	21,8	16,2	9,8	3,8	0,8	0,8			0,8	4,1	14,7	19,9	80,3	



A 5. Detaillierte Resultate

A 5.1. Detaillierte Aufstellung der Wärmeverluste pro Variante beim Einfamilienhaus

Gebäudestandard EFH vor 1980									
	Anzahl Funktionsöffnungen								
	keine		wenig		mittel		viel		
	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh) keine	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	
Heizwärmebedarf Q _h	375	104	403	112	107.5%	-	-	-	-
Wärmeverlust Transmission Q _T	475	132	503	140	-	-	-	-	-
Wärmeverlust Infiltration Q _v	73	20	73	20	-	-	-	-	-
Total Verluste (Q _T +Q _v)	548	152	576	160	-	-	-	-	-
Verluste Funktionsöffnungen	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	-	-	5.15	1.43	1.3 %	-	-	-
	Dachentwässerungen innenliegend	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Küchenabluftleitungen	-	-	4.56	1.27	1.2 %	-	-	-
	Einzelraumentlüftungen	-	-	-	-	-	-	-	-
	Abgasanlagen	-	-	18.97	5.27	4.9 %	-	-	-
	Verbrennungsluftzufuhr	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Verluste Funktionsöffnungen	-	-	28.68	7.97	7.5 %	-	-	-	-

Abbildung 48: Verluste über die Funktionsöffnungen beim Gebäudestandard vor 1980

Gebäudestandard EFH Grenzwert SIA 1988									
	Anzahl Funktionsöffnungen								
	keine		wenig		mittel		viel		
	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh) keine	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	
Heizwärmebedarf Q _h	312	87	339	94	108.7%	350	97	112.2%	-
Wärmeverlust Transmission Q _T	408	113	436	121	-	447	124	-	-
Wärmeverlust Infiltration Q _v	73	20	73	20	-	73	20	-	-
Total Verluste (Q _T +Q _v)	481	134	509	141	-	520	144	-	-
Verluste Funktionsöffnungen	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	-	-	5.15	1.43	1.6 %	5.15	1.43	1.6 %
	Dachentwässerungen innenliegend	-	-	-	-	-	6.64	1.84	2.0 %
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Küchenabluftleitungen	-	-	4.56	1.27	1.4 %	4.56	1.27	1.4 %
	Einzelraumentlüftungen	-	-	-	-	-	4.56	1.27	1.4 %
	Abgasanlagen	-	-	18.97	5.27	5.7 %	18.97	5.27	5.8 %
	Verbrennungsluftzufuhr	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Verluste Funktionsöffnungen	-	-	28.68	7.97	8.7 %	39.88	11.08	12.2 %	-

Abbildung 49: Verluste über die Funktionsöffnungen beim Gebäudestandard nach SIA 1988

Gebäudestandard EFH Grenzwert SIA 2009										
	Anzahl Funktionsöffnungen									
	keine		wenig		mittel		viel			
	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh) keine	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)		
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]		
Heizwärmebedarf Q _h	165	46	-	-	185	51	112.1%	189	53	
Wärmeverlust Transmission Q _T	244	68	-	-	267	74	-	272	76	
Wärmeverlust Infiltration Q _v	73	20	-	-	73	20	-	73	20	
Total Verluste (Q _T +Q _v)	317	88	-	-	340	94	-	345	96	
Verluste Funktionsöffnungen	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	-	-	-	-	5.13	1.43	2.7 %	10.26	2.85
	Dachentwässerungen innenliegend	-	-	-	-	6.56	1.82	3.5 %	6.56	1.82
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	-	-	-	-	-	-	-	2.58	0.72
	Küchenabluftleitungen	-	-	-	-	4.56	1.27	2.4 %	4.56	1.27
	Einzelraumentlüftungen	-	-	-	-	4.56	1.27	2.4 %	4.56	1.27
	Abgasanlagen	-	-	-	-	1.97	0.55	1.0 %	1.97	0.55
	Verbrennungsluftzufuhr	-	-	-	-	-	-	-	2.28	0.63
Total Verluste Funktionsöffnungen	-	-	-	-	22.78	6.33	12.1 %	28.21	7.84	

Abbildung 50: Verluste über die Funktionsöffnungen beim Gebäudestandard Grenzwert SIA 2009

Gebäudestandard EFH Grenzwert Sanierung SIA 2009										
	Anzahl Funktionsöffnungen									
	keine		wenig		mittel		viel			
	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh) keine	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)		
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]		
Heizwärmebedarf Q _h	226	63	-	-	247	69	109.3%	252	70	
Wärmeverlust Transmission Q _T	314	87	-	-	336	93	-	342	95	
Wärmeverlust Infiltration Q _v	73	20	-	-	73	20	-	73	20	
Total Verluste (Q _T +Q _v)	387	108	-	-	409	114	-	415	115	
Verluste Funktionsöffnungen	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	-	-	-	-	5.13	1.43	2.1 %	10.26	2.85
	Dachentwässerungen innenliegend	-	-	-	-	6.56	1.82	2.7 %	6.56	1.82
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	-	-	-	-	-	-	-	2.58	0.72
	Küchenabluftleitungen	-	-	-	-	4.56	1.27	1.9 %	4.56	1.27
	Einzelraumentlüftungen	-	-	-	-	4.56	1.27	1.9 %	4.56	1.27
	Abgasanlagen	-	-	-	-	1.97	0.55	0.8 %	1.97	0.55
	Verbrennungsluftzufuhr	-	-	-	-	-	-	-	2.28	0.63
Total Verluste Funktionsöffnungen	-	-	-	-	22.78	6.33	9.3 %	28.21	7.84	

Abbildung 51: Verluste über die Funktionsöffnungen beim Gebäudestandard Grenzwert SIA 2009 Sanierung

Gebäudestandard EFH Minergie-P									
	Anzahl Funktionsöffnungen								
	keine		wenig		mittel		viel		
	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh) keine	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	
Heizwärmebedarf Q _h	105	29	-	-	-	-	128	36	121.9%
Wärmeverlust Transmission Q _T	173	48	-	-	-	-	201	56	
Wärmeverlust Infiltration Q _v	73	20	-	-	-	-	73	20	
Total Verluste (Q _T +Q _v)	246	68	-	-	-	-	274	76	
Verluste Funktionsöffnungen	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	-	-	-	-	-	10.26	2.85	8.0 %
	Dachentwässerungen innenliegend	-	-	-	-	-	6.56	1.82	5.1 %
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	-	-	-	-	-	2.58	0.72	2.0 %
	Küchenabluftleitungen	-	-	-	-	-	4.56	1.27	3.5 %
	Einzelraumentlüftungen	-	-	-	-	-	-	-	-
	Abgasanlagen	-	-	-	-	-	1.97	0.55	1.5 %
	Verbrennungsluftzufuhr	-	-	-	-	-	2.28	0.63	1.8 %
Total Verluste Funktionsöffnungen	-	-	-	-	-	-	28.21	7.84	21.9 %

Abbildung 52: Verluste über die Funktionsöffnungen beim Gebäudestandard Grenzwert Minergie-P

A 5.2. Detaillierte Aufstellung der Wärmeverluste pro Variante beim Mehrfamilienhaus

Gebäudestandard MFH vor 1980									
	Anzahl Funktionsöffnungen								
	keine		wenig		mittel		viel		
	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh) keine	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	
Heizwärmebedarf Q _h	371	103	409	114	110.2%	-	-	-	-
Wärmeverlust Transmission Q _T	434	121	473	131		-	-	-	-
Wärmeverlust Infiltration Q _v	73	20	73	20		-	-	-	-
Total Verluste (Q _T +Q _v)	507	141	546	152		-	-	-	-
Verluste Funktionsöffnungen	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	-	-	1.81	0.50	0.5 %	-	-	-
	Dachentwässerungen innenliegend	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Küchenabluftleitungen	-	-	7.39	2.05	1.9 %	-	-	-
	Einzelraumentlüftungen	-	-	-	-	-	-	-	-
	Abgasanlagen	-	-	30.02	8.34	7.8 %	-	-	-
	Verbrennungsluftzufuhr	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Verluste Funktionsöffnungen	-	-	39.22	10.89	10.2 %	-	-	-	-

Abbildung 53: Verluste über die Funktionsöffnungen beim Gebäudestandard vor 1980

Gebäudestandard MFH Grenzwert SIA 1988									
	Anzahl Funktionsöffnungen								
	keine		wenig		mittel		viel		
	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh) keine	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	
Heizwärmebedarf Q _h	292	81	330	92	113.0%	341	95	116.8%	
Wärmeverlust Transmission Q _T	351	98	391	109		403	112		
Wärmeverlust Infiltration Q _v	73	20	73	20		73	20		
Total Verluste (Q _T +Q _v)	424	118	464	129		476	132		
Verluste Funktionsöffnungen	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	-	-	1.81	0.50	0.6 %	1.81	0.50	0.6 %
	Dachentwässerungen innenliegend	-	-	-	-	-	4.65	1.29	1.5 %
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Küchenabluftleitungen	-	-	7.39	2.05	2.5 %	7.39	2.05	2.4 %
	Einzelraumentlüftungen	-	-	-	-	-	7.39	2.05	2.4 %
	Abgasanlagen	-	-	30.02	8.34	10.0 %	30.02	8.34	9.8 %
	Verbrennungsluftzufuhr	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Verluste Funktionsöffnungen	-	-	39.22	10.89	13.0 %	51.26	14.24	16.8 %	

Abbildung 54: Verluste über die Funktionsöffnungen beim Gebäudestandard nach SIA 1988

Gebäudestandard MFH Grenzwert SIA 2009										
	Anzahl Funktionsöffnungen									
	keine		wenig		mittel		viel			
	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh) keine	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)		
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]		
Heizwärmebedarf Q _h	115	32	-	-	137	38	138	38	120.0%	
Wärmeverlust Transmission Q _T	159	44	-	-	184	51	185	51		
Wärmeverlust Infiltration Q _v	73	20	-	-	73	20	73	20		
Total Verluste (Q _T +Q _v)	232	64	-	-	257	71	258	72		
Verluste Funktionsöffnungen	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	-	-	-	-	1.8	0.50	3.61	1.00	2.8 %
	Dachentwässerungen innenliegend	-	-	-	-	4.6	1.28	4.6	1.28	3.6 %
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	-	-	-	-	-	-	4.18	1.16	3.3 %
	Küchenabluftleitungen	-	-	-	-	7.39	2.05	7.39	2.05	5.8 %
	Einzelraumentlüftungen	-	-	-	-	7.39	2.05	7.39	2.05	5.8 %
	Abgasanlagen	-	-	-	-	3.13	0.87	3.13	0.87	2.4 %
	Verbrennungsluftzufuhr	-	-	-	-	-	-	2.75	0.76	2.1 %
Total Verluste Funktionsöffnungen	-	-	-	-	24.31	6.75	25.66	7.13	20.0 %	

Abbildung 55: Verluste über die Funktionsöffnungen beim Gebäudestandard Grenzwert SIA 2009

Gebäudestandard MFH Grenzwert Sanierung SIA 2009											
	Anzahl Funktionsöffnungen										
	keine		wenig		mittel		viel				
	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh) keine	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)			
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]			
Heizwärmebedarf Q _h	133	37	-	-	154	43	156	43	117.3%		
Wärmeverlust Transmission Q _T	179	50	-	-	203	56	205	57			
Wärmeverlust Infiltration Q _v	73	20	-	-	73	20	73	20			
Total Verluste (Q _T +Q _v)	252	70	-	-	276	77	278	77			
Verluste Funktionsöffnungen	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	-	-	-	-	1.8	0.50	1.2	3.61	1.00	2.4
	Dachentwässerungen innenliegend	-	-	-	-	4.6	1.28	3.0	4.6	1.28	3.1
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	-	-	-	-	-	-	-	4.18	1.16	2.8
	Küchenabluftleitungen	-	-	-	-	7.39	2.05	4.8	7.39	2.05	5.0
	Einzelraumentlüftungen	-	-	-	-	7.39	2.05	4.8	-	-	-
	Abgasanlagen	-	-	-	-	3.13	0.87	2.0	3.13	0.87	2.1
	Verbrennungsluftzufuhr	-	-	-	-	-	-	-	2.75	0.76	1.9
Total Verluste Funktionsöffnungen	-	-	-	-	24.31	6.75	15.8	25.66	7.13	17.3	

Abbildung 56: Verluste über die Funktionsöffnungen beim Gebäudestandard Grenzwert SIA 2009 Sanierung

Gebäudestandard MFH Minergie-P											
	Anzahl Funktionsöffnungen										
	keine		wenig		mittel		viel				
	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh) keine	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)	Absoluter Wert	Prozentualer Anteil an (Qh)			
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]			
Heizwärmebedarf Q _h	89	19	-	-	-	-	90	25	130.4%		
Wärmeverlust Transmission Q _T	104	29	-	-	-	-	130	36			
Wärmeverlust Infiltration Q _v	73	20	-	-	-	-	73	20			
Total Verluste (Q _T +Q _v)	177	49	-	-	-	-	203	56			
Verluste Funktionsöffnungen	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	-	-	-	-	-	-	-	3.61	1.00	4.3
	Dachentwässerungen innenliegend	-	-	-	-	-	-	-	4.6	1.28	5.5
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	-	-	-	-	-	-	-	4.18	1.16	5.0
	Küchenabluftleitungen	-	-	-	-	-	-	-	7.39	2.05	8.8
	Einzelraumentlüftungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Abgasanlagen	-	-	-	-	-	-	-	3.13	0.87	3.7
	Verbrennungsluftzufuhr	-	-	-	-	-	-	-	2.75	0.76	3.3
Total Verluste Funktionsöffnungen	-	-	-	-	-	-	-	25.66	7.13	30.4	

Abbildung 57: Verluste über die Funktionsöffnungen beim Gebäudestandard Grenzwert Minergie-P

A 5.3. Energieverlust pro Funktionsöffnung

	Funktionsöffnung	Anwendungsepoche	Energieverlust		
			kWh/m ² _{EBFa}	kWh/a	kWh/ma
EFH (246 m ²)	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	Neubau	1.43	351	63.7
		Gebäude vor 1988	1.43	352	64.0
	Dachentwässerungen innenliegend	Neubau	1.82	448	81.5
		Gebäude vor 1988	1.84	454	82.5
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	0.72	176	25.2
	Küchenabluftleitungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	1.27	312	89.0
	Einzelraumentlüftungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	1.27	312	89.0
	Abgasanlagen	Neubau	0.55	135	29.9
		Gebäude vor 1988	5.27	1296	288.1
Verbrennungsluftzufuhr	Neubau	0.63	156	51.9	
Total Funktionsöffnungen					
MFH (1426 m ²)	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	Neubau	0.50	713	63.7
		Gebäude vor 1988	0.50	717	64.0
	Dachentwässerungen innenliegend	Neubau	1.28	1822	81.3
		Gebäude vor 1988	1.29	1842	82.2
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	1.16	1656	25.2
	Küchenabluftleitungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	2.05	2927	89.0
	Einzelraumentlüftungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	2.05	2927	89.0
	Abgasanlagen	Neubau	0.87	1240	30.0
		Gebäude vor 1988	8.34	11891	287.9
	Verbrennungsluftzufuhr	Neubau	0.76	1089	51.9
	Total Funktionsöffnungen				

Abbildung 58: Energieverlust je nach Funktionsöffnung absolut und spezifisch

Die Energieverluste sind für die jeweils geringste Anzahl der jeweiligen Funktionsöffnung berechnet. Siehe dazu auch die Variantenmatrix unter 2.6.

A 5.4. Energiesparpotential in Liter Heizöläquivalente

Funktionsöffnung	Anwendungsepoche	Prozentualer Verlust vom Heizwärmebedarf des Gebäudes Q _h							Energiesparpotential in Liter Heizöläquivalente								
		Gebäude vor 1980	Grenzwert SIA 1988		Grenzwert SIA 2009		Grenzwert SIA 2009 Sanierung	Minergie-P	Gebäude vor 1980	Grenzwert SIA 1988		Grenzwert SIA 2009		Grenzwert SIA 2009 Sanierung	Minergie-P		
		Anzahl Funktionsöffnungen							Anzahl Funktionsöffnungen								
		wenig	wenig	mittel	mittel	viel	mittel	viel	viel	wenig	wenig	mittel	mittel	viel	mittel	viel	viel
EFH (246 m ²)	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	Neubau					2.7 %	5.3 %	2.1 %	4.2 %	8.0 %						
		Gebäude vor 1988	1.3 %	1.6 %	1.6 %												
	Dachentwässerungen innenliegend	Neubau															
		Gebäude vor 1988			2.0 %												
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen						1.3 %		1.1 %	2.0 %						
		Küchenabflütleitungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	1.2 %	1.4 %	1.4 %	2.4 %	2.4 %	1.9 %	1.9 %	3.5 %						
		Einzelraumventilöffnungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen			1.4 %	2.4 %		1.9 %								
MFH (1426 m ²)	Abgasanlagen	Neubau					1.0 %	1.0 %	0.8 %	1.5 %							
		Gebäude vor 1988	4.9 %	5.7 %	5.8 %												
	Verbrennungsluftzufuhr	Neubau						1.2 %		0.9 %	1.8 %						
		Total Funktionsöffnungen	7.5 %	8.7 %	12.2 %	12.1 %	14.5 %	9.3 %	11.5 %	21.9 %	204 l/a	204 l/a	284 l/a	162 l/a	201 l/a	162 l/a	201 l/a
	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	Neubau				1.4 %	2.8 %	1.2 %	2.4 %	4.3 %							
		Gebäude vor 1988	0.5 %	0.6 %	0.6 %												
	Dachentwässerungen innenliegend	Neubau				3.6 %	3.6 %	3.0 %	3.1 %	5.5 %							
	Gebäude vor 1988			1.5 %													
Lüftungsleitungen (Fortluft)	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen						3.3 %		2.8 %	5.0 %							
Küchenabflütleitungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	1.9 %	2.5 %	2.4 %	5.8 %	5.8 %	4.8 %	5.0 %	8.8 %								
Einzelraumventilöffnungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen			2.4 %	5.8 %		4.8 %										
Abgasanlagen	Neubau				2.5 %	2.4 %	2.0 %	2.1 %	3.7 %								
	Gebäude vor 1988	7.8 %	10.0 %	9.8 %													
Verbrennungsluftzufuhr	Neubau						2.1 %		1.9 %	3.3 %							
	Total Funktionsöffnungen	10.2 %	13.0 %	16.8 %	19.1 %	20.0 %	15.8 %	17.3 %	30.4 %	1619 l/a	1619 l/a	2116 l/a	929 l/a	910 l/a	929 l/a	910 l/a	

Oberer Heizwert: 45.2 [MJ/kg]
 Oberer Heizwert: 12.56 [kWh/kg]
 Nutzungsgrad Kessel: 0.91 [-]
 Dichte Öl: 0.84 [kg/dm³]
 EBF EFH: 246 [m²]
 EBF MFH: 1426 [m²]

Abbildung 59: Energiesparpotential ausgedrückt in Liter Heizöläquivalente

Der obere Heizwert wurde aus [3], Tabelle 2.2 entnommen. Der Nutzungsgrad des Kessels wurde angenommen.

A 5.5. Energiesparpotential in CO2-Äquivalente

Funktionsöffnung	Anwendungsepoche	Prozentualer Verlust vom Heizwärmebedarf des Gebäudes Q _h							Energiesparpotential in CO ₂ Äquivalente										
		Gebäude vor 1980	Grenzwert SIA 1988		Grenzwert SIA 2009		Grenzwert SIA 2009 Sanierung		Minergie-P	Gebäude vor 1980	Grenzwert SIA 1988		Grenzwert SIA 2009		Grenzwert SIA 2009 Sanierung		Minergie-P		
		Anzahl Funktionsöffnungen							Anzahl Funktionsöffnungen										
		wenig	wenig	mittel	mittel	viel	mittel	viel	viel	wenig	wenig	mittel	mittel	viel	mittel	viel	viel		
EFH (646 m ²)	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	Neubau			2.7 %	5.3 %	2.1 %	4.2 %	8.0 %				114 kg CO ₂	114 kg CO ₂	114 kg CO ₂	227 kg CO ₂	114 kg CO ₂	227 kg CO ₂	227 kg CO ₂
		Gebäude vor 1988	1.3 %	1.6 %	1.6 %					114 kg CO ₂	114 kg CO ₂	114 kg CO ₂	114 kg CO ₂	227 kg CO ₂	114 kg CO ₂	227 kg CO ₂	227 kg CO ₂	227 kg CO ₂	
	Dachentwässerungen innenliegend	Neubau			3.5 %	3.4 %	2.7 %	2.7 %	5.1 %				145 kg CO ₂	145 kg CO ₂	145 kg CO ₂	145 kg CO ₂	145 kg CO ₂	145 kg CO ₂	
		Gebäude vor 1988			2.0 %								147 kg CO ₂	145 kg CO ₂	145 kg CO ₂	145 kg CO ₂	145 kg CO ₂	145 kg CO ₂	
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen				1.3 %			1.1 %	2.0 %				57 kg CO ₂	57 kg CO ₂	57 kg CO ₂	57 kg CO ₂	57 kg CO ₂	
	Küchenabflütleitungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	1.2 %	1.4 %	1.4 %	2.4 %	2.4 %	1.9 %	1.9 %	3.5 %	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	
	Einzelraumlüftungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen			1.4 %	2.4 %		1.9 %					101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	101 kg CO ₂	
	Abgasanlagen	Neubau				1.0 %	1.0 %	0.8 %	0.8 %	1.5 %	421 kg CO ₂	421 kg CO ₂	421 kg CO ₂	44 kg CO ₂	44 kg CO ₂	44 kg CO ₂	44 kg CO ₂	44 kg CO ₂	
Verbrennungsluftzufuhr	Gebäude vor 1988	4.9 %	5.7 %	5.8 %						421 kg CO ₂	421 kg CO ₂	421 kg CO ₂							
Total Funktionsöffnungen	Neubau	7.5 %	8.7 %	12.2 %	12.1 %	14.5 %	9.3 %	11.5 %	21.9 %	636 kg CO₂	636 kg CO₂	884 kg CO₂	505 kg CO₂	51 kg CO₂	505 kg CO₂	625 kg CO₂	51 kg CO₂	51 kg CO₂	
MFH (1426 m ²)	Entlüftungsleitungen (Sanitär)	Neubau			1.4 %	2.8 %	1.2 %	2.4 %	4.3 %				231 kg CO ₂	464 kg CO ₂	231 kg CO ₂	464 kg CO ₂	464 kg CO ₂		
		Gebäude vor 1988	0.5 %	0.6 %	0.6 %					233 kg CO ₂	233 kg CO ₂	233 kg CO ₂							
	Dachentwässerungen innenliegend	Neubau			3.6 %	3.6 %	3.0 %	3.1 %	5.5 %				591 kg CO ₂	591 kg CO ₂	591 kg CO ₂	591 kg CO ₂	591 kg CO ₂		
		Gebäude vor 1988			1.5 %								598 kg CO ₂	591 kg CO ₂	591 kg CO ₂	591 kg CO ₂	591 kg CO ₂		
	Lüftungsleitungen (Fortluft)	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen				3.3 %			2.8 %	5.0 %				537 kg CO ₂	537 kg CO ₂	537 kg CO ₂	537 kg CO ₂		
	Küchenabflütleitungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen	1.9 %	2.5 %	2.4 %	5.8 %	5.8 %	4.8 %	5.0 %	8.8 %	950 kg CO ₂	950 kg CO ₂	950 kg CO ₂	950 kg CO ₂	950 kg CO ₂	950 kg CO ₂	950 kg CO ₂		
	Einzelraumlüftungen	Neubau/Gebäude vor 1988 und Sanierungen			2.4 %	5.8 %		4.8 %					950 kg CO ₂	950 kg CO ₂	950 kg CO ₂	950 kg CO ₂	950 kg CO ₂		
	Abgasanlagen	Neubau				2.5 %	2.4 %	2.0 %	2.1 %	3.7 %	3857 kg CO ₂	3857 kg CO ₂	3857 kg CO ₂	402 kg CO ₂	402 kg CO ₂	402 kg CO ₂	402 kg CO ₂		
Verbrennungsluftzufuhr	Gebäude vor 1988	7.8 %	10.0 %	9.8 %						3857 kg CO ₂	3857 kg CO ₂	3857 kg CO ₂							
Total Funktionsöffnungen	Neubau	10.2 %	13.0 %	16.8 %	19.1 %	20.0 %	15.8 %	17.3 %	30.4 %	5040 kg CO₂	5040 kg CO₂	6587 kg CO₂	2892 kg CO₂	2833 kg CO₂	2892 kg CO₂	2833 kg CO₂	2833 kg CO₂		

Treibhausgasemissions-Koeffizient 0.082 [kg/MJ]

Abbildung 60: Energiesparpotential ausgedrückt in CO2 Äquivalente

Der Umrechnungsfaktor für die CO2 Äquivalente wurde aus [3], Tabelle 1.1 entnommen.

A 5.6. Resultate der Dreidimensionalen Wärmebrückenberechnung für die Abgasanlage

Auf den kommenden Seiten sind einige ausgewählte Resultat Darstellungen des Programms COMSOL Multiphysics 3.5a aufgeführt. Der Berechnungsvorgang ist unter 4.2 nachzulesen und die Berechnungsgrundlagen sind unter A 2.3.1 ersichtlich.

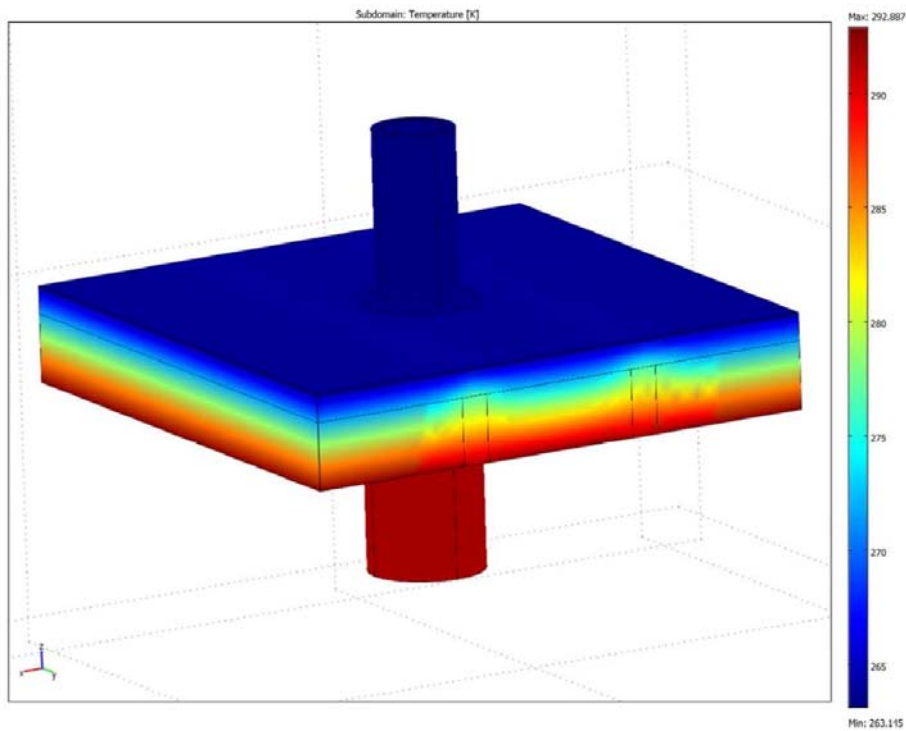


Abbildung 61: Oberflächentemperaturen

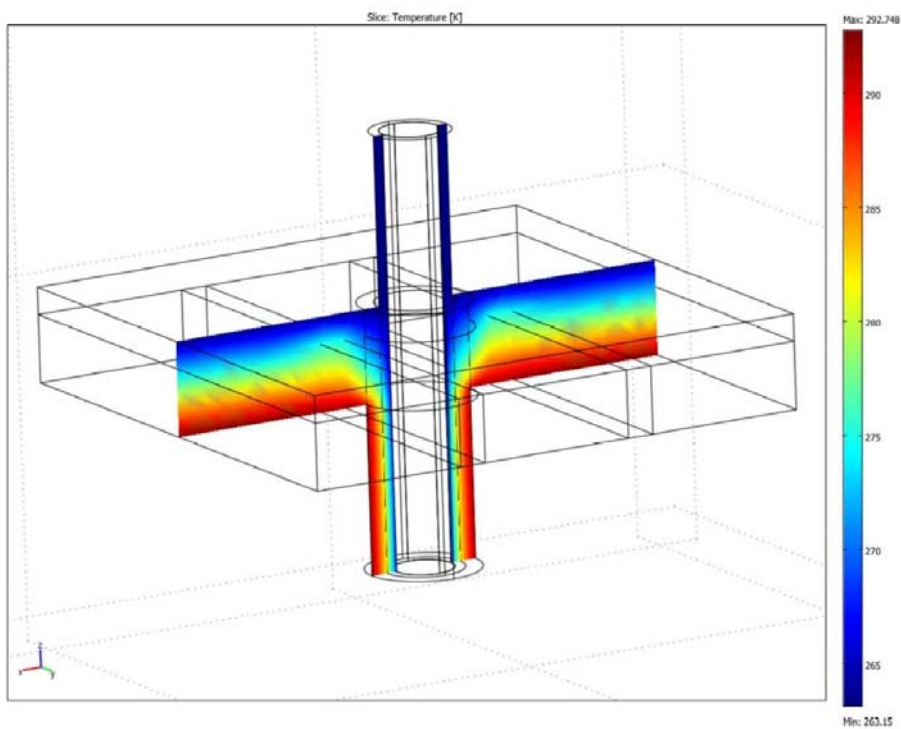


Abbildung 62: Temperaturverlauf durch die Konstruktion

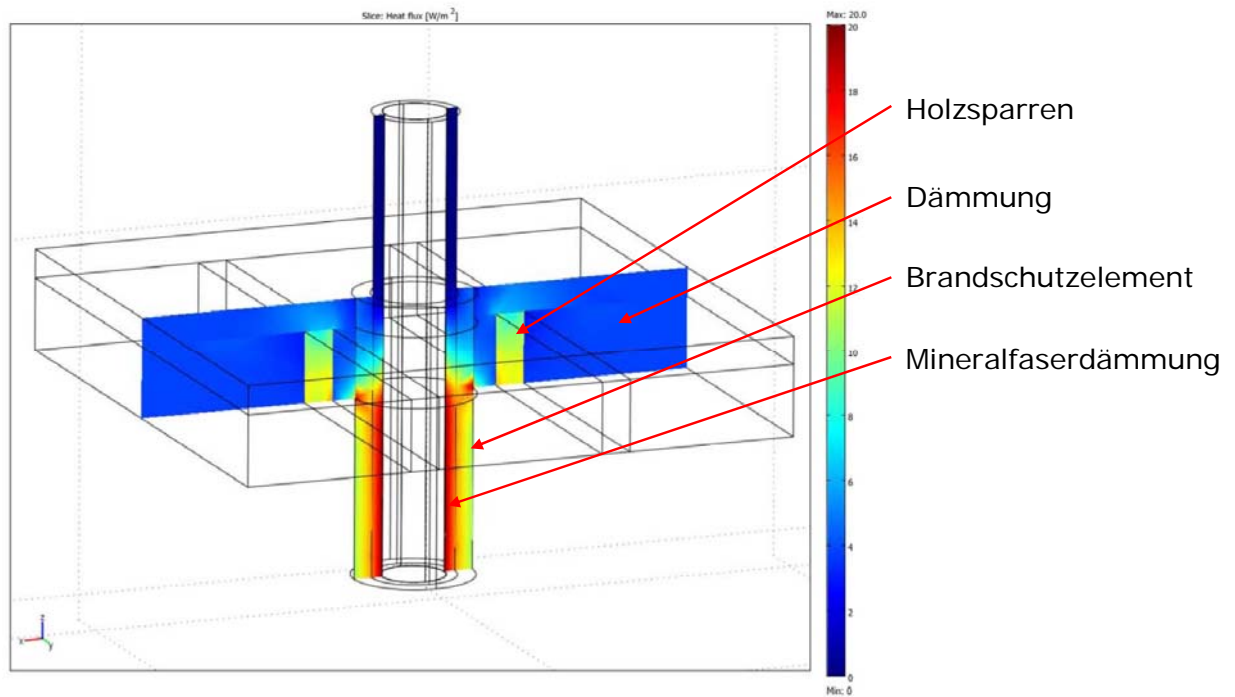


Abbildung 63: Wärmestrom durch die Konstruktion

Zur Veranschaulichung der Berechnungsmethode um den Einfluss der Wärmebrücke auf den gesamten Wärmeverlust über die Abgasanlage zu verifizieren, ist nachfolgend noch der Berechnungsgang aufgeführt.

Für die Bestimmung der Wärmebrücke wurde folgendes Vorgehen verwendet:

Als erstes wurde der Wärmeverlust über die ungestörte (ohne Durchdringung der Abgasanlage) Decke berechnet. Darauf folgend wurde der Wärmeverlust über das Dach mit der Abgasanlage berechnet (siehe Abbildung 64). Diese Differenz ergibt den Wärmeverlust von 6.03 W über die Wärmebrücke und die Abgasanlage im Innenraum (Einrohrzirkulation, respektive Transmission). Nun muss noch der Wärmeverlust von 5.03 W über die Abgasanlage im Innenraum (siehe Abbildung 65) mittels der Formel Wärmestrom durch eine mehrschichtige Zylinderwand aus [2] berechnet werden. Die Differenz $6.03 \text{ W} - 5.03 \text{ W}$ ergibt den effektiven Wärmeverlust über die Wärmebrücke. Dies ergibt einen Wärmeverlust von 1.0 W nur über die Wärmebrücke, was bei einem Temperaturunterschied von -10°C aussen und 20°C innen einem Wert von 0.033 W/K entspricht.

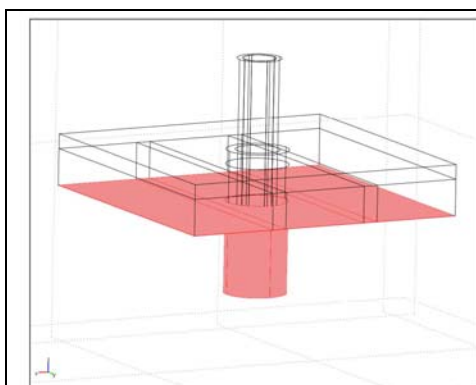


Abbildung 64: Wärmeverlust über die Innenflächen

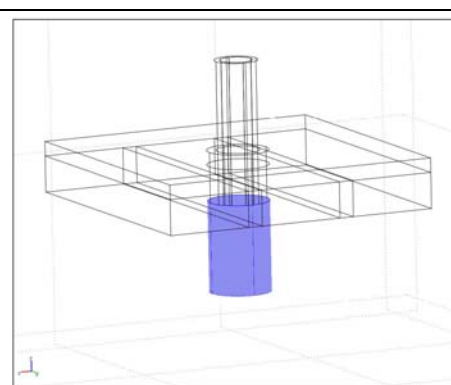


Abbildung 65: Wärmeverlust über die Abgasanlage (Transmission)