

Praxistest MINERGIE®

Erfahrungen aus Planung, Realisierung
und Nutzung von MINERGIE-Bauten

Schlussbericht

Impressum

Herausgeber:

Konferenz Kantonaler Energiefachstellen, unter Federführung der Energiefachstellenkonferenz der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein, zusammen mit dem Verein MINERGIE.

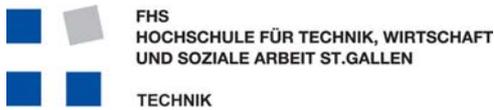
Projektpartner:

Konferenz Kantonaler Energiefachstellen

Verein MINERGIE

Hochbauamt der Stadt Zürich

Auftragnehmer:



Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit St.Gallen
Tellstrasse 2, Postfach 664
9001 St. Gallen

Projektteam:

Severin Lenel, Dozent FHS, Econum GmbH, St.Gallen (Projektleitung)

Silvia Gemperle, FHS (Projektkoordination und fachliche Begleitung)

Judith Bosshard, Studentin FHS (Begleitung Ausführungsphase)

Massimo Castrilli, Patricia Ehrenzeller, Stefan Mäder, Christian Schmid,
Michael Walther; Studierende FHS (Befragung der beteiligten Akteure)

Projektbegleitung:

Christoph Bartholdi, DIV, Abteilung Energie, 8510 Frauenfeld TG

Olivier Brenner, AFU, Abteilung Energie, 9102 Herisau AR

Marcel Gamweger, AFU, Infrastruktur und Energie, 9001 St.Gallen

Christoph Gmür, AWEL, Abteilung Energie, 8090 Zürich

Projektbegleitung Teil Erhebung Energiekennzahlen siehe Anhang 16.14

Bezugsquellen:

www.fhsg.ch/architektur oder www.minergie.ch

Inhalt

1	Zusammenfassung	10
1.1	Ziele dieses Projekts	10
1.2	Analyse vorhandener Unterlagen	10
1.3	Auswertung der MINERGIE-Nachweise von 52 Wohnbauten	11
1.4	Befragung der beteiligten Akteure	12
1.5	Auswertung eines MINERGIE-Schulgebäudes im Vergleich zu den untersuchten Wohnbauten	13
1.6	Ausführungskontrollen an 13 Wohnbauten im Kanton St. Gallen	14
1.7	Begleitung der Ausführungsphase von ausgesuchten MINERGIE-Objekten.....	14
1.8	Luftdichtkeitsmessungen bei 16 ausgewählten EFH	15
1.9	Erhebung der Energiekennzahlen von über 500 MINERGIE-Bauten.....	16
1.10	Befragung von Nutzenden zum Thema Zufriedenheit	17
1.11	Grundlagen für Optimierungsmassnahmen	18
1.12	Erkenntnisse aus diesem Projekt.....	19
2	Projektziele.....	20
2.1	Ausgangslage	20
2.2	Probleme und Fehler in der Planung feststellen	20
2.3	Probleme und Fehler in der Ausführung feststellen.....	20
2.4	Überprüfung der Energiekennzahlen	21
2.5	Grundlagen für Optimierungsmassnahmen erarbeiten	21
3	Analyse vorhandener Unterlagen.....	22
3.1	Erhebungen MINERGIE-Geschäftsstelle / Verein	22
3.2	Erhebungen anderer Kantone, Fachhochschulen oder Institute	22
3.2.1	Messungen bestehender MINERGIE-Bauten	22
3.2.2	Solarsiedlung am Chräbsbach in Winterthur Oberseen.....	22
3.2.3	Untersuchungen des Vorarlberger Energieinstituts an 9 Passivhäusern	24
3.2.4	Erhebung des Warmwasserverbrauchs anhand von 17'000 Wohnungen	27

3.2.5	Projekt „Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern“	27
3.3	Literatur	28
3.3.1	Akzeptanz von Komfortlüftungen im Wohnungsbereich	28
3.3.2	Marketing- und PR-Strategie MINERGIE und Passivhaus	28
3.3.3	Gesundheitliche und ökologische Aspekte von Komfortlüftungen im Wohnbereich.....	29
3.3.4	Mikrobielle Untersuchungen von Luftansaug-Erdregistern	30
3.3.5	Qualitätssicherung beim Bau von Passivhäusern.....	30
4	Auswertung der MINERGIE-Nachweise von 52 neu erstellten Wohnbauten	32
4.1	Ausgangslage	32
4.2	Vorgehen	32
4.2.1	Objektauswahl	32
4.2.2	Erfassung der benötigten Daten	33
4.2.3	Auswertung der erfassten Daten	34
4.3	Resultate und deren Interpretation	34
4.3.1	Allgemeines	34
4.3.2	Anzahl und Nutzungsart der Objekte	37
4.3.3	Situierung und Gebäudehülle der Objekte.....	37
4.3.4	Haustechnik	43
4.3.5	Nachweise / Berechnungen	55
5	Befragung der beteiligten Akteure	63
5.1	Ausgangslage	63
5.2	Konzeption der Umfrage	63
5.2.1	Zielsetzungen.....	63
5.2.2	Methodisches Vorgehen	64
5.3	Auswertung der Umfrage Bauträgerschaft/Nutzende	65
5.3.1	Zielsetzung.....	65
5.3.2	Auswertung.....	66
5.4	Auswertung der Umfrage Architekturschaffende	79
5.4.1	Zielsetzung.....	79
5.4.2	Auswertung	79
5.5	Auswertung der Umfrage Haustechnik-Planende	95
5.5.1	Zielsetzung.....	95
5.5.2	Auswertung	95
5.6	Gesamtauswertung Umfrage	105

5.6.1	Einstiegsfragen	105
5.6.2	Kooperation unter den Parteien	109
5.6.3	Einführung in den Gebrauch und die Wartung der kontrollierten Lüftung	112
5.6.4	Informationsfluss bei Abweichungen	114
6	Auswertung eines MINERGIE-Schulgebäudes im Vergleich zu den untersuchten Wohnbauten.....	117
6.1	Ausgangslage und Vorgehen.....	117
6.2	Ergebnisse	117
6.2.1	Auswertung MINERGIE-Nachweis	117
6.2.2	Auswertung Umfrage	120
6.2.3	Interpretation.....	120
7	Ausführungskontrollen an 13 Wohnbauten im Kanton St. Gallen.....	121
7.1	Ausführungskontrollen von MINERGIE-Bauten im Kanton St.Gallen.....	121
7.1.1	Vorgehen bei den Kontrollen	121
7.1.2	Kontrollierte Objekte	122
7.1.3	Zeitpunkt und Anzahl der Kontrollen.....	122
7.2	Resultate der Ausführungskontrollen.....	123
7.2.1	Gebäudehülle	123
7.2.2	Lüftungsanlagen	124
7.2.3	Wärmeerzeugung	125
7.3	Auswirkungen der Abweichungen auf Heizwärmebedarf und MINERGIE-Standard	126
7.3.1	Gebäudehülle	126
7.3.2	Lüftungsanlagen	126
7.3.3	Wärmeerzeugung	126
8	Begleitung der Ausführungsphase von ausgewählten MINERGIE-Objekten.....	127
8.1	Vorgehen und Ziele.....	127
8.2	Baustellenbesuche.....	127
8.2.1	Gebäudehülle	128
8.2.2	Lüftungsanlage	128
8.3	Befragung von Fachplanenden und Unternehmenden	128
8.3.1	Planung / Projektierung.....	128
8.3.2	Ausführung / Bauablauf	129
8.3.3	Wärmeerzeugung	130

8.3.4	Lüftung	130
8.3.5	Benutzung und Unterhalt des Gebäudes.....	131
8.3.6	Erfahrungen mit MINERGIE.....	131
8.4	Interpretation.....	132
8.4.1	Planung / Projektierung.....	132
8.4.2	Ausführung / Bauablauf	132
8.4.3	Haustechnik	132
8.4.4	Benutzung und Unterhalt des Gebäudes.....	133
8.4.5	Erfahrungen mit MINERGIE.....	133
8.5	Checkliste für Bauträgerschaften.....	134
8.5.1	Zweck der Checkliste.....	134
8.5.2	Aufbau der Checkliste.....	134
8.5.3	Vorschlag Checkliste	135
9	Luftdichtigkeitsmessungen bei 16 ausgewählten Ein- und Doppelfamilienhäusern	140
9.1	Vorgehen	140
9.1.1	Objektauswahl	140
9.1.2	Durchführung der Luftdichtigkeitsprüfung	141
9.1.3	Vorgehen Messung.....	141
9.2	Anforderungen an die Luftdichtigkeit	142
9.2.1	Normative Anforderungen.....	142
9.2.2	MINERGIE-Anforderungen	144
9.3	Resultate.....	146
9.3.1	Messresultate.....	146
9.3.2	Bewertung des n_{50} -Wertes hinsichtlich des Energieverbrauchs.....	149
9.3.3	Interpretation der Ergebnisse.....	150
10	Erhebung der Energiekennzahlen von über 500 MINERGIE-Bauten.....	152
10.1	Ausgangslage und Ziel	152
10.2	Methodisches Vorgehen für die Befragung.....	152
10.2.1	Auswahl der Objekte.....	152
10.2.2	Einbezug vorhandener Messungen	152
10.2.3	Vorgehen für die Befragung der Auskunftspersonen.....	153
10.2.4	Erfassung der Daten	154
10.2.5	Rückmeldung an die Teilnehmenden der Umfrage	155
10.3	Methodik Auswertung	155
10.4	Ergebnisse Auswertung Energieträger-Verbräuche	156

10.4.1	Elektrizitätsverbrauch der Lüftungsanlage.....	156
10.4.2	Elektrizitätsverbräuche für Haushalt / Haushalt und Lüftung	156
10.4.3	Flächengewichtete Mittelwerte und Mediane der Energiekennzahlen gemäss MINERGIE.....	158
10.4.4	Vergleich Energiekennzahlen mit MINERGIE-Grenzwerten.....	160
11	Befragung von Nutzenden zum Thema Zufriedenheit mit der MINERGIE-Baute	168
11.1	Ausgangslage	168
11.2	Vorgehen	168
11.2.1	Integration von qualitativen Fragen in die Umfrage Energieverbrauch	168
11.2.2	Zielsetzung.....	168
11.3	Auswertung der Antworten.....	169
11.3.1	Zufriedenheit mit dem Wohnkomfort.....	169
11.3.2	Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage	169
11.3.3	Erfüllung der Erwartungen an das MINERGIE-Objekt	170
11.3.4	Beurteilung des Kosten- / Nutzen-Verhältnisses	171
11.3.5	Weiterempfehlung von MINERGIE	171
12	Grundlagen für Optimierungsmassnahmen.....	174
12.1	Grundsätzliche Erkenntnisse aus dem Projekt	174
12.2	MINERGIE-Organe / Zertifizierungsstellen	175
12.2.1	Informationsaustausch Zertifizierungsstellen / MINERGIE	175
12.2.2	Newsletter	175
12.2.3	Formular Stichprobe	175
12.2.4	Klassifizierung von Lüftungs- und Wärmeerzeugungsanlagen..	176
12.3	Nutzende	177
12.3.1	Einbezug der Nutzenden in die Konzeption der Lüftungsanlage	177
12.3.2	Information der Nutzenden	177
12.3.3	Einführung der Nutzenden in den Gebrauch des Objekts	177
12.4	Planende.....	178
12.4.1	Schulungsangebote	178
12.5	Ausführende / Herstellende	178
12.5.1	MINERGIE-Module	178
12.5.2	Verbesserte Inbetriebnahme.....	179
13	Vorschläge für Folgeprojekte	180
13.1	Schulungsunterlagen MINERGIE	180

13.2	Merkblatt Luftdichtigkeit bei MINERGIE-Bauten	180
13.3	Merkblatt EBF-Berechnung in Dach- und Untergeschossen	180
14	Abkürzungsverzeichnis.....	181
15	Literaturverzeichnis.....	182
16	Anhang.....	185
16.1	Auswahlkriterien der für die Auswertung der Nachweise erfassten Objekte.....	185
16.1.1	Kanton Thurgau	185
16.1.2	Kanton Appenzell AR.....	185
16.1.3	Kanton SG	185
16.1.4	Kanton ZH.....	185
16.1.5	Kanton GL.....	186
16.2	Berechnung der EBF in Dachgeschossen.....	187
16.3	Expertenverzeichnis Umfrage.....	188
16.4	Fragebogen Umfrage.....	189
16.4.1	Bauträgerschaft/Nutzende	189
16.4.2	Architekturschaffende	194
16.4.3	Haustechnik-Planende.....	200
16.4.4	Begleitbrief Fragebogen.....	205
16.4.5	Begleitbrief Nachfassaktion	206
16.5	Formular Ausführungskontrolle.....	207
16.6	Fragenkatalog Begleitung Ausführungsphase.....	209
16.7	Antworten der befragten Fachpersonen Begleitung Ausführungsphase	212
16.8	Berechnung des flächenbezogenen Luftvolumenstroms	215
16.9	Erfasste Objekte mit gemessenen Energieverbräuchen.....	216
16.10	Fragebogen MINERGIE-Erfolgskontrolle.....	217
16.11	Begleitbrief zum Fragebogen und Anleitung zum Ausfüllen	219
16.12	Erläuterung der eingesetzten Methodik	221
16.12.1	Energieinhalte und Gewichtungsfaktoren der verwendeten Energieträger	221
16.12.2	Übersicht über die im Berechnungsgang angewendeten Abzüge und Zuschläge sowie Klimanormierungen.....	223
16.12.3	Berechnung der Abzüge und Zuschläge auf Ebene Energieträgerverbrauchsdaten	224

16.12.4 Klimanormierung.....	225
16.12.5 Periodennormierung	226
16.12.6 Zuschläge auf Ebene Objekt.....	226
16.12.7 Zusammenzug der Ergebnisse je Objekt.....	227
16.13 Weitergehende Überlegungen zum Elektrizitätsverbrauch für Haushalt	228
16.14 Projektteam energetische Erfolgskontrolle	230
16.14.1 Begleitgruppe Auftraggebende	230
16.14.2 Auftragnehmerin und Bearbeitende Personen.....	230

1 Zusammenfassung

1.1 Ziele dieses Projekts

Die Energiefachstellen der Kantone und des Fürstentums Liechtenstein konnten seit der Einführung des MINERGIE-Standards eine grosse Anzahl an Objekten zertifizieren. Dabei wurde festgestellt, dass gewisse Schwierigkeiten in der Umsetzung des MINERGIE-Standards während Planungs-, Ausführungs- und Betriebsphase bestehen. Mittels des Projekts „Praxistest MINERGIE“ wurden diese Probleme bei neuen Wohnbauten objektiv erfasst, ausgewertet und die Grundlagen für Optimierungsmassnahmen geschaffen.

1.2 Analyse vorhandener Unterlagen

Eine Analyse der vorhandenen Unterlagen (Kapitel 2) hat ergeben, dass es im Bereich der Energiemessung und Qualitätssicherung von MINERGIE-Bauten kaum bestehende oder übertragbare Unterlagen gibt. Wohl sind Einzelmessungen vorhanden, diese sind jedoch kaum vergleichbar. Im Bereich der Luftdichtigkeit gibt es keine zugänglichen Messergebnisse.

Eine von Privaten durchgeführte Energiemessung an einer Siedlung mit identischen Haustypen zeigte, dass der Einfluss des Benutzerverhaltens sehr gross, der Einfluss der Bewohnerzahl oder der Energiebezugsfläche jedoch nicht signifikant ist.

Messungen an 9 verschiedenen österreichischen Passivhäusern (EFH, REFH, MFH) haben aufgezeigt, dass starke Schwankungen der Resultate bestehen. Die gemessene Energiekennzahl liegt gegenüber der Berechnung fast durchgängig wesentlich höher. Ebenso übersteigt die gemessene Luftwechselrate n_{50} die Anforderung deutlich. Der gemittelte Stromverbrauch ist unerwartet hoch, während der Energieverbrauch für Warmwasser im Rahmen der Erwartungen liegt.

Eine von einer privaten Firma erstellte Statistik zeigt auf, dass der Warmwasserverbrauch mit der Wohnungsgrösse ansteigt, jedoch extreme Unterschiede (Faktor 10) zwischen sparsamem und verschwenderischem Verhalten vorhanden sind.

Ein Projekt der EMPA bezweckt die Standardisierung und Vereinfachung von Luftdichtigkeitsmessungen bei Niedrigenergiehäusern. Aufgrund von terminlichen Verzögerungen standen die Ergebnisse für dieses Projekt nicht zur Verfügung, jedoch fand eine Zusammenarbeit statt.

Eine Untersuchung der Akzeptanz von Wohnungslüftungsanlagen hat ergeben, dass die Bewohner mit den Lüftungsanlagen zufrieden sind. Hauptsächlichste Kritikpunkte sind der Lärm durch das Lüftungsgerät und infolge Strömungsgeräuschen. Die Mängel sind auf die ungenügende Ausbildung der an der Planung Beteiligten zurückzuführen.

Weiter wurde in einer Schrift das Marketingkonzept von MINERGIE untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass das Potential und der Bekanntheitsgrad von MINERGIE gross sind, der Name jedoch zu stark mit Energiesparen und zu wenig mit Komfortsteigerung verbunden wird.

Eine Untersuchung der gesundheitlichen Aspekte von Komfortlüftungen hat ergeben, dass die betrachteten Anlagen aus hygienischer Sicht problemlos sind. Zum gleichen Schluss kommt eine weitere Studie, welche die Keimzahlen in Komfortlüftungsanlagen untersuchte.

Die deutsche Schrift über die Qualitätssicherung beim Bau von Passivhäusern lässt sich nicht ohne weiteres auf MINERGIE-Bauten übertragen. Sie gibt trotzdem interessante Hinweise z.B. im Bereich der Luftdichtigkeit.

1.3 Auswertung der MINERGIE-Nachweise von 52 Wohnbauten

Zur Untersuchung der Fehler in den Dokumenten, der Strategien zur Erreichung des Standards, der wichtigsten Einflussfaktoren der Wärmebedarfsberechnung und zum Vergleich zwischen Rechen- und Grenzwerten wurde eine Auswertung der Nachweise von 52 realisierten MINERGIE-Wohnbauten erstellt (Kapitel 4).

Die aus den Unterlagen ersichtlichen Strategien zur Erreichung des MINERGIE-Standards umfassen folgende hauptsächlichste Massnahmen:

- Gut gedämmte Gebäudehülle (flächengewichteter U-Wert der Bauteile gegen Aussen $0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$; Dämmstärke ca. 22 cm)
- Fenster mit tiefem U-Wert (flächengewichteter Mittelwert über alle Fenster: $1.12 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Wärmeerzeugung mit Nutzung erneuerbarer Energien (in 85 % der Objekte sind Wärmepumpen, Solaranlagen oder Holzfeuerungen installiert)
- Wärmeverteilung mit tiefen Vorlauftemperaturen (in 64 % der Objekte sind Fussbodenheizungen mit Auslegung der Vorlauftemperatur von höchstens etwa 35°C vorhanden)
- Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung (bei 89 % der EBF-gewichteten Objekte installiert).

Aufgrund dieser Ergebnisse kann gesagt werden, dass die Konzepte in der überwiegenden Zahl der Fälle ausgewogen und wirtschaftlich sinnvoll sind. Ein Vergleich mit konventionellen Neubauten im Kanton Zürich zeigte, dass MINERGIE-Bauten rund 20% besser wärmegeklämt sind.

Häufig wurden Fehler in den SIA-Berechnungen ausgemacht (im Durchschnitt 3 Fehler pro Berechnung), welche Auswirkungen auf die Ergebnisse der Berechnungen hatten. Sie wurden jeweils im Verlauf des MINERGIE-Zertifizierungsverfahrens korrigiert, sodass danach der MINERGIE-Grenzwert sicher eingehalten wurde. Die Mängel betrafen schergewichtig die Energiebezugsflächen, die Berücksichtigung von Wärmebrücken, unvollständige Dämmperimeter und fehlerhafter oder fehlender Einbezug der Lüftungsanlagen. In Zukunft ist deshalb darauf hinzuwirken, dass der Wissensstand von den Personen, welche die Berechnungen durchführen, verbessert wird.

Ein Vergleich der MINERGIE-Grenzwerte mit den MINERGIE-Rechenwerten zeigt auf, dass der Grenzwert bei den Einfamilienhäusern um durchschnittlich 13.8% und bei Mehrfamilienhäusern um 12% unterschritten wird. Knapp die Hälfte der Objekte unterschreitet den Grenzwert deutlich.

1.4 Befragung der beteiligten Akteure

Mittels einer Umfrage wurde der Planungs- und Erstellungsprozess sowie die Nutzungsphase von MINERGIE-Bauten untersucht und diesbezügliche Mängel aufgedeckt (Kapitel 5). Hierfür wurden die Anspruchsgruppen Bauträgerschaft /Nutzende, Architekturschaffende und Haustechnik-Planende schriftlich befragt.

Aus der Analyse der 124 eingegangenen Antworten geht hervor, dass sich aus der Zusammenarbeit unter den am Bau beteiligten Parteien oftmals Probleme ergeben. Diese gehen vor allem auf eine mangelnde Kommunikation zurück. Die Umfrage zeigt auf, dass der Informationsfluss unter den Parteien zu langsam ist. Zudem werden einzelne Parteien zu spät in die Planung miteinbezogen, was zu Abweichungen in der Realisierung führen kann. Damit die Zusammenarbeit unter den Parteien verbessert werden kann, ist es wichtig, dass die Beteiligten ihre Ziele bereits in der Planung/Vorstudie erstmals abstimmen.

Ein weiterer Grund, der für Unstimmigkeiten unter den Parteien sorgt, ist das mangelnde Fachwissen. Jede Partei konzentriert sich primär auf ihren Bereich und berücksichtigt die Anliegen der anderen zu wenig. In der Beurteilung stellen sich die Architekturschaffenden und die Haustechnik-Planenden gegenseitig ein schlechtes Zeugnis aus. Um das Fachwissen

zu verbessern, ist eine Weiterbildung und ein intensiverer Erfahrungsaustausch anzustreben.

Im Sinne eines tiefen Energieverbrauchs ist es besonders wichtig, dass die Nutzenden mit ihren MINERGIE-Bauten vernünftig umgehen. Trotzdem zeigte sich, dass – aufgrund unklarer Zuständigkeit - bei einigen Projekten die Benutzerinstruktion vernachlässigt wurde, was zu einem Fehlverhalten der Nutzenden im Umgang mit dem Gebäude führen kann. Mit einer klareren Regelung der Verantwortlichkeiten für die Benutzerinformation könnte dieses Problem behoben werden.

Der MINERGIE-Standard stellt einerseits hohe Anforderungen an Gebäudehülle und Haustechnik; andererseits wird das Label allein aufgrund des errechneten Energiebedarfs verliehen. Damit sich das Label wirklich als Qualitätsmarke etablieren kann, ist es sehr wichtig, dass die geplanten Werte auch im Betrieb eingehalten werden.

1.5 Auswertung eines MINERGIE-Schulgebäudes im Vergleich zu den untersuchten Wohnbauten

Die vorangegangenen Untersuchungen beschränkten sich ausschliesslich auf Wohnbauten. Um einen Vergleich mit Schulbauten zu erhalten, wurde ein Schulhaus in der Stadt Zürich untersucht (Kapitel 6).

Die zur Zertifizierung eingereichten Unterlagen waren nicht ganz vollständig und mussten im Verlauf der Prüfung ergänzt werden; zudem wurden einige Fehler festgestellt. Das Gebäude weist eine hervorragende gewichtete Energiekennzahl nach MINERGIE auf, welche den entsprechenden Grenzwert wesentlich unterschreitet.

Die U-Werte der opaken Bauteile sowie der Fenster liegen etwas über denjenigen der Vergleichsobjekte, was auf das grössere, aber kompakte Gebäudevolumen (kleinere Hüllzahl) zurückgeführt werden kann. Die Haustechnik weist hingegen kaum nennenswerte Abweichungen auf.

In der Umfrage werden ebenfalls kaum Abweichungen zu den Vergleichsobjekten sichtbar, was die Äusserungen von Bauherrschaft und Nutzenden betrifft.

Aufgrund dieser Ergebnisse liegt der Schluss nahe, dass die Unterschiede zwischen dem untersuchten Schulhaus und den Wohnbauten weniger in der unterschiedlichen Nutzung als in der unterschiedlichen Grösse zu suchen sind.

1.6 Ausführungskontrollen an 13 Wohnbauten im Kanton St. Gallen

Im Zusammenhang mit dem Förderungsprogramm Energie hat der Kanton St. Gallen seit Anfang 2001 bei der Mehrzahl der realisierten MINERGIE-Gebäude Ausführungskontrollen durchgeführt. Ziel dieser Kontrollen ist, die im Label-Antrag definierten Massnahmen am erstellten Gebäude zu überprüfen. Die Kontrollen werden protokollarisch festgehalten. Von den 20 St. Galler Objekten, welche in diesem Projekt untersucht wurden, fand bei 13 Gebäuden eine Ausführungskontrolle statt. Die Protokolle wurden im Rahmen dieser Arbeit zusätzlich ausgewertet (Kapitel 7).

Verglichen mit den Angaben im Label-Antrag wurden bei der Gebäudehülle Abweichungen bei der Dämmstärke, der Bauteilkonstruktion und dem Fenster-U-Wert festgestellt. Diese haben keinen oder sogar einen leicht positiven Einfluss auf den Heizwärmebedarf (und dementsprechend auch auf den MINERGIE-Rechenwert). Auch die Lüftungssysteme entsprachen durchwegs den vorgängig gemachten Angaben, hingegen wurde bei vier Objekten (beinahe einem Drittel der Objekte) das Produkt des Lüftungsgerätes geändert. Gemäss den Protokollen der Ausführungskontrollen wurden im Vergleich mit den Daten in den MINERGIE-Nachweisen gleichwertige Geräte eingebaut. Bei drei Bauten wurden im Label-Antrag für die Wärmeerzeugung keine Produkte angegeben. Die eingebauten Wärmeerzeugungen entsprechen in allen drei Fällen den Angaben im Nachweis. Bei zwei Gebäuden wurden die Produkte geändert, beide entsprechen aber ebenfalls den Daten im Nachweis.

Bei allen kontrollierten Objekten konnten keine Abweichungen festgestellt werden, welche einen negativen Einfluss auf den MINERGIE-Rechenwert haben könnten. Zudem kann vermutet werden, dass die seit Sommer 2003 von MINERGIE verlangten Ausführungsbestätigungen von Bauträgerschaft und Planenden einen positiven Einfluss auf die Abweichungen zwischen Planung und Ausführung haben werden.

1.7 Begleitung der Ausführungsphase von ausgesuchten MINERGIE-Objekten

Ziel dieses Teils der Studie (Kapitel 8) war, die Schwierigkeiten in der Ausführungsphase von MINERGIE-Bauten festzuhalten. Bei sechs ausgewählten Objekten wurden Baustellenbesuche gemacht. Sie bestätigten, dass bei MINERGIE-Bauten gegenüber konventioneller Bauweise keine besonderen Probleme auftauchen. Ausgenommen davon ist einzig die Lüftungsanlage, deren Leitungen einen erhöhten Planungs- und Koordinationsaufwand auslösen.

Dieselben Erkenntnisse konnten aus einer (wenig repräsentativen) Befragung der involvierten Planenden und Unternehmenden gewonnen werden: Probleme werden nicht durch eine anspruchsvollere Gebäudekonzeption oder die grösseren Dämmstärken verursacht, sondern durch die Lüftungsanlage. Sie stellt hohe Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Unterhalt. Da offenbar unter den beteiligten Akteuren (zu) wenig kommuniziert wird, sind Konflikte vorprogrammiert.

Erstaunlich ist das hohe Bewusstsein der Planenden und Unternehmenden hinsichtlich des Einflusses der Luftdichtigkeit auf den Energieverbrauch und den Komfort. Obwohl dieselben Anforderungen wie bei konventionellen Bauten mit Lüftungsanlagen gelten, wird bei MINERGIE-Bauten sowohl in der Planung wie auch auf der Baustelle verstärkt auf die Luftdichtigkeit geachtet. Trotzdem werden nur in seltenen Fällen Messungen durchgeführt.

Auf Basis der vorangegangenen Arbeitsschritte wurde eine einfache Checkliste für Bauträgerschaften erarbeitet, welche 20 Punkte umfasst und der Verbesserung der Qualität von MINERGIE-Bauten dienen soll.

1.8 Luftdichtigkeitsmessungen bei 16 ausgewählten EFH

Im Rahmen dieses Projekts wurden an 16 Einfamilienhäusern in der Ostschweiz (Kantone AR, TG, SG und ZH) Luftdichtigkeitsmessungen durchgeführt (Kapitel 9). Um mit den europäischen Normen und bisherigen Messresultaten kompatibel zu bleiben, wurde in Abweichung zur geltenden SIA-Norm 180 (1999) ein n_{50} -Wert ermittelt. Für diese Messweise existieren in der „alten“ SIA-Norm 180 (1988) Grenzwerte. Das MINERGIE-Reglement macht hingegen keine Aussagen zur Luftdichtigkeit, weshalb auch für MINERGIE-Bauten die SIA-Bestimmungen Geltung besitzen. Der in der MINERGIE-Berechnung eingesetzte Wert für einen flächenbezogenen Luftvolumenstrom wurde überprüft und bei Einfamilienhäusern als sinnvolle Grösse beurteilt.

Die Messungen wurden von einem spezialisierten Unternehmen mittels Blower-Door durchgeführt und von einem Spezialisten der EMPA begleitet.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei knapp zwei Drittel der Objekte die „alten“ SIA-Bestimmungen nicht eingehalten werden. Aufgrund der grossen Verfahrensunsicherheiten ist die Relevanz dieser Grenzwertüberschreitungen aber unklar. Insbesondere die unterschiedlichen Behandlungsweisen der Lüftungsanlagen führten zu grossen Abweichungen der Resultate. Eine rechnerische Abschätzung zeigte auf, dass die Differenz zwischen den schlechtesten Messwerten und dem SIA-Grenzwert energetisch relevant

ist und Einfluss auf die Einhaltung des MINERGIE-Grenzwerts haben kann. Es muss allerdings gesagt werden, dass alle Objekte die Grenzwerte der „neuen“ SIA 180 bei weitem einhalten würden. Trotz den Messunsicherheiten muss aber der Luftdichtigkeit von MINERGIE-Bauten im Sinne einer besseren Qualitätskontrolle in Zukunft während Planungs- und Ausführungsphase mehr Gewicht beigemessen werden.

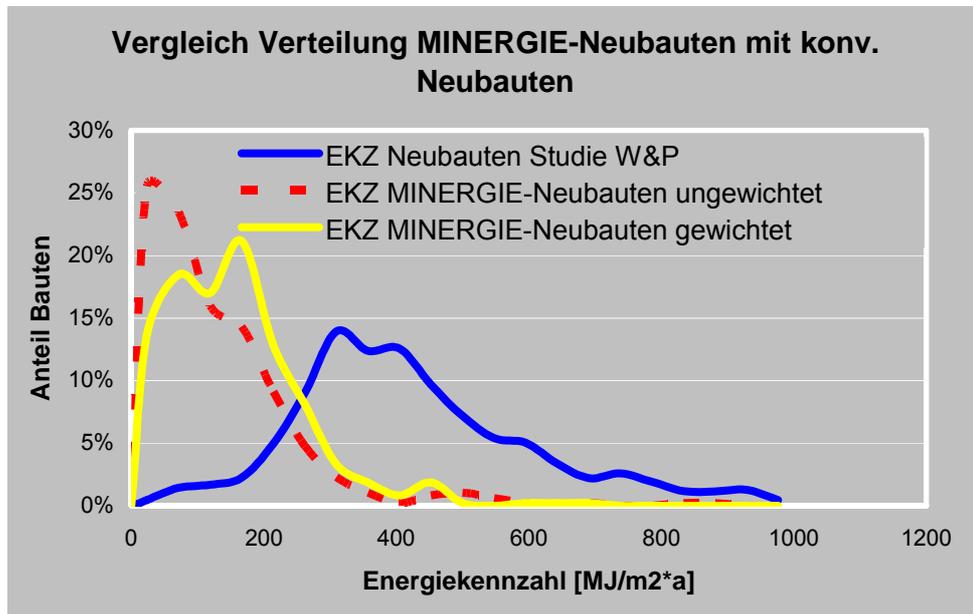
1.9 Erhebung der Energiekennzahlen von über 500 MINERGIE-Bauten

Auf Basis einer schriftlichen Befragung der Bauträgerschaften wurden die Energiekennzahlen von über 500 MINERGIE-Bauten untersucht. Der erzielte Rücklauf der Fragebogen von 50% ist sehr hoch.

Die Mittelwerte sowie die Mediane der Energiekennzahlen der ausgewerteten Objekte liegen bei den Einfamilienhaus-Neubauten leicht, bei den sanierten EFH und MFH deutlich unter und bei den MFH-Neubauten leicht über dem MINERGIE-Grenzwert. Damit bestätigt die Untersuchung, dass MINERGIE-Bauten die gesteckten energetischen Ziele gut erreichen.

Die Abweichung zwischen den erhobenen Energiekennzahlen und den für die Zertifizierung berechneten Werten ist gering. Einzelne untersuchte Objekte überschreiten jedoch den MINERGIE-Grenzwert deutlich. Die Gründe dafür konnten im Rahmen dieser Studie nicht festgestellt werden. Umsomehr ist es notwendig, der Instruktion der Nutzenden sowie der Qualitätskontrolle am Bau vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken.

Ein Vergleich mit einer Untersuchung konventioneller Neubauten aus den Jahren 1998 bis 2000 zeigte, dass in MINERGIE-Neubauten wesentlich weniger als die halbe Energiemenge verbraucht wird (siehe Grafik).



Weiter hat die Auswertung gezeigt, dass Gebäude, welche mit fossilen Energieträgern beheizt werden, deutlich höhere Energiekennzahlen als die mit Wärmepumpen oder Holz beheizten Bauten besitzen. Eine genauere Abklärung dieses Punktes ist zu empfehlen.

1.10 Befragung von Nutzenden zum Thema Zufriedenheit

Gleichzeitig mit der Umfrage zu den Energieverbräuchen wurden die Nutzenden zur Zufriedenheit mit „ihrem“ MINERGIE-Bau befragt.

Anhand der Auswertung von 291 Fragebogen konnte festgestellt werden, dass fast alle Befragten mit dem Wohnkomfort sehr zufrieden bzw. zufrieden sind. Etwas geringer, aber immer noch als hervorragend zu betrachten ist die Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage. Auch die Erwartungen an das MINERGIE-Haus wurden mit wenigen Ausnahmen gut bis sehr gut erfüllt. Das Kosten- / Nutzen-Verhältnis von MINERGIE wird von fast drei Viertel der Befragten als gut bis sehr gut bezeichnet. Insgesamt bestätigt die Umfrage die Ergebnisse der detaillierteren, in dieser Arbeit ebenfalls durchgeführten Befragung der beteiligten Akteure.

Aufgrund dieser fast durchwegs positiven Bewertung ist es nicht erstaunlich, dass 98% der Umfrage-Teilnehmenden MINERGIE weiter empfehlen. Als Gründe für die positive Einstellung werden zu fast gleichen Teilen der Wohnkomfort (47%) und der Umweltschutz bzw. das Energiesparen (43%) erwähnt, während die ökonomischen Aspekte offenbar nur einen geringen Stellenwert besitzen (10%). Negative Aspekte wurden lediglich auf 6% der Fragebogen erwähnt. Sie betreffen fast hälftig den Komfort und die Ökonomie.

1.11 Grundlagen für Optimierungsmassnahmen

Wie Teile der Studie gezeigt haben, erfolgt die Information unter den Akteuren entweder zu spärlich oder zu langsam. Zudem haben die Planenden wenig gegenseitiges Vertrauen, was das Fachwissen angeht. Deshalb wurde bei den Optimierungsmassnahmen das Schwergewicht auf die Kommunikation unter den Beteiligten gelegt.

Unter den Zertifizierungsstellen und den MINERGIE-Organen soll der Informationsaustausch intensiviert und der Praxisbezug verstärkt werden. Ein periodisch versandter Newsletter, der – im Unterschied zur heutigen Lösung - an eine breite Personengruppe gerichtet ist, würde es den Empfängern erlauben, stets auf dem neuesten Stand bezüglich Neuerungen in MINERGIE-Dokumenten, Hilfsmitteln und Schulungen zu bleiben. Die Qualitätssicherung sollte ausserdem vereinheitlicht werden, was z.B. anhand einer erweiterten Checkliste für Stichproben erfolgen könnte. Die Klassifizierung von Lüftungs- und Wärmeeerzeugungsanlagen analog zur europäischen Energieetikette ist ein weiterer Vorschlag. Er zielt auf eine Vereinfachung des Nachweises und eine verbesserte Flexibilität bei der Produktwahl ab.

Im Bereich der Nutzenden wird deren verstärkter Einbezug in die Konzeption der Lüftungsanlage vorgeschlagen, um damit die oft aufgetretenen Probleme mit diesen Anlagen vermeiden zu können. Weiter werden eine verbesserte Instruktion und schriftliche Information über den Gebrauch des Objekts (Handbuch für Nutzende) vorgeschlagen.

Die Wissensdefizite der Planenden sollen mit einer verbesserten Information über die Schulungen sowie einem besseren Schulungsangebot angegangen werden. Spezielle Kurse sollten dem gegenseitigen Verständnis von Architekturschaffenden und Fachplanenden gewidmet werden.

Weitere Vorschläge betreffen die erweiterte Unterstützung der Planenden durch die Ausführenden und Herstellenden, beispielsweise mittels Konstruktionszeichnungen und Ausschreibungstexten, welche auf MINERGIE-Besonderheiten Rücksicht nehmen. Auch die Inbetriebnahme der Haustechnik-Anlagen sollte verstärkt bei Ausführenden und Herstellenden thematisiert werden.

1.12 Erkenntnisse aus diesem Projekt

In der Presse wurden verschiedentlich Artikel publiziert, welche sich kritisch mit MINERGIE auseinandersetzten. Die Hauptvorwürfe betrafen die Differenzen zwischen MINERGIE-Rechenwerten und den tatsächlichen Energieverbräuchen, die mangelnde Kontrolle, die Möglichkeit zur Zielerreichung ausschliesslich mit haustechnischen Massnahmen bzw. mit erneuerbarer Energie (z.B. mittels Wärmepumpe) und bauphysikalische Probleme. Die grosse Anzahl an Fehlern in den Nachweisen erweckte zudem bei den Fachpersonen der Zertifizierungsstellen den Eindruck, dass MINERGIE-Bauten in der Praxis erhebliche Mängel zeigen.

Diese Vorwürfe liessen sich anhand der Untersuchungsergebnisse nicht bestätigen. Die Kontrollen der Zertifizierungsstellen erwiesen sich bei den Nachweisen als effektiv, und bei den Ausführungskontrollen wurden keine Abweichungen mit negativen Folgen auf den Energieverbrauch gegenüber den Nachweisen festgestellt. Anhand der Angaben in den Nachweisen konnte ergründet werden, dass die Gebäudekonzepte in der überwiegenden Zahl sinnvoll und ausgewogen sind. Auch die Untersuchung der Energiekennzahl von über 500 Bauten bestätigte, dass die tiefen Energieverbräuche in der Praxis erreicht werden.

Wie die Analysen zeigen, sind MINERGIE-Bauten zwar besser wärmege-dämmt und besitzen Wärmeerzeugungsanlagen, welche in grösserem Umfang erneuerbare Energien nutzen als konventionelle Gebäude. Bezüglich Planung und Ausführung sind sie aber nicht wesentlich aufwändiger.

Den grössten Unterschied macht die Lüftungsanlage aus, welche eine verstärkte Koordination unter den Planenden erfordert. Gerade in diesem Punkt bestehen aber generell Probleme: Wie die Umfrage gezeigt hat, erfolgt die Information unter den Akteuren entweder zu spärlich oder zu langsam. Auch haben die Planenden wenig gegenseitiges Vertrauen, was das Fachwissen angeht.

Deshalb muss bei den Optimierungsmassnahmen das Schwergewicht auf die Kommunikation unter den Beteiligten und die Verbesserung des Fachwissens gelegt werden; dementsprechend zielen fast alle Vorschläge auf die gegenseitige Information und die Schulung der Akteure ab.

Es kann aber gesagt werden, dass der MINERGIE-Standard weder in der Planung noch in der Ausführung oder der Nutzung von Wohnbauten neue Probleme verursacht. Vielmehr werden durch teilweise höhere Qualitätsanforderungen bereits vorhandene Konfliktpunkte akzentuiert.

2 Projektziele

2.1 Ausgangslage

Bisher (Stand: Frühjahr 2003) konnten die Energiefachstellen der Kantone und des Fürstentums Liechtenstein bereits rund 1800 Objekte zertifizieren. Die während des Vollzugs gesammelten praktischen Erfahrungen zeigen auf, dass gewisse Schwierigkeiten in der Umsetzung des MINERGIE-Standards während Planungs-, Ausführungs- und Betriebsphase bestehen. Mittels dieses Projekts sollen diese Probleme bei neuen Wohnbauten objektiv erfasst, ausgewertet und damit Grundlagen für Optimierungsmassnahmen geschaffen werden.

In diesem Projekt geht es ausschliesslich um die Praxisseite des MINERGIE-Standards; eine Optimierung des im Oktober 2002 eingeführten überarbeiteten MINERGIE-Nachweisverfahrens steht nicht zur Diskussion. Ebenfalls nicht berücksichtigt bleiben Probleme, welche nicht MINERGIE-spezifisch sind, wie z.B. Fragen rund um den Energienachweis.

2.2 Probleme und Fehler in der Planung feststellen

In der Planungsphase sind die teilweise noch optimierungsfähigen Energiekonzepte, andererseits die häufig auftretenden Probleme im Zusammenhang mit unvollständigen oder falsch ausgefüllten MINERGIE-Nachweisen aufgefallen. Weiter wurden Schwierigkeiten mit den Anpassungen des MINERGIE-Standards festgestellt. In dieser Studie sollen die Ursachen für die erwähnten Punkte untersucht werden.

2.3 Probleme und Fehler in der Ausführung feststellen

Die MINERGIE-Zertifizierungsstellen führen eine stichprobenweise Überprüfung der Ausführung im Sinne einer Qualitätskontrolle [7]¹ durch. Im Rahmen dieses Projekts soll eine Checkliste zur Vermeidung von Ausführungsfehlern anhand der Begleitung von ausgewählten MINERGIE-Bauten erarbeitet werden. Da auch bei MINERGIE-Bauten der Lüftungswärmebedarf einen grossen Anteil am gesamten Wärmebedarf ausmacht, sollen ausserdem einzelne Objekte auf ihre Luftdichtigkeit hin überprüft werden. Zusätzlich soll das Benutzerverhalten, das einen grossen Einfluss auf den Energieverbrauch hat, mittels einer Befragung analysiert werden.

¹ Gemäss QS MINERGIE sind mindestens 10% der Bauten zu kontrollieren.

2.4 Überprüfung der Energiekennzahlen

Ein weiterer Teil dieser Studie stellt die Überprüfung des Energieverbrauchs von MINERGIE-Bauten dar. Mittels Analyse einer grossen Anzahl von Gebäuden soll festgestellt werden, wie gut die tatsächlichen Energieverbräuche mit den entsprechenden MINERGIE-Grenzwerten korrespondieren bzw. ob die im Zertifizierungsverfahren errechneten Energiekennzahlen einigermassen der Praxis entsprechen.

2.5 Grundlagen für Optimierungsmassnahmen erarbeiten

Anhand der vorangegangenen Arbeitsschritte sollen anschliessend die Erkenntnisse interpretiert und als Grundlagen für Optimierungsmassnahmen zur Verfügung gestellt werden.

3 Analyse vorhandener Unterlagen

3.1 Erhebungen MINERGIE-Geschäftsstelle / Verein

Gemäss Auskunft seitens der MINERGIE-Agentur Bau sind keine mit dieser Arbeit thematisch direkt verwandten Unterlagen bekannt.

3.2 Erhebungen anderer Kantone, Fachhochschulen oder Institute

3.2.1 Messungen bestehender MINERGIE-Bauten

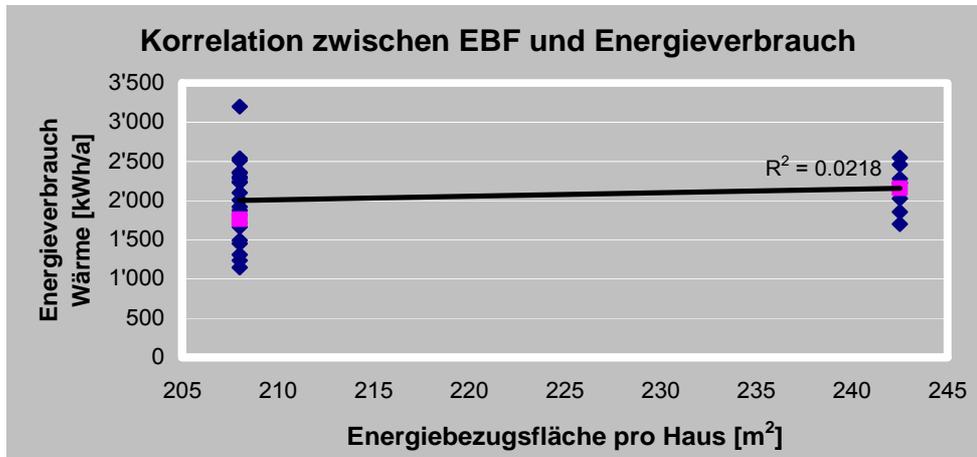
Es wurden bereits diverse MINERGIE-Einzelobjekte mittels Energiemessungen überprüft. Diese Ergebnisse sind jedoch auf Grundlage unterschiedlicher Messverfahren erhoben worden und deshalb kaum vergleichbar. Bezüglich Luftdichtheitsmessungen sind keine zugänglichen Ergebnisse bekannt.

3.2.2 Solarsiedlung am Chräbsbach in Winterthur Oberseen

Diese Siedlung, welche aus zwei verschiedenen Reihenhaus-Typen (total 35 Einheiten, davon konnten 32 ausgewertet werden) besteht, weist eine ausserordentlich tiefe Energiekennzahl auf. Sie zeichnet sich durch hohe Dämmstärken, Superverglasungen und den Einsatz von Vakuumröhrenkollektoren aus. Besonders interessant ist diese Siedlung, weil die Messungen in zahlreichen identischen Häusern durchgeführt wurden und deshalb Rückschlüsse auf das Benutzerverhalten erlauben.

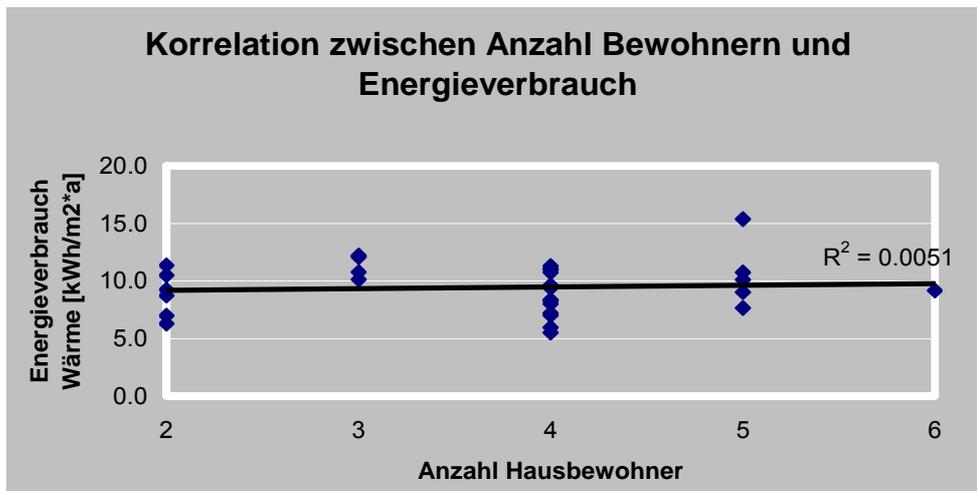
Die Auswertung zeigt, dass innerhalb derselben Haustypen grosse Unterschiede bezüglich des Energieverbrauchs bestehen. Der Mittelwert der Energiekennzahl Wärme (Heizung, Lüftung, Warmwasser) beträgt rund 9.4 kWh/m²a, die Standardabweichung 2.2 kWh/m²a. Trotz der grossen Streubreite wird bei allen 32 ausgewerteten Einheiten der MINERGIE-Grenzwert bei weitem unterschritten. Selbst die berechneten Energiekennzahlen [10] werden in der Praxis nur bei einer Einheit erreicht. Der äusserst tiefe Energieverbrauch für Wärme spiegelt sich auch darin, dass der Energieverbrauch für Haushaltsstrom² rund doppelt so hoch ist.

² Standardnutzung gemäss SIA 380/1 (2001) für EFH: 80 MJ/m²a (22 kWh/m²a)



Grafik 1: Korrelation zwischen Hausgrössen (2 Typen) und Energieverbrauch

Wie Grafik 2 entnommen werden kann, ist keine eindeutige Korrelation zwischen Anzahl Bewohnern und Energieverbrauch zu erkennen.



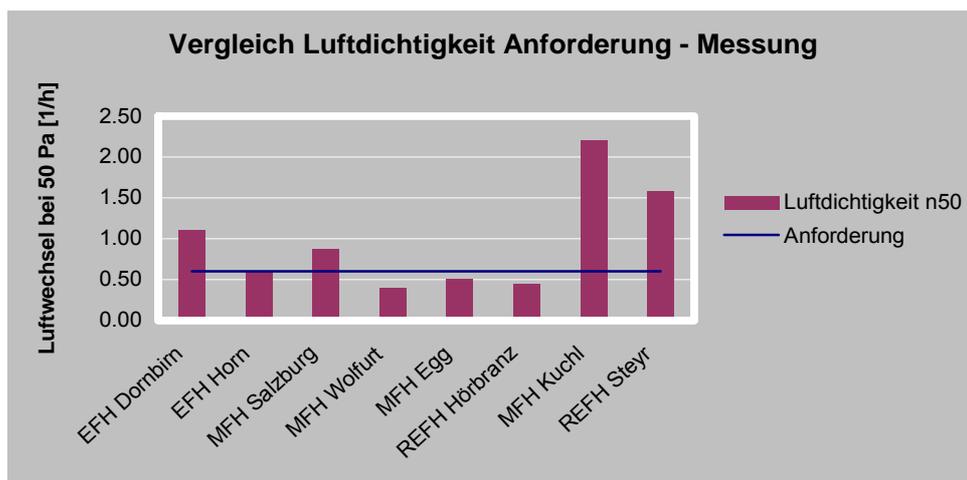
Grafik 2: Korrelation zwischen Bewohneranzahl und Energieverbrauch

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Verhalten der Nutzenden auf den Energieverbrauch grösseren Einfluss als die Anzahl Bewohner oder die Wohnungsgrösse hat.

3.2.3 Untersuchungen des Vorarlberger Energieinstituts an 9 Passivhäusern

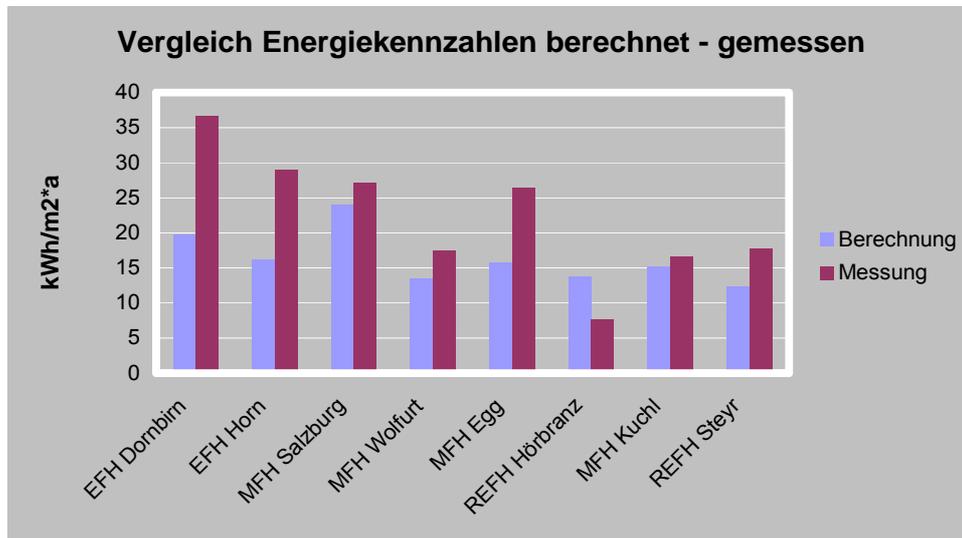
Das Vorarlberger Energieinstitut hat im Rahmen des CEPHEUS-Projekts neun Passivhäuser eingehend untersucht. Unter anderem wurden Messungen von Luftdichtigkeit und Energieverbrauch vorgenommen, welche hier besonders interessieren. Da die Ergebnisse für jedes Haus separat vorlagen, wurde eine vergleichende Auswertung erstellt.

Die Luftdichtigkeit der untersuchten Gebäude konnte den gemäss Passivhaus-Institut zu erreichenden n_{50} -Wert von 0.6/h im Mittel bei weitem nicht erreichen (Mittelwert über alle Gebäude: 0.96/h); die Abweichung ist mit über 60% signifikant. Bei einigen Häusern wird der geforderte n_{50} -Wert jedoch erreicht oder gar unterschritten, sodass gesagt werden kann, dass er sich bei sorgfältiger Planung und Ausführung einhalten lässt.



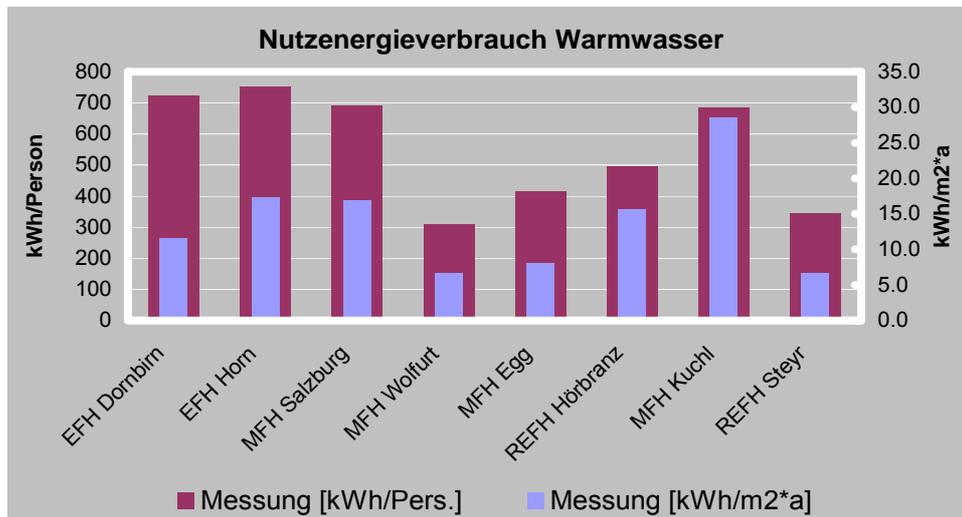
Grafik 3: Vergleich der Luftdichtigkeit von 9 Passivhäusern zwischen Ist und Soll

Bezüglich der Energiekennzahlen Wärme zeigt sich ebenfalls ein heterogenes Bild. Auch hier besteht eine signifikante Abweichung zwischen berechneten und gemessenen Werten (im Mittel 36%).



Grafik 4: Vergleich zwischen berechneten und gemessenen Energiekennzahlen

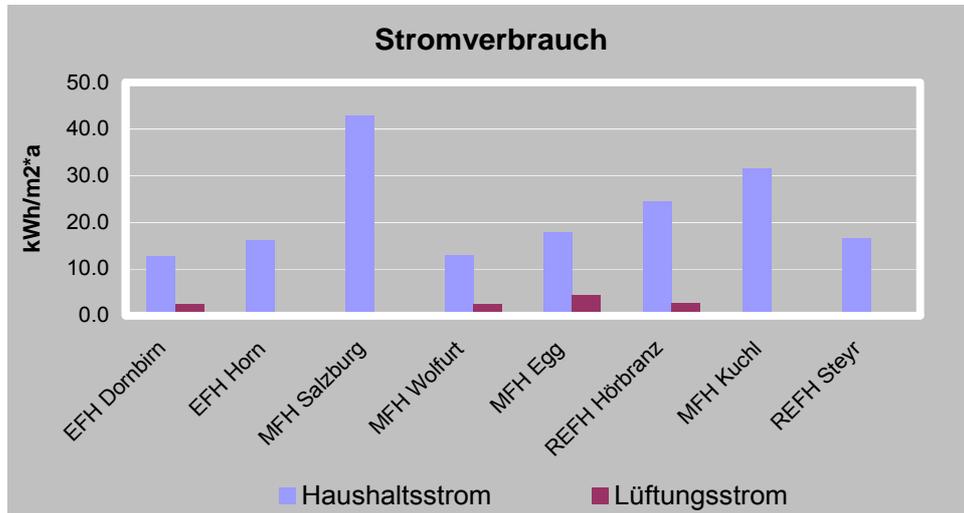
Weitere Messungen betrafen den Energieverbrauch für Warmwasser. Die auf die Energiebezugsfläche umgelegten Verbräuche schwanken erwartungsgemäss stärker als jene, die sich auf eine Person beziehen. Der Mittelwert der gemessenen Objekte (ohne Berücksichtigung der unterschiedlichen Messweise der EBF) beträgt $14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und erreicht damit exakt den Standardwert der SIA 380/1 (2001) für Q_{WW} in EFH von $50 \text{ MJ/m}^2\text{a}$.



Grafik 5: Energieverbrauch für Warmwasser, bezogen auf EBF bzw. auf eine Person

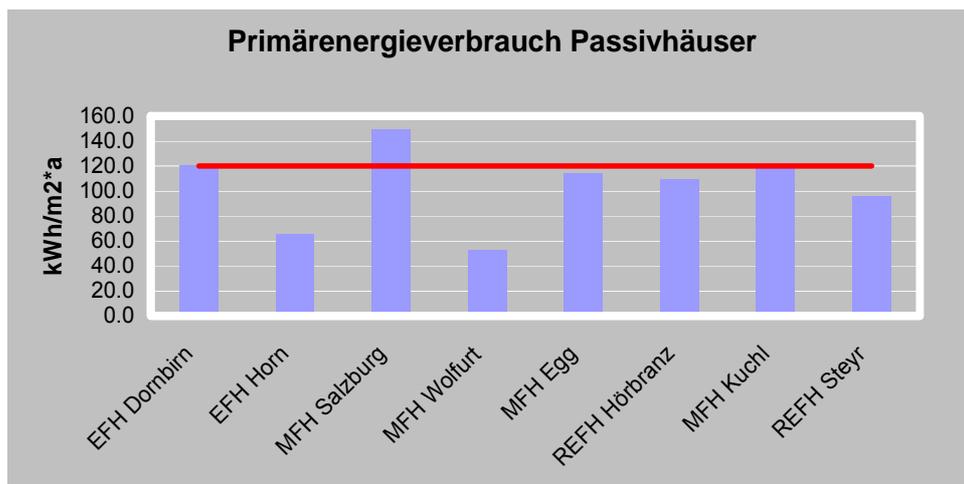
Ebenfalls sind starke Schwankungen unter den Objekten beim Stromverbrauch festzustellen. Leider wurden nicht alle Objekte bezüglich des Stromverbrauchs für die Lüftungsgeräte gemessen; er beträgt bei den 4 erhobenen Objekten im Mittel $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Der Mittelwert des Haushalt-

stromverbrauchs beträgt rund 21.9 kWh/m²a. Er erreicht damit ziemlich genau den Wert für die Einfamilienhaus-Standardnutzung der SIA-Norm 380/1 (2001).



Grafik 6: Stromverbrauch für Haushalt und Lüftungsanlage

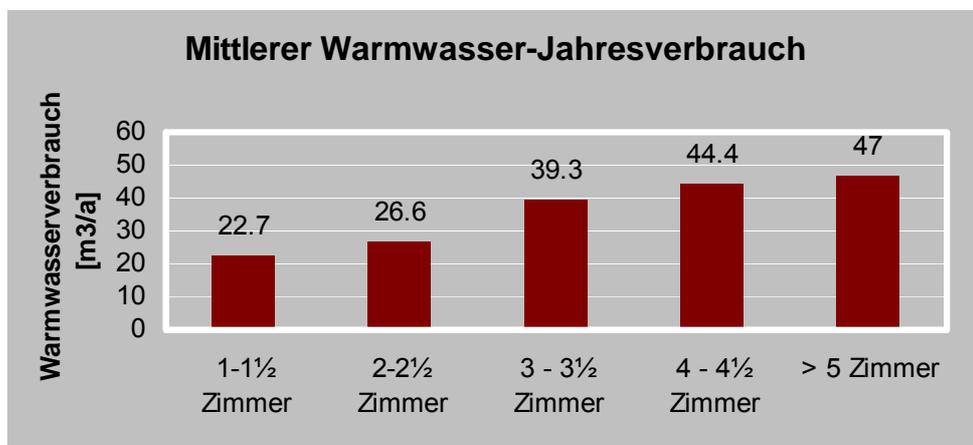
Ein etwas homogeneres Bild zeigt sich beim kumulierten Primärenergieverbrauch (Heizung, Warmwasser, Hilfs- und Haushaltsstrom). Fast durchgängig wird der Grenzwert von 120 kWh/m²a erreicht; nur ein Objekt überschreitet den Grenzwert deutlich, während zwei Objekte deutlich unter dem Grenzwert liegen.



Grafik 7: Primärenergieverbrauch der untersuchten Passivhäuser

3.2.4 Erhebung des Warmwasserverbrauchs anhand von 17'000 Wohnungen

Die Westschweizer Firma Alfred Aubort SA führt individuelle Heizkostenabrechnungen für Liegenschaftensbesitzer und –verwaltungen durch. Auf Basis dieser Verbrauchsmessungen erstellte die Firma 1994 eine Statistik des Warmwasserverbrauchs. Der mittlere Jahresverbrauch belief sich auf 33.5 m³ pro Wohnung, wobei die Schwankung je Wohnungstyp zwischen tiefstem und höchstem Verbrauch Faktor 10 betrug.



Grafik 8: Mittlere Warmwasser-Verbräuche, auf Wohnungstypen aufgeschlüsselt

Die sehr ungleiche Verteilung der Verbräuche zeigt sich auch daran, dass (bei einer aufsteigenden Sortierung der Ergebnisse) in derjenigen Hälfte der untersuchten Wohnungen mit sparsamem Verbrauch durchschnittlich 7.3 m³/a konsumiert wurden, während in der anderen Hälfte 59.7 m³/a verbraucht wurden.

3.2.5 Projekt „Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern“

Die EMPA führt momentan ein Projekt „Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern“ durch (Projektleiter: Christoph Tanner). Es bezweckt die Erarbeitung eines vereinfachten Messverfahrens sowie einer Messanleitung. Die Ergebnisse des EMPA-Projekts liegen wegen einer Verzögerung für die Durchführung der in diesem Projekt vorgesehenen Messungen noch nicht vor. Die in diesem Projekt durchgeführten Messungen (siehe Kapitel 9) werden aber umgekehrt dazu dienen, dem EMPA-Projekt zu weiteren Daten und Erfahrungen zu verhelfen.

3.3 Literatur

3.3.1 Akzeptanz von Komfortlüftungen im Wohnungsbereich

Diese Schrift [1] basiert auf einer Umfrage unter Architekturschaffenden und Investoren. Die hauptsächlichen Aussagen sind, dass die Ausbildung der Beteiligten unzureichend sei und die Lüftungsanlagen deshalb Mängel wie Lärmentwicklung und Geruchsübertragung aufweisen. Diejenigen Befragten, welche wissen, was eine Komfortlüftung ist (gut 60%), verbinden diese oft mit Vorurteilen. Die Benutzer klagen hauptsächlich über Lärmprobleme, loben jedoch die gute Luftqualität sowie den gesteigerten Komfort.

Interessant ist der Vergleich von Nachteilen der Komfortlüftung zwischen Mieterinnen und Mietern mit und ohne Komfortlüftung. Die Vorurteile Verlust des Aussenbezugs und Kosten bestätigen diejenigen, welche Erfahrungen mit Komfortlüftungen gesammelt haben, nicht. Sie nennen hingegen Probleme wie Motorgeräusch, Geruchsbelästigung und Geräusche durch zirkulierende Luft, welche Nutzende ohne Komfortlüftungserfahrungen kaum erwähnten.

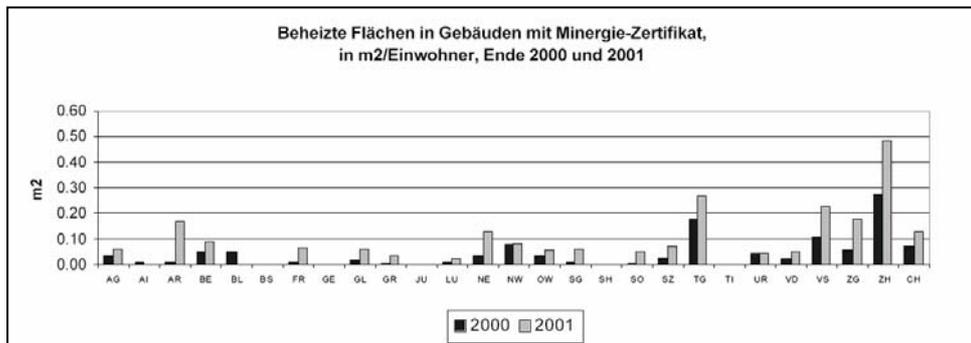
Ähnlich sieht das Bild bei den Vorteilen der Komfortlüftung aus. Die (positiven) Vorurteile Reduktion der Aussenimmissionen und Luftqualitätsverbesserung bei Rauchern werden durch die Mieterinnen und Mieter mit einschlägigen Erfahrungen weniger bestätigt als Themen wie Energiepareffekte, ökonomische Effekte, guter Luftwechsel, Allergiereduktion und Feuchtigkeitsschäden.

Gesamthaft sind die Personen, welche eine Wohnung mit Komfortlüftung bewohnen, zufrieden mit der Lüftungsanlage (Note 4.7 auf einer Skala von 1 bis 6).

3.3.2 Marketing- und PR-Strategie MINERGIE und Passivhaus

Die Empfehlungen für eine Marketing- und PR-Strategie MINERGIE und Passivhaus [2] sind auf Grundlage umfassender Umfragen sowie der Auswertung bestehender Literatur entstanden.

Der MINERGIE-Gebäude-Standard ist, obwohl (zum Zeitpunkt der Abfassung der Studie) erst seit rund vier Jahren auf dem Markt, schon recht gut etabliert. Die Marktentwicklung ist erfreulich und wird im Markt wahrgenommen. Die Entwicklung ist regional allerdings sehr unterschiedlich und ist bis heute stark auf den Neubau konzentriert.



Grafik 9: Regional unterschiedliche Marktdurchdringung von MINERGIE

Die Marktchancen sind für MINERGIE intakt, da Qualitätsstandards im Bauwesen an Bedeutung gewinnen dürften. Die Hälfte der Befragten rechnet in 10 Jahren mit einem Marktanteil bei Neubauten zwischen 20 – 40%. Die Prognosen für den Sanierungsbereich liegen bei einem Anteil von unter 5%.

Die wichtigsten Markthindernisse sind die – gegenüber der konventionellen Bauweise – höheren Investitionskosten. Auch sind bei den Investoren inhaltliche Informationsdefizite zum MINERGIE-Konzept vorhanden. Die MINERGIE- und Passivhaus-Elemente für eine Marketingstrategie Zusatznutzen (Wohnkomfort, Werterhalt) sind noch zu wenig profiliert, um die Kosten/Nutzen-Betrachtung entscheidend zu beeinflussen. Der eingeführte Namen „MINERGIE“ fokussiert dabei die Energieaspekte und zu wenig die Zusatznutzen.

3.3.3 Gesundheitliche und ökologische Aspekte von Komfortlüftungen im Wohnbereich

Diese Untersuchung [3] besteht aus mehreren Teilprojekten, von denen erst die Literatursauswertung, die Marktübersicht und die gesundheitlichen Aspekte abgeschlossen wurden.

Wie die Literatursauswertung ergab, bestehen bereits viele Schriften zum Thema Hygiene; noch wenig untersucht sind hingegen die spezifischen Anforderungen an Wohnungslüftungsanlagen.

Eine Marktanalyse zeigt, dass es bereits eine Vielzahl an Systemen gibt. Es fehlt allerdings noch an Wissen, welche Kriterien zu einer funktionell und hygienisch einwandfreien Anlage führen.

Zur Beurteilung der gesundheitlichen Aspekte wurden Messungen in vier Gebäuden durchgeführt. Die lufthygienischen Verhältnisse in den Wohnungen wurden überall als einwandfrei und der Einfluss der Lüftungsanlagen als positiv beurteilt. Trotzdem wurden diverse Planungsfehler festge-

stellt, besonders wurde der Wartungs- und Reinigungsfreundlichkeit zu wenig Beachtung geschenkt.

3.3.4 Mikrobielle Untersuchungen von Luftansaug-Erdregistern

Am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich wurde eine Studie zu den lufthygienischen Aspekten von Luftansaug-Erdregistern [5] durchgeführt. Es wurden 12 Anlagen untersucht, wovon vier bei Einfamilienhäusern, zwei bei Mehrfamilienhäusern und sechs bei Bauten mit diverser Nutzung im Einsatz sind. An verschiedenen Stellen der Anlagen und in verschiedenen Jahreszeiten wurden Messungen zu Pilzsporen- und Bakterienkonzentrationen durchgeführt.

Die Resultate der Messungen zeigen in den meisten Anlagen tiefere Keimkonzentrationen in der Luft am Ende des Erdregisters im Vergleich mit den Aussenluftkonzentrationen. Die nach den Erdregistern eingebauten Filter reduzieren die Keimzahlen deutlich, sodass die Zuluft aller Anlagen deutlich weniger Pilzsporen und Bakterien als die Aussenluft enthielt. Nach Erfahrungswerten liegen die gemessenen Raumlufkonzentrationen im tiefen bis mittleren Bereich. Allerdings wurde ebenfalls festgestellt, dass die Konzentration einzelner Pilzarten in den Erdregistern zugenommen hat; auf die Raumlufqualität hat dies aber keinen Einfluss.

In den Schlussfolgerungen wird erwähnt, dass die Luftfassung mit einem Grobstaubfilter versehen werden sollte und nicht an Orten platziert wird, wo die Belastung durch Luftkeime gross ist. Die Rohre der Erdregister sollten ein Gefälle aufweisen, sodass entstehendes Kondensat abfließen kann. Gerippte Rohre werden als hygienisch nachteilig angesehen. Wichtig ist der Einsatz geeigneter Filter, deren regelmässige Kontrolle empfohlen wird. Ebenso sollte das Erdregister periodisch gereinigt werden.

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse wurde festgehalten, dass der Einsatz von Luftansaug-Erdregistern aus lufthygienischer Sicht unproblematisch ist.

3.3.5 Qualitätssicherung beim Bau von Passivhäusern

Dieser Sammelband von verschiedenen Artikeln des deutschen Passivhaus-Instituts [4] beschlägt die Themen Integrale Planung, Wärmeverluste in Dämmungs-Hohlräumen, Qualitätskontrolle bei der Bauausführung, Luftdichtigkeitsprüfung, Qualitätssicherung bei der Haustechnik, thermografische Untersuchungen sowie eine Checkliste zur Qualitätssicherung.

Der Beitrag von W. Feist stellt folgende Forderungen an die Planung auf: Wärmebrückenfreie und luftdichte Konstruktion, Fenster mit U_W -Wert von max. $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ sowie hocheffiziente Lüftungs- und Elektroanlagen.

Im Artikel zu den Wärmeverlusten in Dämmungs-Hohlräumen wird gesagt, dass Hohlräume mit einer Spaltbreite zwischen 1 und 5 mm keine grosse Auswirkung auf den U-Wert des Wandaufbaus besitzt; bei einer Spaltbreite von 10 mm und grösser wird der Einfluss jedoch deutlich (in der Versuchsanordnung wurde bei 10 mm eine Erhöhung von rund 14% festgestellt; bei 40 mm betrug sie 54%).

Der Beitrag zur Qualitätskontrolle in der Bauausführung postuliert als Grundlage für eine Kontrolle eine präzise Planung und Ausschreibung, in welcher alle Konstruktionen und Anschlüsse bestimmt wurden. Zudem seien die energetisch relevanten Baustoffeigenschaften festzulegen und den Beteiligten zu kommunizieren. Als häufige Mängel werden Abweichungen zwischen Planung und Ausführung, Verwendung anderer (billigerer) Materialien und mangelhaft ausgeführte Bauteilanschlüsse angeführt.

Der Überprüfung der luftdichten Bauweise widmet sich ein weiterer Artikel. Darin wird gefordert, dass die Festlegung der luftdichten Ebenen in der Fläche, an den Verbindungen und den Durchdringungen von Bauteilen erfolgen soll. Dabei sollen auch die Ausführenden einbezogen werden, um praxisnahe Lösungen zu entwickeln. Anschliessend wird das Vorgehen und die Interpretation von Blower-Door-Messungen sowie von Messungen mit Hilfe des eingebauten Lüftungsgeräts beschrieben.

Um die Qualitätssicherung in der Haustechnik geht es in einem nächsten Beitrag. Darin wird zunächst auf die wichtige Rolle der vorgängigen, korrekten Berechnung hingewiesen, da im Passivhaus die Anlagenauslegung sensibler als bei konventionellen Bauten sei und falsche Dimensionierung technische, finanzielle und ökologische Probleme verursacht. Sodann wird empfohlen, dass die Ausschreibungen eine möglichst exakte Beschreibung der Anlage mit den gewünschten Anforderungen enthalten und in den Vorbemerkungen auf die spezielle Bauweise hingewiesen wird. In der Bauausführung sollen alle Gewerke frühzeitig abgestimmt und die Montage kontinuierlich überwacht werden. Als letztes soll eine Instruktion der Nutzenden erfolgen und eine Checkliste für die Wartung erstellt werden.

Das Kapitel zur Ausführungskontrolle durch thermografische Untersuchungen enthält die theoretischen Grundlagen und das Vorgehen solcher Analysen.

Der letzte Abschnitt widmet sich der Ausstattung zur Qualitätssicherung und einer „Checkliste Passivhaus“. Darin wird die für die Qualitätssicherung notwendige Grundausstattung technischer Geräte beschrieben. Die Checkliste führt nochmals die Kriterien für ein energie- und qualitätsoptimiertes Passivhaus auf.

4 Auswertung der MINERGIE-Nachweise von 52 neu erstellten Wohnbauten

4.1 Ausgangslage

Für die Prüfung der MINERGIE-Zertifizierungsanträge sind die von den Kantonen bezeichneten Prüfstellen zuständig. Diese stellten im Vollzug des MINERGIE-Standards diverse Probleme fest. Zur Objektivierung der erkannten Schwierigkeiten dient unter anderem eine Untersuchung der Nachweise von 52 neu erstellten MINERGIE-Wohnbauten. Die Analyse erfolgte im Anschluss an die Prüfung durch die Zertifizierungsstellen. Deshalb beziehen sich alle nachfolgenden Aussagen auf die entsprechend korrigierten Unterlagen.

4.2 Vorgehen

4.2.1 Objektauswahl

4.2.1.1 Bestimmung geeigneter Objekte

Die Objektauswahl wurde in Zusammenarbeit mit der Projektleitung und den Vertretern der entsprechenden Kantone im Februar/März 2003 getroffen. Grundsätzlich wurden kantonstypische Bauten ausgewählt. Die genauen Auswahlkriterien befinden sich im Anhang 16.1.

Aus dem Kanton Appenzell Ausserrhoden wurden ein Mehrfamilienhaus und vier Einfamilienhäuser berücksichtigt. Typischerweise sind alle Bauten mit Solaranlage ausgestattet. Alle Einfamilienhäuser sind in Holzbauweise erstellt.

Die beiden Bauten aus dem Kanton Glarus wurden Ende 2002 fertiggestellt. Sie unterscheiden sich bezüglich Bauweise und Wärmeerzeugung.

Abgesehen von einem Mehrfamilienhaus handelt es sich bei den erfassten Bauten aus dem Kanton St. Gallen um Einfamilienhäuser; sie sind zumeist noch nicht lange bewohnt. Es wurde auf eine gute Durchmischung von unterschiedlicher Bauweise, Wärmeerzeugungs- und Lüftungssystemen geachtet.

Für den Kanton Thurgau wurden vier Einfamilienhäuser und ein Reihenhäuser untersucht. Es wurde auf eine gute Durchmischung von unterschiedlicher Bauweise, Wärmeerzeugungs- und Lüftungssystemen geachtet.

Aus dem Kanton Zürich wurden vorwiegend Mehrfamilienhäuser oder Siedlungen mit Einfamilienhausnutzungen berücksichtigt. Es sind zudem

einige Bauten, welche schon mehrere Jahre alt sind, einbezogen worden. Auch hier wurde auf eine gute Durchmischung von unterschiedlicher Bauweise, Wärmeerzeugungen und Lüftungssystemen geachtet.

Als Vergleichsobjekt, mit welchem überprüft werden soll, ob sich die erkannten Tendenzen auch auf andere Nutzungskategorien übertragen lassen, wurde ausserdem ein Schulhausneubau in die Untersuchung aufgenommen (siehe Kapitel 6). Da es sich um das einzige Dienstleistungsgebäude handelt, wurden dessen Daten in den nachfolgenden Auswertungen nicht berücksichtigt.

Bauten mit speziellen Energiekonzepten wie beispielsweise Saisonspeicher, spezielle solare Gewinnssysteme oder Bauten, welche im Bereich des MINERGIE-P Standards liegen, wurden nicht berücksichtigt.

4.2.1.2 Anzahl der Objekte

Aufteilung nach Nutzung der erfassten Objekte:

Nutzung	Anzahl Objekte
Einfamilienhäuser	41
Mehrfamilienhäuser	11

Die geographische Verteilung der Objekte stellt sich wie folgt dar:

Kanton	Anzahl Objekte
Appenzell Ausserrhoden	5
Glarus	2
St. Gallen	20
Thurgau	5
Zürich	20

4.2.2 Erfassung der benötigten Daten

Die Erfassung der Daten erfolgte mit Hilfe einer eigens entwickelten Datenbank-Applikation jeweils vor Ort in den Büros der kantonalen Energiefachstellen. Die Nachweise und Planunterlagen wurden direkt ausgewertet, da die Dokumente der Objekte teilweise erheblichen Umfang besitzen. Im gleichen Arbeitsgang wurden auch diejenigen Objekte bestimmt, die sich für eine Kontrollmessung der Luftdichtigkeit eignen. Von diesen Ob-

jekten wurden die wichtigsten Unterlagen kopiert, damit sie nachher den mit der Messung betrauten Fachleuten ebenfalls zur Verfügung stehen.

4.2.3 Auswertung der erfassten Daten

Die Auswertung und die Plausibilitätsüberprüfung erfolgte in einem ersten Schritt innerhalb der Datenbankapplikation. Für die grafische Aufbereitung der Ergebnisse wurden die Daten in eine Tabellenkalkulation übernommen. Zur Normalisierung der Daten wurde wo möglich eine geeignete Bezugsgrösse gewählt.

4.3 Resultate und deren Interpretation

4.3.1 Allgemeines

4.3.1.1 Vollständigkeit der Unterlagen

Die Erfassung der Objekte hat gezeigt, dass die Vollständigkeit der Unterlagen grosse Unterschiede aufweist. Die Auswirkungen auf die Prüfung der Unterlagen, respektive auf die berechnete Energiekennzahl sind unterschiedlich. In erster Linie fehlen aber Informationen für eine ausreichende Prüfung der Gesuchsunterlagen bzw. eine Beratung oder Optimierung. Bei fehlenden Angaben zur Luftverteilung kann beispielsweise nicht überprüft werden, ob tatsächlich alle bewohnten oder regelmässig benutzten Räume belüftet werden, oder allenfalls auf die Belüftung eines Raums verzichtet wird.

Die am häufigsten angetroffenen Mängel bezüglich der Vollständigkeit der Unterlagen sind:

- Angaben zu Luftführung und -mengen (Schema, Tabelle) fehlen
- Angaben zu Wärmeerzeugungs-Komponenten und deren Funktionen (Schema, Auflistung) fehlen
- Plangrundlagen sind unvollständig
- Energiebezugsfläche und Bauteile sind in den Plänen nicht eingezeichnet
- Angaben zur Gebäudehülle (Fenster, Wärmedämmungen, Bauteilaufbauten) sind unvollständig

In der Regel können die fehlenden Angaben während der Prüfung des Antrages noch eingefordert werden. Dies verursacht jedoch zusätzlichen Aufwand für die Zertifizierungsstellen. Es ist allerdings zu erwähnen, dass im neuen MINERGIE-Nachweisformular (Version 8) klar definiert ist, welche Beilagen zur Zertifizierung erforderlich sind.

4.3.1.2 Häufige Fehler

Im Zusammenhang mit der Berechnung des Heizwärmebedarfes nach SIA 380/1 wurden folgende Fehler gehäuft festgestellt:

Nr.	Fehler	Beispiel	Bemerkung
1	Energiebezugsfläche im Untergeschoss	unbeheizte Räume, welche zur EBF gezählt werden, wie beispielsweise Technik und Schutzräume	in SIA-Norm 180 (Ausgabe 1999) resp. 380/1 definiert Seit Anfang 2003 Merkblatt „Untergeschosse besser dämmen“ [18] vorhanden
2	Energiebezugsfläche im Dachgeschoss bei Dachschrägen	unterschiedliche Vollzugspraxis erkennbar	nicht abschliessend definiert Siehe auch 4.5.4
3	Lücken im Wärmedämmperimeter, welche nicht korrekt berücksichtigt wurden	Treppen vom beheizten EG ins unbeheizte UG Liftschächte	Merkblatt „Liftschächte“ [19] vorhanden
4	Fehler in den Berechnungskomponenten	Berechnung U-Wert von inhomogenen Bauteilen Wärmebrücken nicht vollständig berücksichtigt Flächen der Transmissionsebene nicht korrekt berechnet	Wissensstand der Personen, welche die Berechnungen durchführen, ist sehr unterschiedlich
5	Rechenwerte Berechnung Heizwärmebedarf nach neuer SIA 380/1	Verschattungsfaktoren b-Faktoren für Berechnung gegen unbeheizt/Erdreich Wärmespeicherfähigkeit	Wissensstand der Personen, welche die Berechnungen durchführen, ist sehr unterschiedlich

Die Fehler 1 bis 3 haben - in Abhängigkeit des Gebäudetyps - grossen Einfluss auf das Resultat des Heizwärmebedarfes. Insbesondere bei klei-

neren Bauten (wie z.B. Einfamilienhäusern) können sie zu Überschreitungen des MINERGIE-Grenzwerts führen.

Die Auswirkung der Fehler 4 und 5 auf das Resultat des Heizwärmebedarfes ist unterschiedlich und von verschiedenen Faktoren wie beispielsweise Gebäudekonstruktion, Gebäudegrösse oder Fensteranteil (Anteil solarer Wärmegevinne) abhängig.

Die folgenden Fehler wurden im Zusammenhang mit dem MINERGIE-Nachweis oft festgestellt:

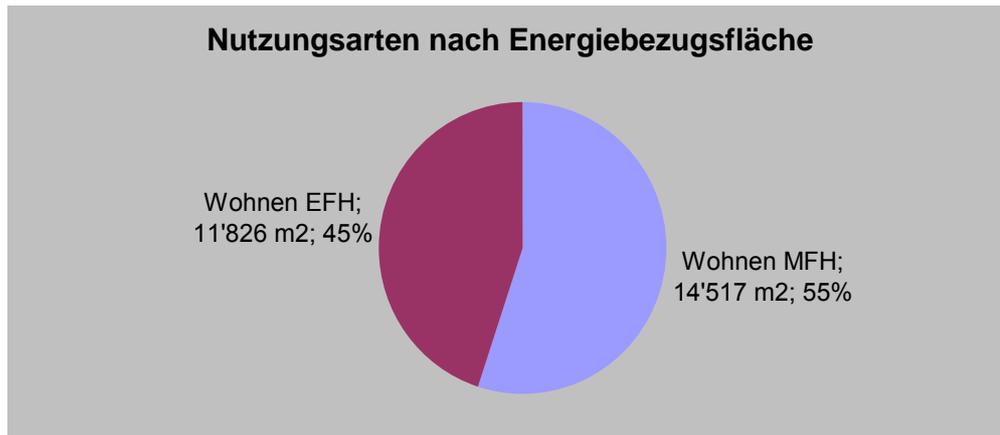
Nr.	Fehler	Beispiel	Bemerkung
A	Berücksichtigung der kontrollierten Lüftung	Thermisch wirksamer Aussenluftvolumenstrom Elektrische Leistung der Ventilatoren Deklaration des Lüftungssystems	In MINERGIE-Nachweis Version 8 definiert
B	Wärmeerzeugungssystem	Unterschiedliche Nutzungsgrade / Jahresarbeitszahlen Energiefluss nicht richtig erkannt: z.B. Elektro-Nacherwärmung bei Solaranlagen oder Temperaturniveau Wärmepumpe	Unterschiedliche Handhabung Zertifizierungsstellen Wissensstand der Personen, welche die Berechnungen durchführen, ist sehr unterschiedlich

Die Auswirkungen der genannten Fehler auf den gewichteten MINERGIE-Rechenwert sind ebenfalls eher hoch. Im Einzelfall können sie dazu führen, dass der MINERGIE-Grenzwert überschritten wird.

Mit dem neuen Nachweistool in der Version 8 konnten einige MINERGIE-spezifischen Probleme behoben werden. Auf diejenigen Fehler, welche in den SIA-Berechnungen gemacht werden, hat das Nachweistool aber keinen Einfluss.

4.3.2 Anzahl und Nutzungsart der Objekte

Wie bereits in Abschnitt 4.2.1.1 erwähnt wurden mit einer Ausnahme (Schulgebäude) Wohnbauten in die Untersuchung einbezogen. Es handelt sich um 41 Einfamilienhäuser (EFH) und 11 Mehrfamilienhäuser (MFH).



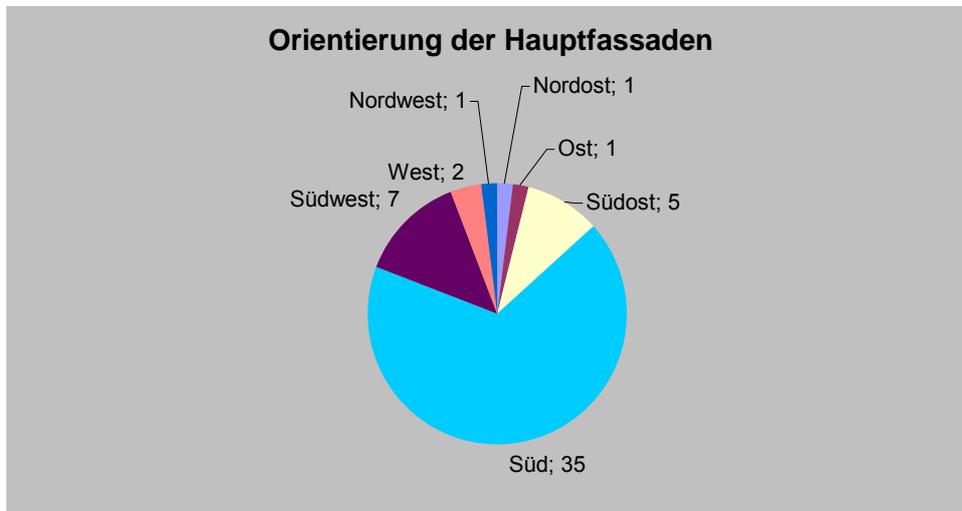
Grafik 10: die Nutzungsarten der 52 untersuchten Objekte, aufgeteilt nach EBF

Diese Verteilung entspricht fast der Gesamtheit aller MINERGIE-Wohnbauten, welche – ebenfalls bezogen auf die Energiebezugsfläche - im Juli 2003 47% EFH und 53% MFH (total 921'000 m² EBF) umfasste. Alle nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf die untersuchten Objekte; sie geben jedoch Hinweise auf die Gesamtheit aller MINERGIE-zertifizierten Wohnbauten.

4.3.3 Situierung und Gebäudehülle der Objekte

4.3.3.1 Hauptorientierung

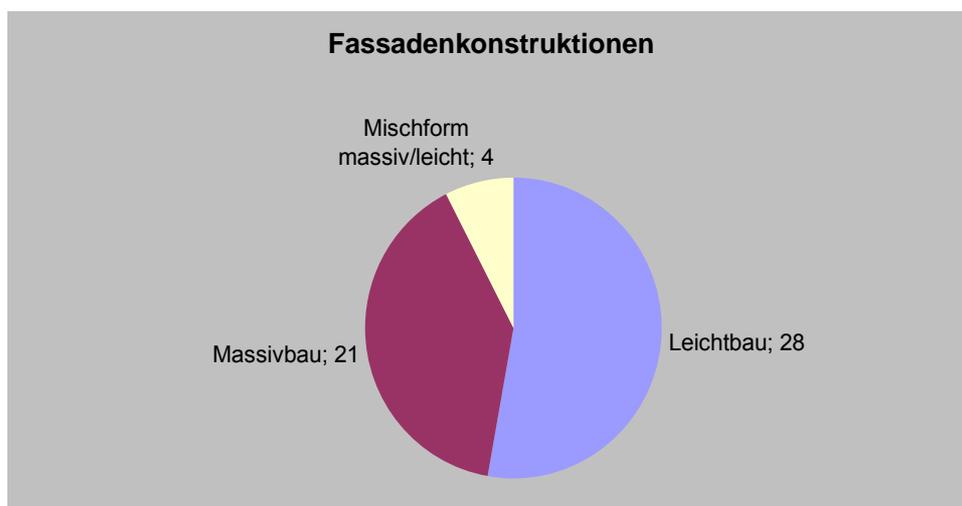
Die Orientierung der Hauptfassade der Objekte wurde nach Himmelsrichtung kategorisiert. Es zeigt sich, dass die Südorientierungen deutlich überwiegen, gefolgt von Südwest- und Südostorientierungen. Damit sind die Voraussetzungen für die Nutzung der passiven Solarenergie gut. Bei den Objekten mit anderen Orientierungen dürfte die Topographie, die Aussicht oder Strassen bzw. Bahnlinien den Entscheid für die von Süden abweichende Hauptorientierung gegeben haben.



Grafik 11: Orientierung der Hauptfassaden der Objekte nach Himmelsrichtungen

4.3.3.2 Fassadenkonstruktionen

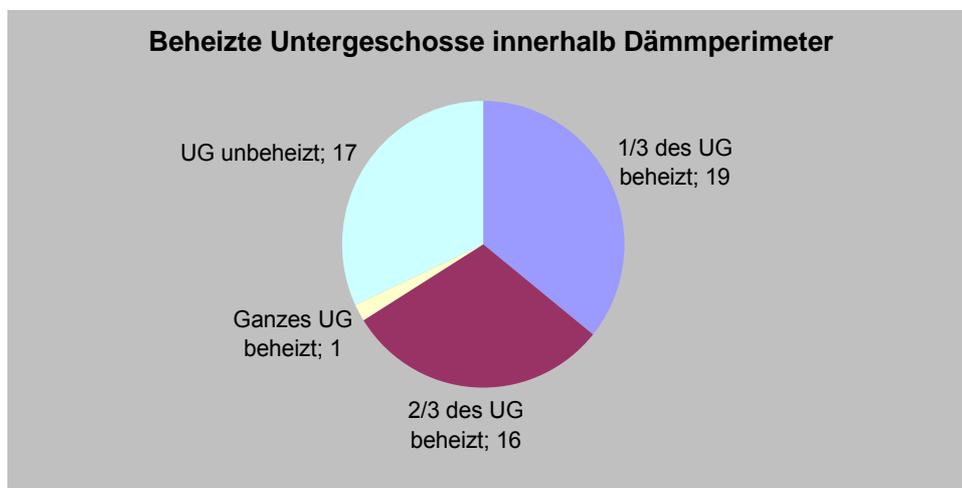
Die Konstruktionsart der Aussenhülle der Objekte wurde in drei Gruppen eingeteilt: Leichtbau (Holzbauten und Holzelementbauten), Mischform Massiv/Leicht (z.B. EG massiv, OG leicht) und Massivbau (Zweischalen-Aussenmauerwerk, Mauerwerk mit verputzter Aussenwärmedämmung etc.). Eine Beurteilung der gesamten Gebäudekonstruktion war nicht möglich, da in den zur Verfügung stehenden Unterlagen keine Angaben über die Zwischendecken (meist kein energierelevantes Bauteil) zur Verfügung stehen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass in den meisten Fällen „sortenreine“ Konstruktionen gewählt wurden, da gemischte Bauweisen (z.B. Holz-Beton-Verbunddecken) noch selten anzutreffen sind.



Grafik 12: Aufteilung der untersuchten Objekte auf generelle Fassadenkonstruktionen

Wie aus der Grafik 12 entnommen werden kann, überwiegen die Leichtbauten gegenüber den Massiv- und Mischbauten. Grund dafür dürfte die geringere Konstruktionsdicke der Aussenwände sein (Dämmung und Tragkonstruktion in gleicher Ebene), welche gerade bei grossen Dämmdicken zum Tragen kommt. Allerdings ist anzumerken, dass die Bauweise regional eine sehr unterschiedliche Verteilung aufweist und deshalb anzunehmen ist, dass die lokale Bautradition einen grossen Einfluss ausübt.

4.3.3.3 Beheizung der Untergeschosse



Grafik 13: Beheizung der Untergeschosse innerhalb des Dämmperimeters, aufgeteilt in vier Kategorien

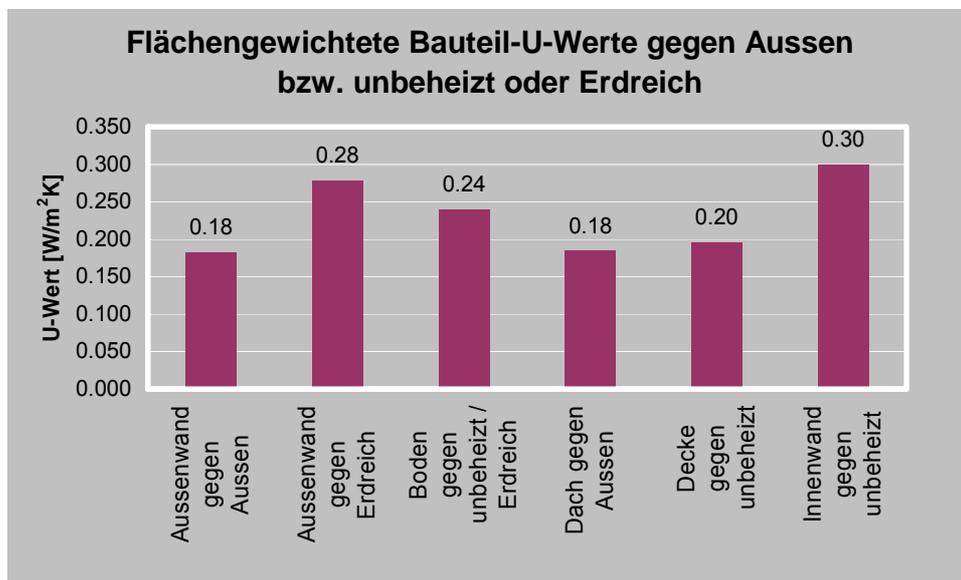
Die Untersuchung des Anteils der beheizten Räume an der gesamten Untergeschoss-Fläche hat ergeben, dass bei rund einem Drittel der Bauten das Untergeschoss gar nicht beheizt wird, bei rund einem Drittel nur eine kleinere Fläche (bis zu einem Drittel der Fläche) und beim letzten Drittel der grössere Teil des Untergeschosses beheizt wird. Der Anteil der vollständig beheizten Untergeschosse ist unbedeutend.

Interessant wäre ein Vergleich zwischen Nachweis und Realität, da die Praxis zeigt, dass in der Nutzungsphase ehemals als unbeheizt bezeichnete Räume (z.B. Bastel- oder Trainingsräume) temperiert bzw. beheizt werden. Dies ist erfahrungsgemäss besonders bei Gebäuden der Fall, deren maximale Ausnutzungsziffer aufgrund der zu hohen anrechenbaren Geschossfläche ansonsten überschritten würde.

4.3.3.4 U-Werte und Dämmdicken der opaken Bauteile

Insgesamt sind die opaken Bauteile der untersuchten Bauten gut gedämmt, was sich – verglichen mit konventionellen Bauten - in tiefen U-Werten und hohen Dämmdicken widerspiegelt.

Die U-Werte der Wände gegen Aussenklima bewegen sich um $0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Erstaunlich ist der identische U-Wert des Dachs, das aufgrund der zusätzlichen Abstrahlungsverluste in klaren Nächten³ vermutlich eher besser gedämmt werden sollte als die Aussenwände. Die Böden gegen unbeheizte Räume bzw. Erdreich sind mit einem U-Wert von $0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$ gut gedämmt, was auf die bei mehr als zwei Dritteln der Objekte eingesetzten Fussbodenheizungen zurückgeführt werden kann. Die Wände gegen unbeheizte Räume bzw. Erdreich sind jedoch mit 0.3 bzw. $0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$ schon recht nahe am in SIA 380/1 festgelegten Grenzwert für Einzelbauteil-U-Werte ($0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$).



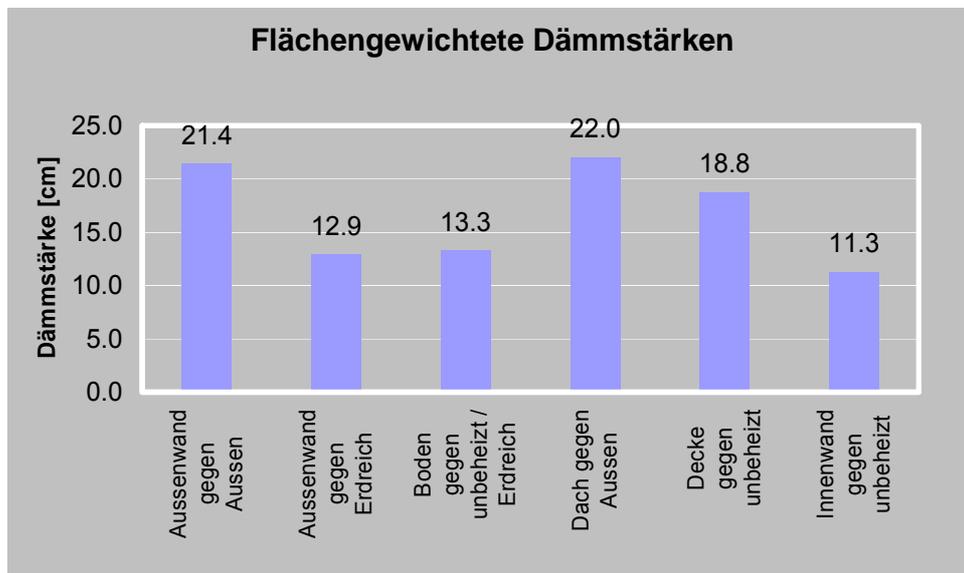
Grafik 14: Mittelwerte der U-Werte von Bauteilen gegen Aussen bzw. unbeheizt oder Erdreich

Im Jahr 2003 wurde im Kanton Zürich eine Untersuchung von 200 konventionellen Neubauten, welche bereits unter der Bestimmung des Höchstanteils nicht erneuerbarer Energien erstellt wurden, durchgeführt [17]. Ein Vergleich der (konventionellen) Zürcher Bauten mit den untersuchten MINERGIE-Gebäuden zeigt, dass die Aussenwände und Dächer der MINERGIE-Häuser einen um 0.05 bzw. $0.06 \text{ W/m}^2\text{K}$ tieferen U-Wert aufweisen (Verbesserung um 22% bzw. 25%) und die Böden gegen unbeheizte Räume den U-Wert konventioneller Bauweise um $0.04 \text{ W/m}^2\text{K}$ oder 14.5% unterschreiten.

³

Gemäss Auskunft von Hrn. Dr. K. Ghazi (EMPA, Abt. Bauphysik) vom 23. Juli 2003 wurde das Ausmass der zusätzlichen Verluste von Dächern (es müsste eine Bilanz erstellt werden, weil z.B. eine Schneedecke positiven Einfluss hat) bisher noch nicht untersucht.

Auch die Dämmdicken der Bauteile sind erfreulich hoch. Die Wände und das Dach gegen Aussen weisen die grössten Dämmdicken auf (die verschiedenen Dämmdicken bei gleichem U-Wert sind höchstwahrscheinlich auf die beim Holzbau verbreiteten inhomogenen Bauteile zurückzuführen), während die Bauteile gegen Unbeheizt bzw. Erdreich mit deutlich weniger dicken Dämmungen versehen werden. Die Lambda-Werte der Dämmungen (\approx U-Wert * Dämmstärke) gegen unbeheizte Räume bzw. Erdreich sind geringfügig tiefer als diejenigen der Bauteile gegen Aussenklima, was einerseits auf die in diesem Anwendungsbereich häufiger anzutreffenden homogenen Konstruktionen und andererseits auf die oftmals eingesetzten Schaumstoffe mit tiefem Lambda-Wert (z.B. PUR; zur Erzielung einer geringeren Konstruktionshöhe) zurückgeführt werden kann.



Grafik 15: Flächengewichtete Dämmstärken von Bauteilen gegen Aussen bzw. Unbeheizt oder Erdreich

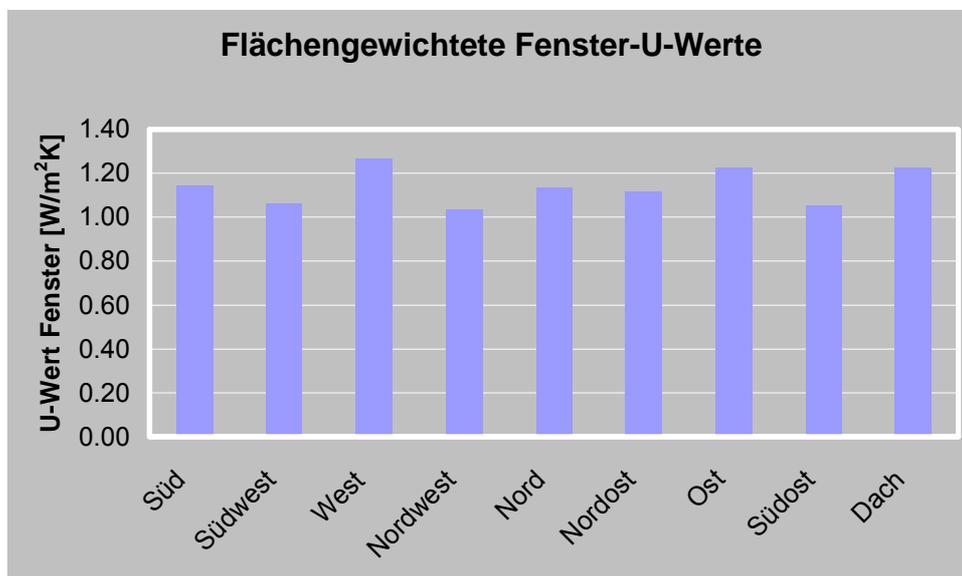
4.3.3.5 U-Werte der Fenster

Relativ tief sind auch die Fenster-U-Werte: sie bewegen sich zwischen 1.05 und 1.27 W/m^2K (flächengewichteter Mittelwert über alle Fenster: 1.12 W/m^2K). Hinsichtlich ihrer Orientierung zeigen die Fenster wenig signifikante Unterschiede ihres U-Werts. Die U-Werte der gegen Osten, Westen und horizontal orientierten Fenster sind leicht höher als diejenigen der übrigen Fenster. Da gegen Süden zur Maximierung der passivsolaren Gewinne im Winter ein hoher g-Wert angestrebt werden sollte (was zugleich den U-Wert der Verglasung negativ beeinflusst und geeignete Massnahmen für den sommerlichen Wärmeschutz erfordert), wäre eine Differenzierung zwischen Fenstern mit deutlich unterschiedlicher Solarstrahlung erwartet worden. Daraus kann geschlossen werden, dass die

Verglasungen nicht situativ, sondern für das ganze Objekt gewählt werden. Hier ist noch Optimierungspotenzial vorhanden.

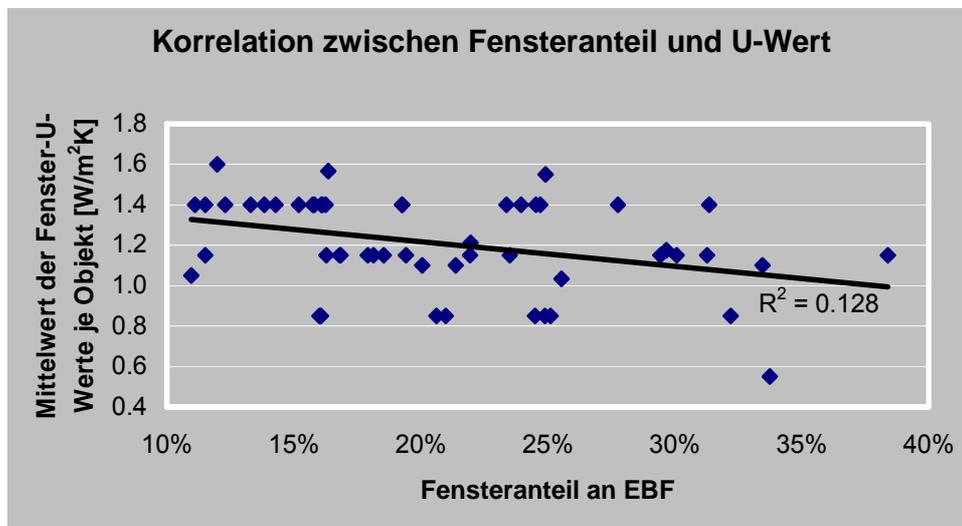
Der Anteil der 3-fach Isolierverglasungen ist mit 43% gegenüber den 2-fach Isolierverglasungen (57%) erstaunlich hoch – besonders, wenn man den Preisunterschied von rund CHF 60.-/m² (Mehrkosten für ein EFH von etwa CHF 3'500.-) in Betracht zieht. Besonders bei Mehrfamilienhäusern wurden 3-fach-Isolierverglasungen besonders oft eingesetzt (83% bei MFH gegenüber 17% bei EFH, bezogen auf die Fensterfläche).

Im Vergleich mit dem aktuellen Standard bei Neubauten [17] liegt der mittlere Fenster-U-Wert um 0.28 W/m²K oder 20% tiefer.



Grafik 16: Flächengewichtete Fenster-U-Werte, nach Himmelsrichtungen gruppiert

Eine Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Fensteranteil (bezogen auf die Energiebezugsfläche EBF) und Fenster-U-Wert (siehe Grafik 17) zeigt eine leichte Korrelation. Tendenziell wird also bei hohem Fensteranteil ein tieferer Fenster-U-Wert gewählt.



Grafik 17: Korrelation zwischen Fensteranteil und Fenster-U-Wert

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die U-Werte der Fenster deutlich tiefer als bei konventionellen Bauten sind, aber normale Fenster-technik (keine „Superfenster“ wie bei Passivhäusern) eingesetzt wird.

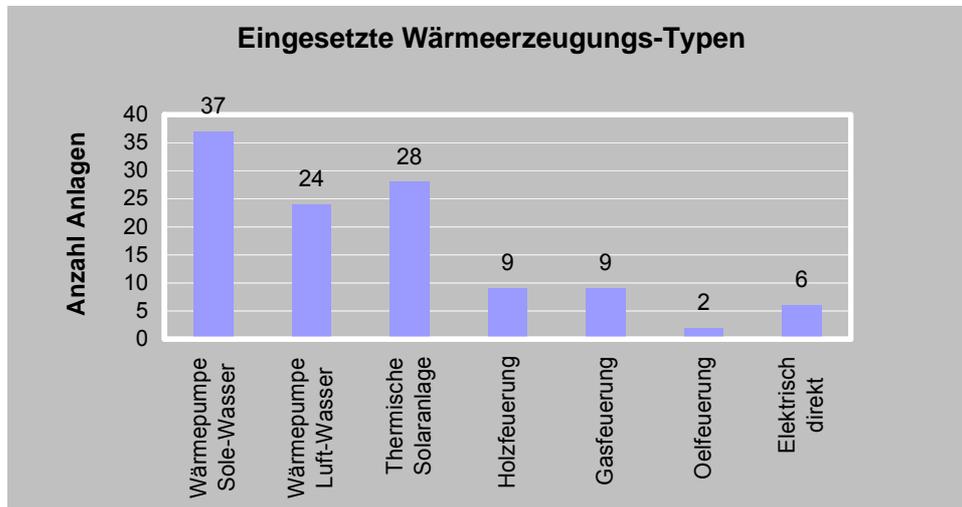
4.3.4 Haustechnik

4.3.4.1 Wärmeerzeugung

Bei den Wärmeerzeugungen (Grafik 18) überwiegen die Anlagen mit Wärmepumpen mit total 53% (die thermischen Solaranlagen sind zwar ebenfalls gut vertreten, besitzen jedoch einen geringen Deckungsgrad), was sich exakt mit dem Anteil bei konventionellen Neubauten im Kanton Zürich (mit Höchstanteilregelung) [17] deckt. Der hohe Anteil an Wärmepumpen-Anlagen dürfte auf die bei solchen Leistungsklassen (ein MINERGIE-Einfamilienhaus benötigt eine Wärmeleistung von etwa 5 kW) mittlerweile gute Wirtschaftlichkeit zurückzuführen sein. Bei EFH mit besonders kleinem Wärmebedarf drängen Luft-Wasser bzw. Luft-Luft-Wärmepumpen (zusammen 21% der Anlagen) immer stärker auf den Markt; sie sind aufgrund der tiefen Investitionskosten interessant.

Grundsätzlich sind bei MINERGIE-Bauten Wärmeerzeugungen mit Einsatz von erneuerbarer Energie gegenüber fossil befeuerten Anlagen im Vorteil, da nur die dem Grundstück zugeführte Energie bewertet wird. Dementsprechend sind die Anteile der Öl- und Gasfeuerungen (zusammen 10% der Anlagen) deutlich tiefer als bei konventionellen Bauten (40% der Anlagen) und die Anteile der erneuerbaren Energieträger Holz und Sonne höher. Der gesamte Anteil der erneuerbaren Energie am Wärmebedarf beträgt rund 42% (Abschätzung auf Basis der MINERGIE-

Rechenwerte für Wohnbauten) und liegt damit wesentlich höher als die gesetzliche Anforderung der Kantone mit Höchstanteil-Regelung.

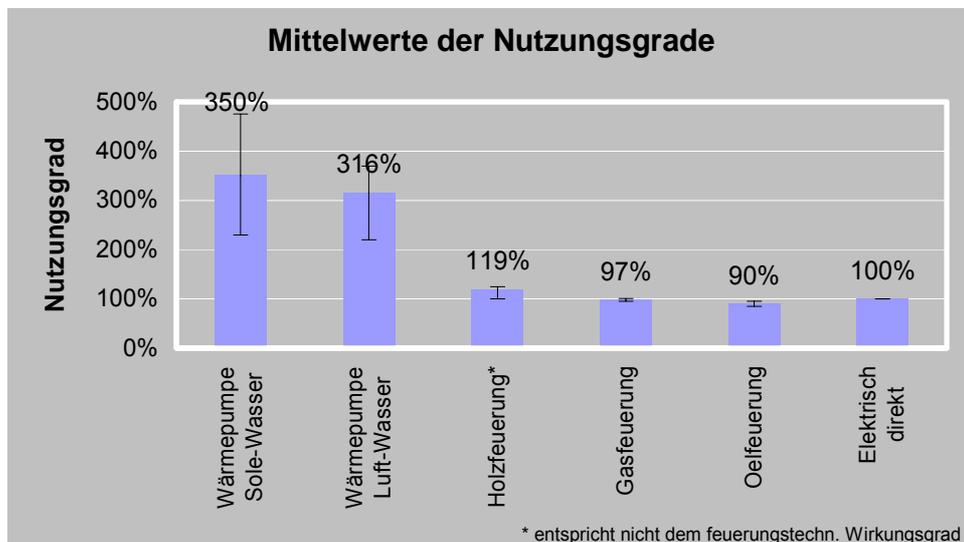


Grafik 18: In den untersuchten Objekten eingesetzte Wärmeerzeugungs-Anlagen

Da in vielen Objekten mehr als eine Wärmeerzeugungsanlage eingebaut ist, ist die Gesamtanzahl der Anlagen deutlich höher als die Anzahl der untersuchten Objekte. Ein Bezug der Wärmeerzeugungs-Typen auf die Energiebezugsfläche ergibt übrigens nur marginal abweichende Zahlen.

Aus Grafik 19 gehen die Nutzungsgrade der Wärmeerzeugungs-Anlagen (mit Ausnahme der thermischen Solaranlagen, für die keine Nutzungsgrade erhoben werden konnten) hervor. Holzfeuerungen werden im MINERGIE-Nachweis aufgrund ihrer CO₂-Neutralität mit einem Bonus versehen, welcher sich in einem mittleren Nutzungsgrad von 119%⁴, welcher in Realität nicht zu erzielen ist, niederschlägt. Generell sind diese Zahlen nur als Anhaltspunkt zu sehen, da bei MINERGIE gewisse Jahresnutzungsgrade im Sinne von Normvorgaben angenommen und der Einfachheit halber normalerweise ohne genaue Berechnung in die Nachweise übernommen werden. Da die Ausschreibung der Haustechnik meist erst nach Einreichen des Nachweises erfolgt, sind die eingesetzten Produkte (welche massgeblichen Einfluss auf die Nutzungsgrade haben) zu diesem Zeitpunkt in der Regel noch gar nicht bekannt.

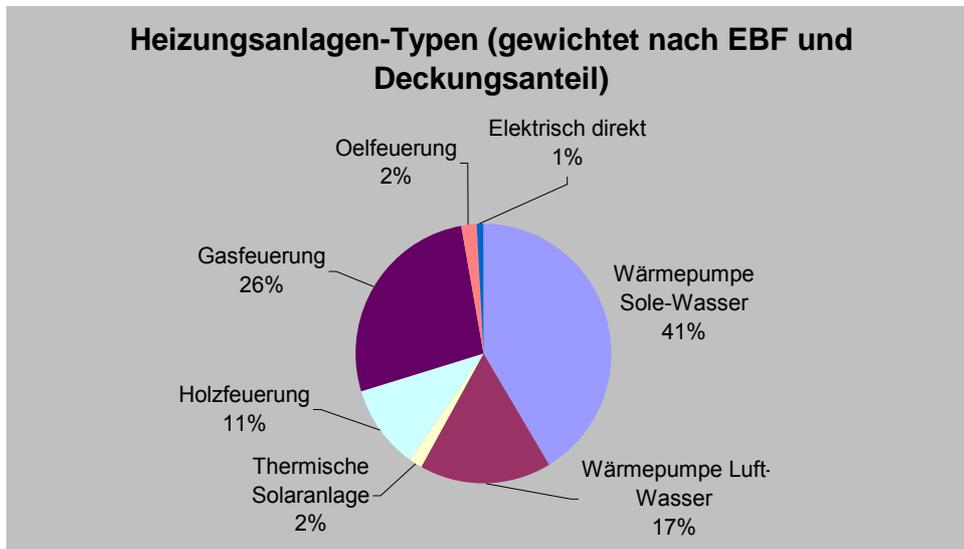
⁴ Da einige analysierte Nachweise bereits vor Einführung des von MINERGIE für Holzfeuerungen neu festgelegten Nutzungsgrades von 125% eingereicht wurden (vorher: 100%), liegt der durchschnittliche Wirkungsgrad mit 119% etwas tiefer.



Grafik 19: Nutzungsgrade der verschiedenen Wärmeerzeugungen

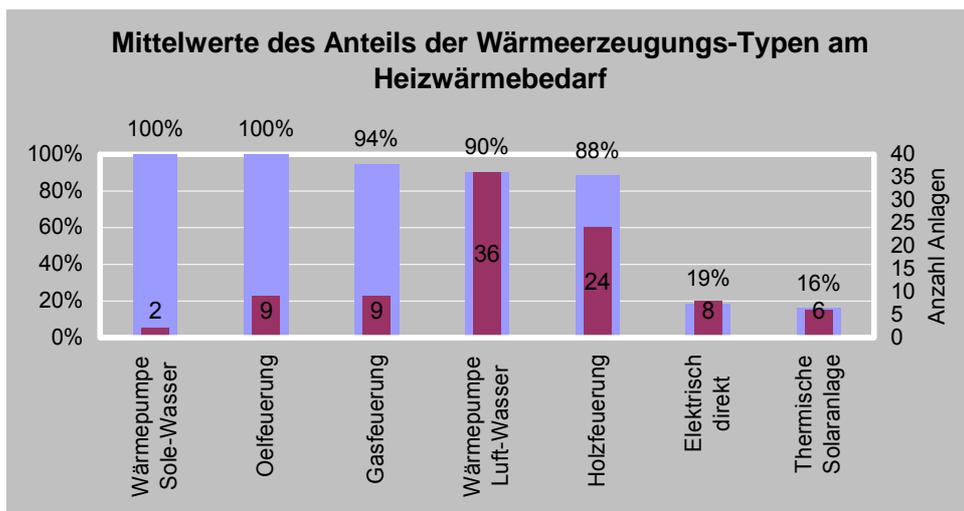
Aufgrund der unterschiedlichen Handhabung in verschiedenen Nachweis-Versionen und der divergierenden Praxis in den Kantonen sind auch die Angaben für die Nutzungsgrade der übrigen Feuerungsanlagen mit Vorbehalten versehen. Mit der neuesten Nachweis-Version 8 sollten aber diese Unsicherheiten ausgeräumt worden sein.

Ein ähnliches Bild wie in Grafik 18 zeigt sich im Segment der für Heizzwecke eingesetzten Wärmeerzeugungsanlagen (Grafik 20). Wärmepumpen sind mit gesamthaft 58% gut vertreten (und sind in MINERGIE-Wohnbauten gegenüber konventionellen Wohnbauten [17] etwas öfter anzutreffen); der Rest verteilt sich in absteigender Reihenfolge auf Gasfeuerungen, Holzfeuerungen, Oelfeuerungen und Solaranlagen. Bei den wenigen elektrischen Direktheizungen handelt es sich um Zusatzheizungen in Warmwasserspeichern (Kombispeicher; Zusatzheizung wirkt gleichzeitig auf Warmwasser und Heizung). Der gesamte Anteil der mit erneuerbaren Energien operierenden Anlagen beträgt 71%; der Anteil der erneuerbaren Energie am gesamten Heizenergiebedarf 38% (ohne Warmwasser; Abschätzung aufgrund der Nutzungsgrade, des Anteils der Wärmeerzeugung am Heizenergiebedarf und der Energiebezugsfläche).



Grafik 20: In den untersuchten Objekten eingesetzte Wärmeerzeugungen für Heizung, gewichtet nach Energiebezugsfläche und Deckungsgrad an der gesamten Heizwärmeerzeugung

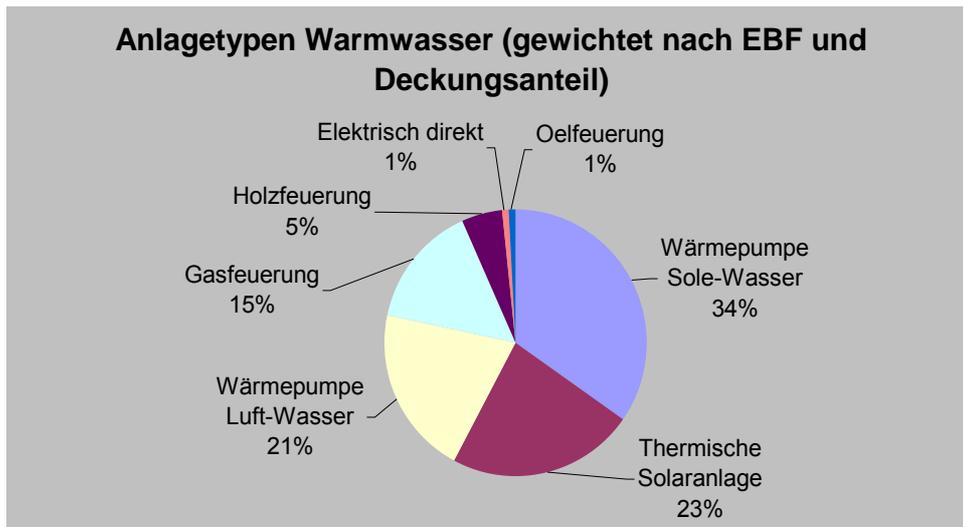
Wie aus Grafik 21 entnommen werden kann, decken die Sole-Wasser-Wärmepumpen-Anlagen und die Oelfeuerungsanlagen den gesamten Wärmebedarf, während die Gas- und Holzfeuerungsanlagen sowie die Luft-Wasser-Wärmepumpen in der Regel mit weiteren Wärmeerzeugern kombiniert werden. Bei den für Heizzwecke eingesetzten Solaranlagen ist der Deckungsgrad natürlich klein, da deren Erträge in der Heizperiode gering sind.



Grafik 21: Anteile der Wärmeerzeugungs-Typen am gesamten Heizwärmebedarf

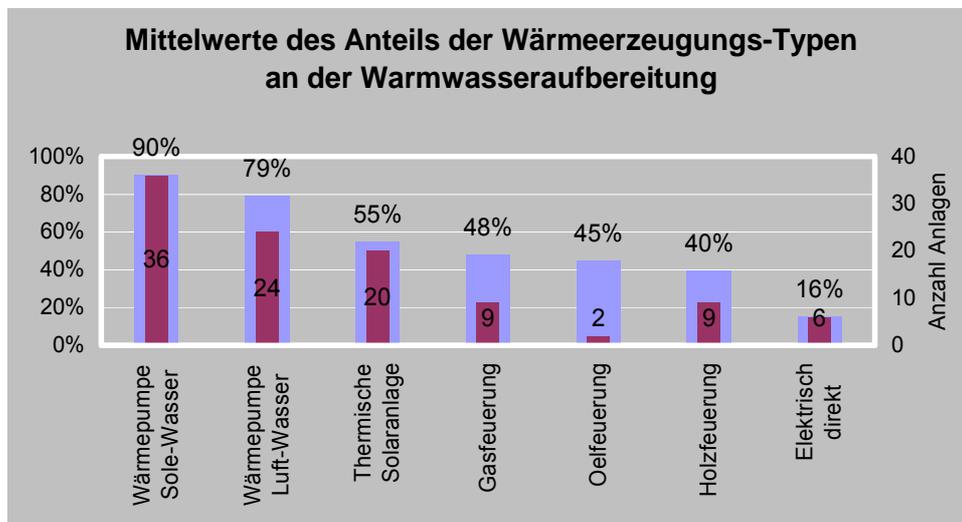
Im Bereich der Warmwasser-Erwärmung (Grafik 22) ist die Dominanz der Wärmepumpen (total 55%) etwas geringer als bei den Heizungsanlagen.

Dies ist vor allem auf den recht hohen Anteil der mit Solaranlagen ausgestatteten Objekte zurückzuführen. Auch hier werden die elektrischen Direktheizungen ausschliesslich als Zusatzheizung eingesetzt. Die Anlagen, die teilweise mit erneuerbarer Energie arbeiten, liegt bei total 83%. Der Anteil der erneuerbaren Energie in der Warmwasseraufbereitung beträgt rund 52%.



Grafik 22: in den untersuchten Objekten zur Warmwasseraufbereitung eingesetzte Anlage-Typen, gewichtet nach Energiebezugsfläche und Deckungsgrad am gesamten Warmwasserbedarf

Die mittleren Deckungsgrade der Anlagen zur Warmwasser-Erwärmung (Grafik 23) liegen ohne Ausnahme unter 100%. Das liegt daran, dass in den meisten Objekten Kombinationen mehrerer Anlagentypen zu finden sind. Besonders thermische Solaranlagen werden immer mit einer zweiten Wärmequelle kombiniert, um eine ausreichende Versorgungssicherheit zu erreichen.

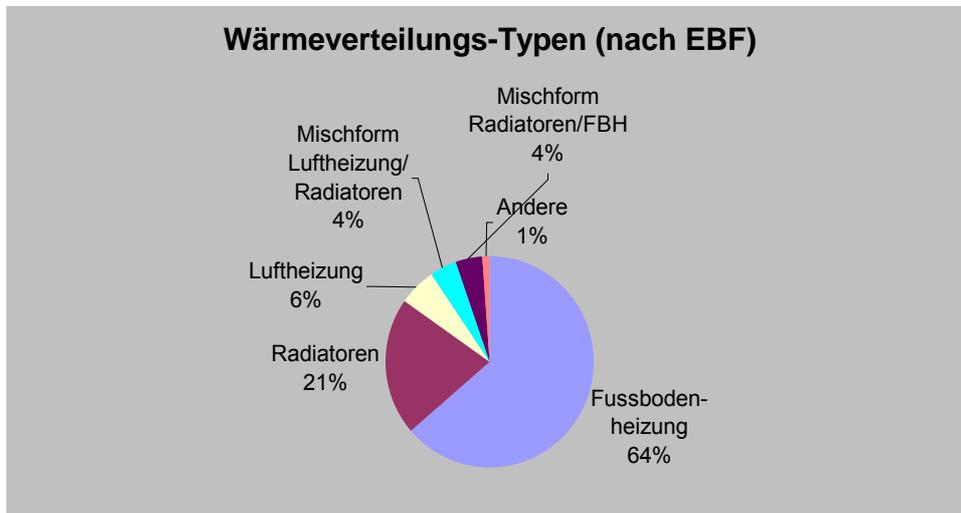


Grafik 23: Anteile der Wärmeerzeugungs-Typen am gesamten Wärmebedarf für Warmwasser

4.3.4.2 Wärmeverteilung

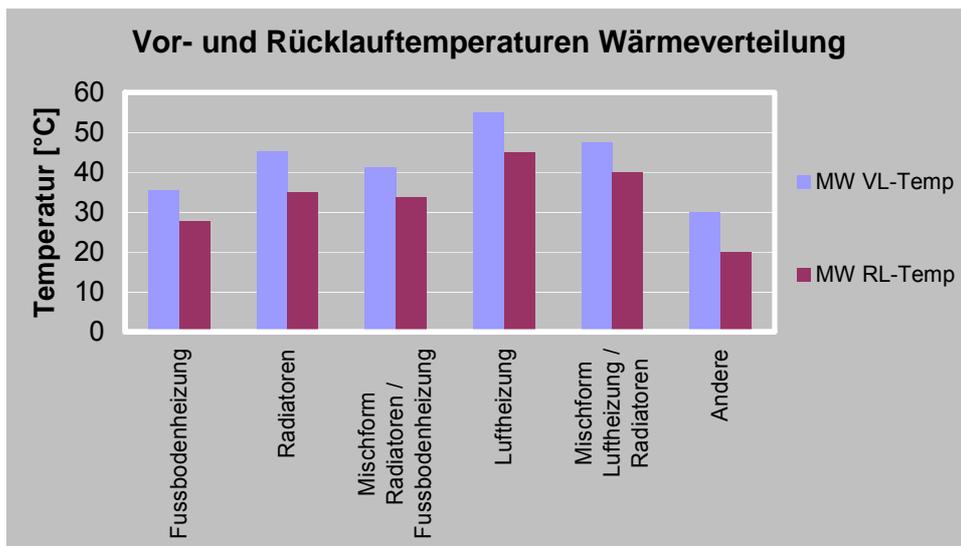
Bei gut zwei Dritteln aller Objekte kommt eine Fussbodenheizung zum Einsatz (Grafik 24). Diese erlaubt den Betrieb mit tiefen Vor- und Rücklauftemperaturen (siehe auch Grafik 25). Nur rund ein Achtel aller Objekte wird mittels Radiatoren beheizt; die restlichen Anteile der Wärmeverteilungssysteme sind relativ dispers verteilt. Der tiefe Anteil der Luftheizungen dürfte damit zusammenhängen, dass der Wärmeleistungsbedarf in MINERGIE-Häusern für diese Systeme noch zu hoch ist und deshalb zu grosse Luftvolumina umgewälzt werden müssten. Bei Passivhäusern bzw. MINERGIE-P ist dieser Anteil wesentlich höher.

Besonders Wärmepumpen werden zu 78% mit Fussbodenheizungen kombiniert, weil die tiefen Temperaturen der Wärmeverteilung (mittlere Vorlauftemperatur 35°C, mittlere Rücklauftemperatur 28°C) eine hohe Arbeitszahl erlauben. Bei Radiatoren sind zwar tiefe Temperaturen grundsätzlich auch erreichbar, in der Praxis aber fehlt für die dadurch notwendigen grösseren Heizkörper der Platz.



Grafik 24: In den untersuchten Objekten verwendete Wärmeverteilungs-Typen

Die Systemtemperaturen der Wärmeverteilung (Grafik 25) mittels Fussbodenheizung sowie diejenige mittels Radiatoren bewegen sich im Rahmen des Üblichen, obwohl der geringere Leistungsbedarf tiefere Systemtemperaturen erlauben würde. Bei Vorlauftemperaturen unter 30°C darf auf die Einzelraumregulierung verzichtet werden, was den für solche Tieftemperatur-Wärmeverteilungen notwendigen Mehraufwand wesentlich verringert. Offenbar bestehen seitens der Planer noch Vorbehalte gegenüber solchen Lösungen.

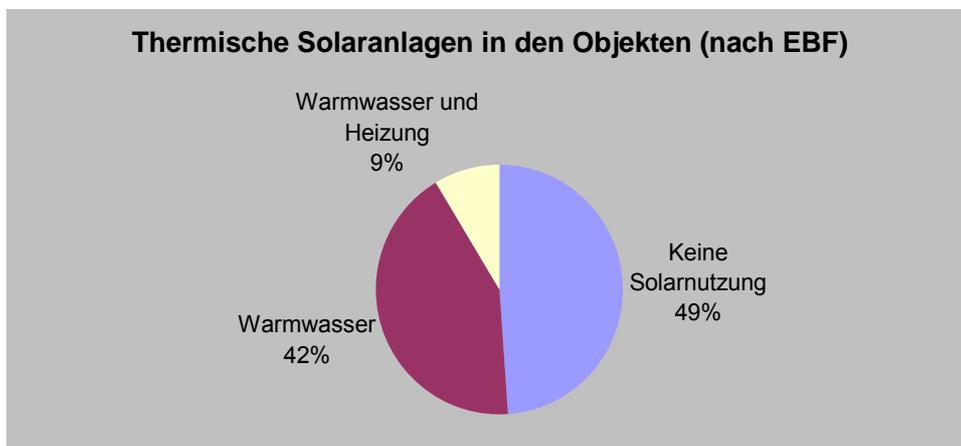


Grafik 25: Vorlauf- und Rücklauftemperaturen, bezogen auf Wärmeverteilungs-Typen

Die Warmwassertemperatur ist weder vom gewählten Wärmeverteilungssystem noch von der Wärmeerzeugungsanlage abhängig. Sie beträgt

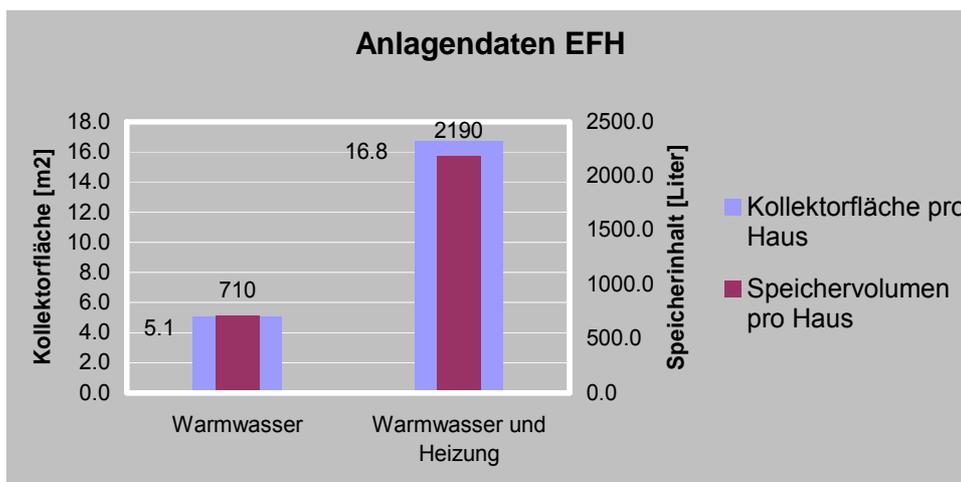
durchschnittlich 52°C mit Maxima bei 54°C und Minima bei 50°C. Diese Temperaturen stellen einen vernünftigen Kompromiss zwischen Hygiene-Anforderungen und Energieeffizienz dar. MINERGIE legt noch keine Warmwassertemperaturen fest; in der Regel sollte jedoch 55°C eingesetzt werden. Gerade für Anlagen mit Luft-Wasser-Wärmepumpen stellt dies ein Problem dar, da im Winter bei tiefer Aussentemperatur und hoher Warmwassertemperatur die Arbeitszahl stark sinkt.

4.3.4.3 Aktive Nutzung der Solarenergie



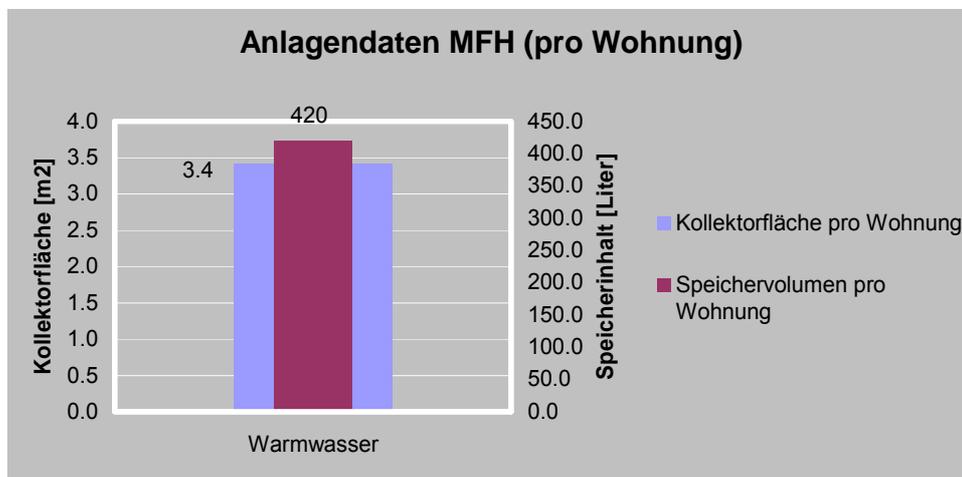
Grafik 26: Einsatz von thermischer Solarenergie

Gut die Hälfte aller Objekte ist mit einer thermischen Solaranlage ausgestattet. Der grösste Teil davon wird zur Erwärmung des Warmwassers eingesetzt, was auf wirtschaftliche Gründe zurückgeführt werden kann.



Grafik 27: Daten der thermischen Solaranlagen der untersuchten Einfamilienhäuser

Die Anlagendaten für Einfamilienhäuser sind aus Grafik 27 ersichtlich. Die Kollektorfläche von durchschnittlich 5.1 m^2 ist für Anlagen zur Aufheizung des Warmwassers vernünftig. Der mittlere solare Deckungsgrad dieser Anlagen beträgt 55% (siehe Grafik 23). Dies weist auf einen recht guten, aber keinen hervorragenden Wirkungsgrad hin. Die Speichergrossen konnten nur für etwa die Hälfte aller Objekte ermittelt werden (fehlende Angaben in den entsprechenden Unterlagen). Sie wurden mit zwei Ausnahmen, welche deutlich zu gross dimensioniert wurden (über 160 Liter/m^2 Kollektor), wirtschaftlich und technisch sinnvoll gewählt (im Mittel knapp 100 Liter/m^2 Kollektor).



Grafik 28: Daten der thermischen Solaranlagen der untersuchten Mehrfamilienhäuser

Um die unterschiedlichen Grössen der Mehrfamilienhäuser zu berücksichtigen, wurden in Grafik 28 die Anlagendaten auf die Wohnungsanzahl umgelegt. Interessant sind die gegenüber den Einfamilienhäusern kleineren Kollektorflächen und Speicher (bessere Wirtschaftlichkeit).

4.3.4.4 Lüftungsanlagen

MINERGIE schreibt bei Wohngebäuden zwar eine kontrollierte Lüftung vor, lässt aber die Wahl unter sechs Systemen offen. In Abbildung 1 werden diejenigen vier für MINERGIE-Bauten zulässigen Lüftungssysteme, welche in den untersuchten Objekten vorgefunden wurden, dargestellt. Die nicht dargestellten Systeme sind Einzelraum-Komfortlüftungsgeräte und die automatische Fensterlüftung.

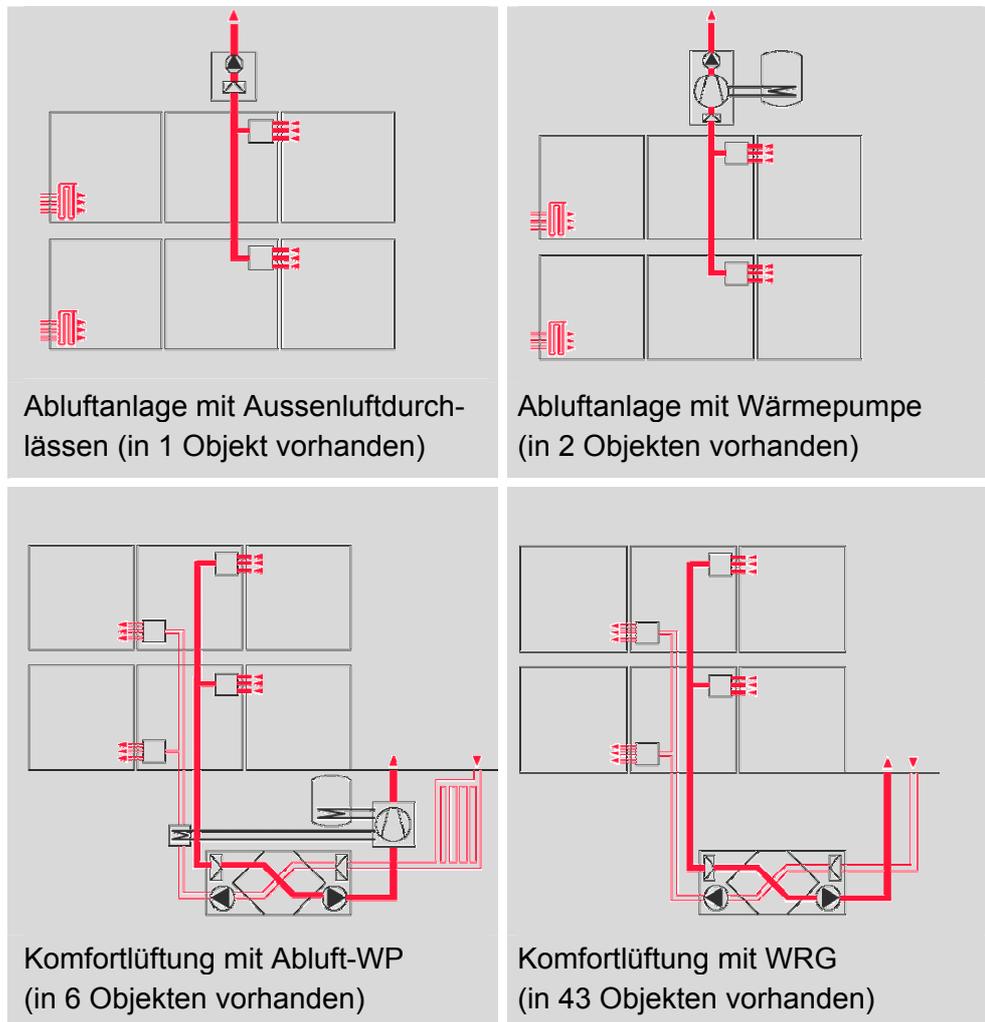
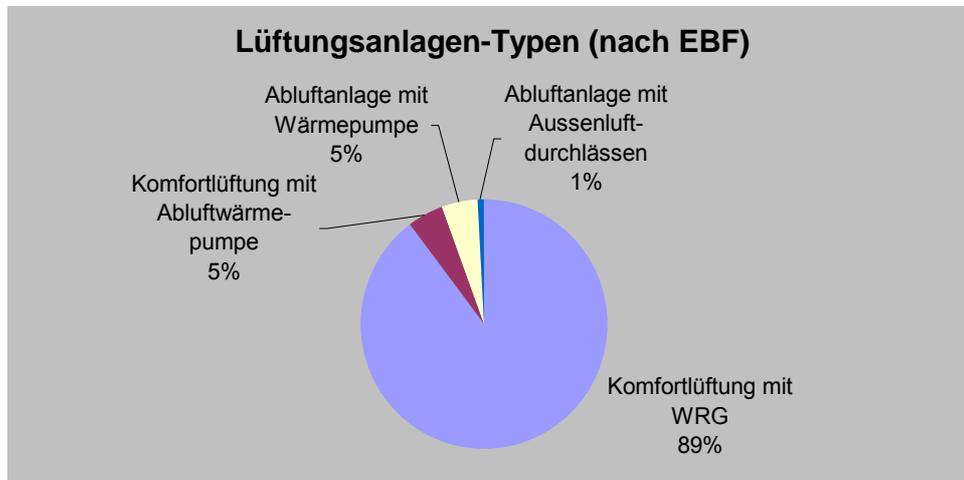


Abbildung 1: Prinzip-Schemata der in den Objekten vorhandenen Lüftungsanlagen (Quelle:MINERGIE) und Anzahl der in den untersuchten Objekten angetroffenen Anlagentypen

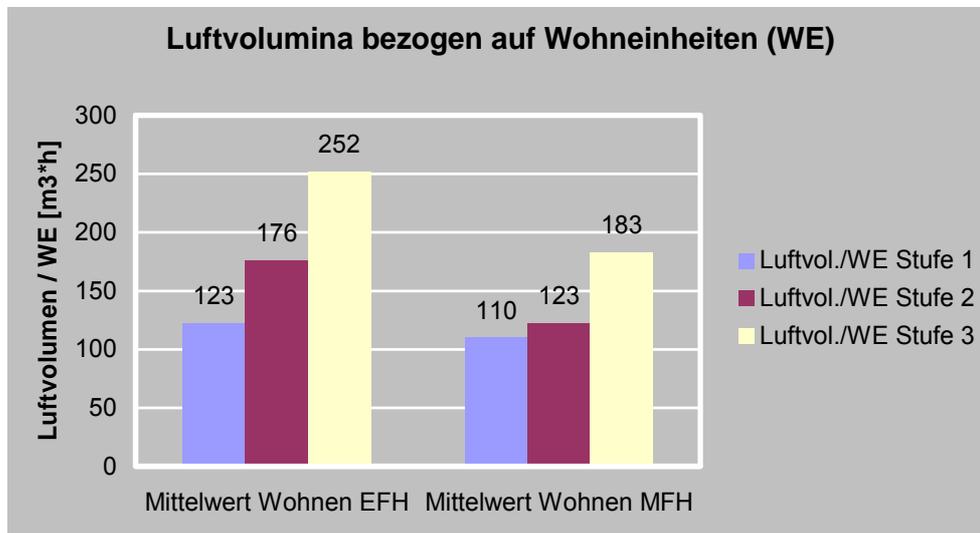
Weitaus die meisten Gebäude werden mit Komfortlüftungen mit Wärmerückgewinnung (WRG) ausgestattet (Grafik 29). Teilweise sind Anlagen mit Wärmepumpen zu finden, welche meist mit der aus der Abluft gewonnenen Energie das Warmwasser aufheizen (moderne Geräte verfügen in der Regel zusätzlich über eine luftseitige Wärmerückgewinnung). Reine Abluftanlagen und Abluftanlagen mit Wärmepumpen sind eher Ausnahmefälle, da sie bezüglich des Komforts Nachteile gegenüber den anderen Anlagen aufweisen.

Eine Aussage über die Anlagengröße bei Mehrfamilienhäusern (zentrale Anlagen / dezentrale Anlagen) ist leider auf Basis der zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht möglich.



Grafik 29: Ausstattung der Objekte mit verschiedenen Lüftungsanlagen-Typen

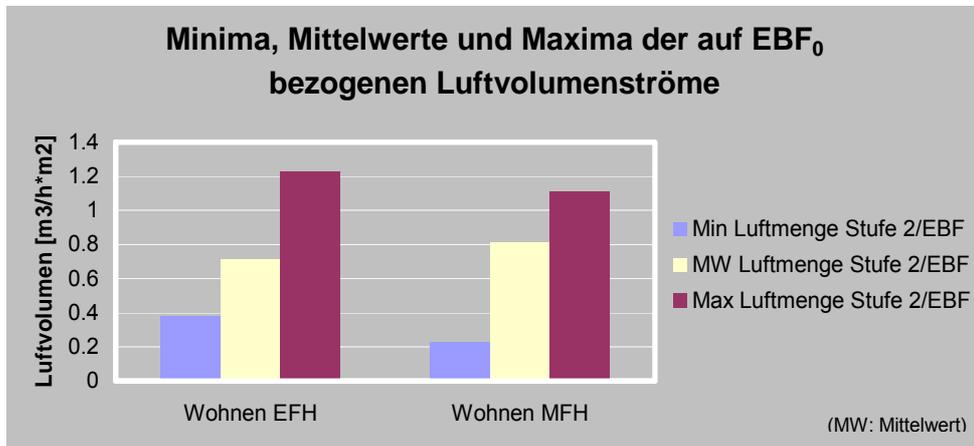
Wie aus Grafik 30 ersichtlich ist, sind die Anlagen in den Einfamilienhäusern grosszügiger dimensioniert als jene in den Mehrfamilienhäusern. Dabei ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass das für eine Wohneinheit zur Verfügung stehende Netto-Raumvolumen in den Mehrfamilienhäusern kleiner als in den Einfamilienhäusern ist.



Grafik 30: Luftvolumina der Lüftungsgeräte pro Wohneinheit bei verschiedenen Betriebszuständen

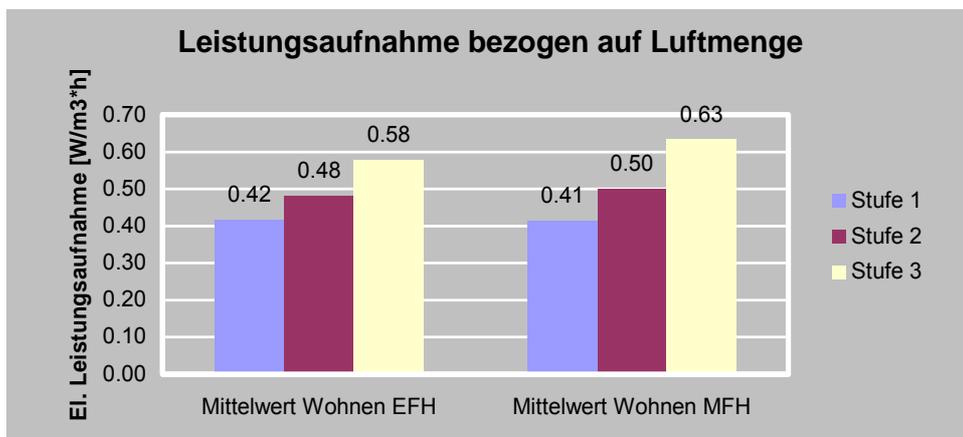
Eine Aussage zum durch die Anlagen erzielten Luftvolumenstrom lässt sich mittels des Bezugs der Luftvolumina auf die Energiebezugsfläche (Grafik 31) machen. Die Anlagen von Ein- und Mehrfamilienhäusern liegen dabei nicht wesentlich auseinander; die Mittelwerte liegen um $0.75 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$. Bei einer mittleren Raumhöhe von 2.4 Meter und einem Korrek-

turfaktor zwischen Nettfläche und EBF von 0.85 entspricht dies zirka einem Luftwechsel von 0.36/h.



Grafik 31: Luftvolumina, bezogen auf die Energiebezugsfläche, für EFH und MFH

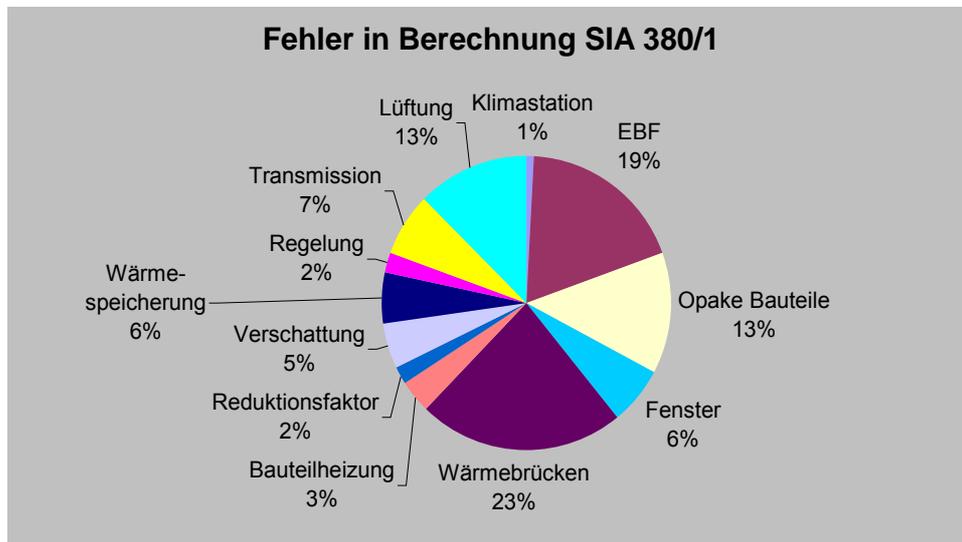
Auch was die Leistungsaufnahme der Lüftungsventilatoren betrifft, sind die Daten der Ein- und Mehrfamilienhäuser sehr ähnlich (Grafik 32). Wie erwartet nimmt die Energieeffizienz der Ventilatoren mit steigendem Luftvolumen ab, jedoch ist die Abnahme kleiner als die Theorie [6] zu erklären vermag. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass die Angaben im Nachweis in der Regel nicht der Wirklichkeit entsprechen bzw. die Herstellerangaben nicht korrekt sind. Entgegen den Vermutungen (grössere Anlagen) sind die Lüftungsanlagen in den Mehrfamilienhäusern nicht energieeffizienter als die in den Einfamilienhäusern installierten Anlagen.



Grafik 32: Ventilator-Leistungsaufnahme, bezogen auf die geförderte Luftmenge, für EFH und MFH

4.3.5 Nachweise / Berechnungen

4.3.5.1 Fehler in der Berechnung SIA 380/1



Grafik 33: In den Berechnungen nach SIA 380/1 ausgemachte Fehler

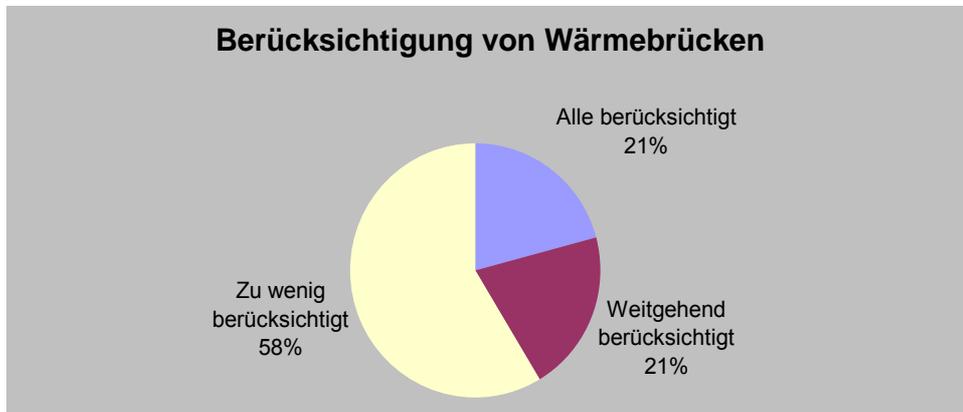
Wie oben stehende Grafik zeigt, wurden von den insgesamt 143 festgestellten Fehlern (im Durchschnitt fast 3 Fehler pro Berechnung) die grössten Anteile bei der Berücksichtigung der Wärmebrücken und der Berechnung der Energiebezugsfläche gemacht. Aber auch bei den opaken Bauteilen und der Lüftungsanlage gibt es viele Fehler.

Da es in diesem Projekt nur um MINERGIE-spezifische Aspekte geht, würde eine vertiefte Untersuchung der Probleme mit den Berechnungen nach SIA 380/1 zu weit gehen. Es kann aber gesagt werden, dass die meisten Berechnungen mit Fehlern behaftet sind, welche einen Einfluss auf das Endresultat des MINERGIE-Nachweises haben. Deshalb sollten die MINERGIE-Zertifizierungsstellen die Unterlagen genau prüfen; speziell auch, weil in einigen Kantonen bei MINERGIE-Bauten kein separater Energienachweis mehr notwendig ist.

4.3.5.2 Berücksichtigung der Wärmebrücken in der Berechnung SIA 380/1

Wie bereits vorgängig erwähnt, wurden die Wärmebrücken bei der Mehrzahl der untersuchten Objekte zu wenig berücksichtigt. Ein konsequenter Einbezug der durch Wärmebrücken verursachten Wärmeverluste erfolgt nur bei rund einem Fünftel der Berechnungen. Künftige Schulungen (MINERGIE, SIA 380/1) sollten sich diesem Problem annehmen, da dies zu Diskrepanzen zwischen Berechnung und Verbrauch, zu Fehlern bei der

Zertifizierung oder gar zu falscher Dimensionierung der Heizungsanlage führen kann.

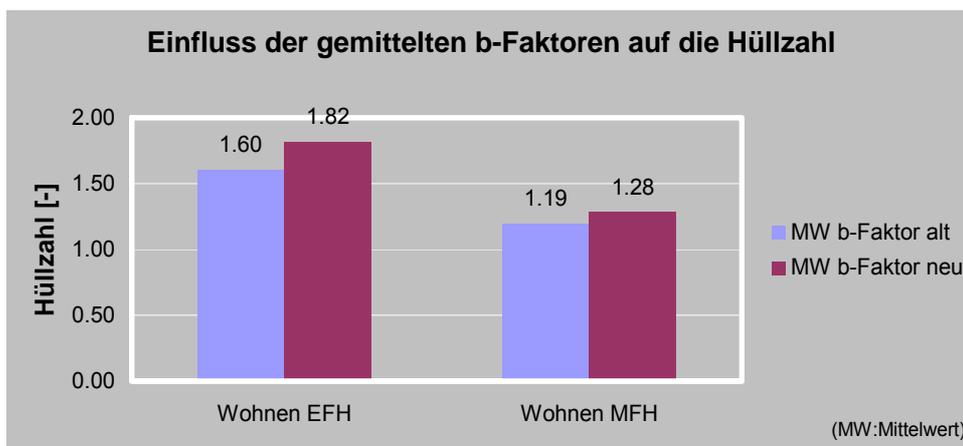


Grafik 34: Beurteilung der Berücksichtigung von Wärmebrücken in der Berechnung nach SIA 380/1

4.3.5.3 Einfluss der b-Faktoren auf die Hüllzahlen

Da die Ergebnisse der Berechnungen je nachdem, ob sie nach alter oder neuer SIA 380/1 erfolgten, variieren, wurden die nachfolgenden Auswertungen entsprechend separat durchgeführt.

Die mit der überarbeiteten SIA 380/1 anzuwendenden b-Faktoren haben einen deutlichen Einfluss auf die Hüllzahlen, wie aus Grafik 35 entnommen werden kann. Durchwegs führt die neue Berechnungsart zu höheren Hüllzahlen, wobei der Einfluss der geänderten b-Faktoren bei den Mehrfamilienhäusern geringer ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Anteil von Boden- und Dachflächen pro m² EBF im Vergleich mit Einfamilienhäusern geringer ist.



Grafik 35: Einfluss der b-Faktoren auf die Hüllzahl (Mittelwerte)

4.3.5.4 Einfluss der Messweise der Energiebezugsfläche im Dachgeschoss

Die SIA-Norm 180/4 legt die Messweise der Energiebezugsflächen (EBF) fest und verweist auf SIA-Norm 416 (Ausgabe 1993)⁵. Besonders in Dachgeschossen treten immer wieder Unsicherheiten mit der Berechnung der EBF auf. SIA 416 bestimmt in diesem Zusammenhang Folgendes: „...nicht als Geschossflächen gerechnet werden ... Installations- und Dachgeschosse von weniger als 1.00 m durchschnittlicher lichter Höhe“.

Da die EBF als Bezugsgrösse für den gesamten Energieverbrauch dient, sollte sie im Sinn einer effizienten Energienutzung nur diejenigen Flächen umfassen, welche tatsächlich nutzbar sind. Die Definition der SIA 416 erfüllt dieses Kriterium nicht, da Räume von 1.00 m mittlerer Höhe z.B. bei schwach geneigten Dächern kaum sinnvoll genutzt werden können.

Die Untersuchung der 52 MINERGIE-Nachweise hat ergeben, dass eine Änderung der Praxis auf die Messung einer durchschnittlichen lichten Höhe von 1.50 m (Abbildung 2) kaum Auswirkungen auf die Energiebezugsfläche hat. Eine Messung der EBF ab einer Kniestockhöhe von 1.20 m hätte jedoch spürbare Einflüsse auf die Energiebezugsfläche (Reduktion um 7.6%) und damit auch auf die gewichtete Energiekennzahl gemäss MINERGIE (Erhöhung um 1.2%). Interessant in diesem Zusammenhang ist, dass unter Anwendung dieser Messweise bei fast 10% der untersuchten Nachweise der MINERGIE-Grenzwert überschritten worden wäre.

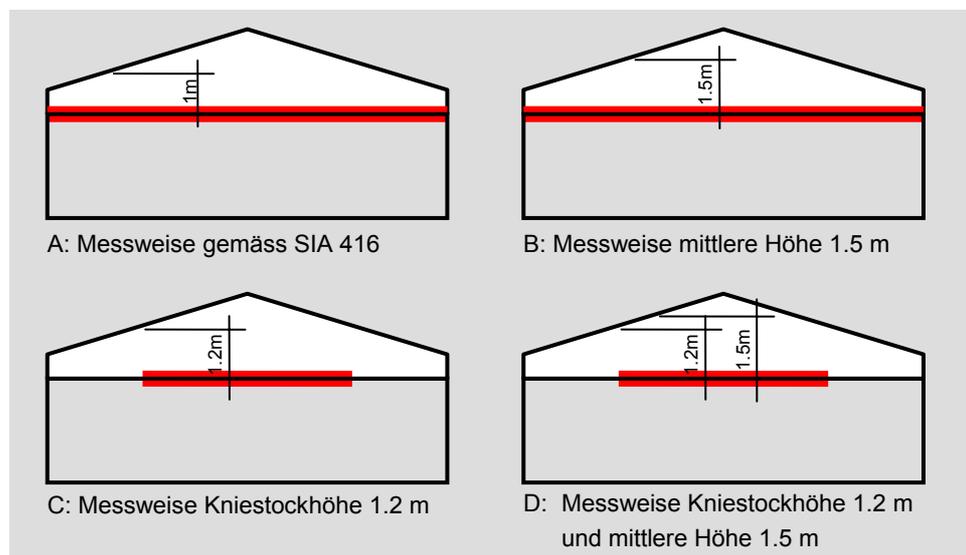
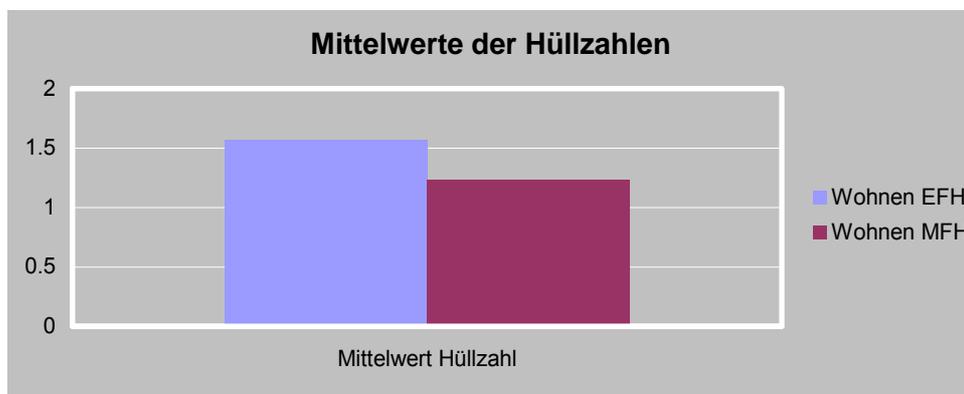


Abbildung 2: Verschiedene Messweisen zur Berechnung der EBF im Dachgeschoss

⁵ Die neueste Ausgabe der SIA-Norm 416 (2003) stand zum Zeitpunkt der Erarbeitung dieses Berichts noch nicht zur Verfügung.

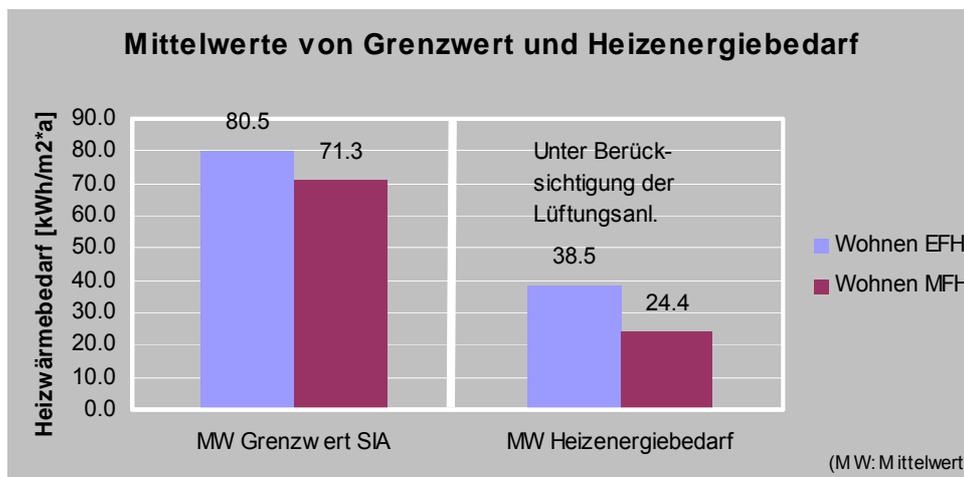
Wir empfehlen, eine Kombination aus Kniestockhöhe und mittlerer Raumhöhe anzuwenden, um eine Verwässerung der Energiekennzahl durch Gebäudeflächen, die nicht wirklich genutzt werden können, zu vermeiden. Die Festlegung vernünftiger Masse und die Entwicklung einer einfach vollziehbaren Methode (Info z.B. in Form eines Merkblatts) müssen ausserhalb dieses Projekts erfolgen (siehe Kapitel 13). Weiter ist zu klären, ob eine analoge Problematik in beheizten Untergeschossen vorliegt.

4.3.5.5 Ergebnisse der Berechnung nach alter SIA 380/1



Grafik 36: Mittelwerte der Hüllzahlen (alte SIA 380/1)

Aus Grafik 36 ist ersichtlich, dass die Hüllzahl der untersuchten Einfamilienhäuser deutlich höher ist als diejenige der Mehrfamilienhäuser, was auf das grössere Gebäudevolumen der MFH zurückzuführen ist. Leider liegen keine Vergleichszahlen konventioneller Neubauten vor, sodass ein Vergleich der Hüllzahlen innerhalb der Nutzungskategorien nicht möglich ist.



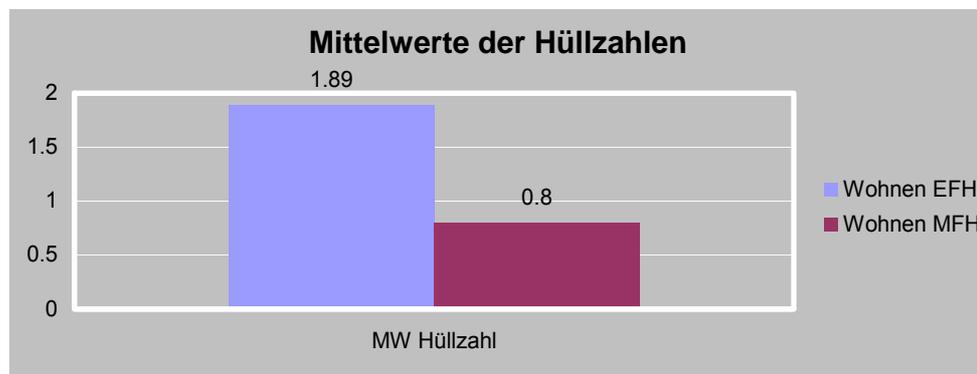
Grafik 37: Mittelwerte von Grenzwert und Heizwärmebedarf (alte SIA 380/1)

Bei einem Vergleich zwischen Grenzwert (H_g) und der Heizenergiebedarf (Q_h) ist zu beachten, dass die Wärmerückgewinnung in den Lüftungsanlagen unterschiedlich berücksichtigt wird. Ein Vergleich der SIA-Grenzwerte mit den MINERGIE-Grenzwerten (siehe Grafik 41) zeigt, dass diese rund 45% tiefer liegen⁶. Da konventionelle Neubauten in der Regel mehr oder weniger deutlich den SIA-Grenzwert unterschreiten (Regelung des Höchstanteils nicht erneuerbarer Energie), dürfte in der aktuellen Baupraxis die Differenz zum MINERGIE-Grenzwert bedeutend geringer ausfallen.

Der thermisch wirksame Aussenluftwechsel liegt mit 0.13/h für Einfamilienhäuser als auch für Mehrfamilienhäuser im Rahmen des Üblichen.

4.3.5.6 Ergebnisse der Berechnung nach neuer SIA 380/1

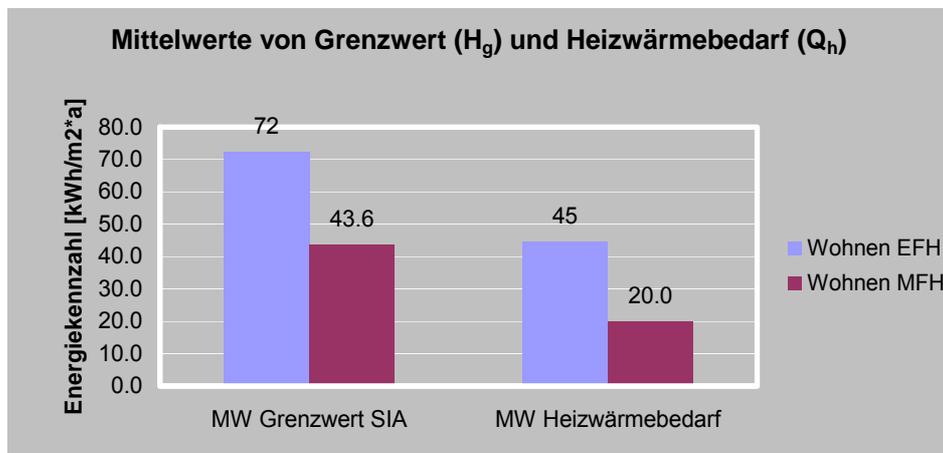
Aus Gründen der fehlenden Vergleichbarkeit zwischen den Werten aus „alter“ und „neuer“ SIA 380/1 musste die Auswertung der Objekte entsprechend separat erfolgen. Der Vergleich zwischen den beiden Berechnungsarten ist nur als Anhaltspunkt zu verstehen, da den Berechnungen jeweils andere Objekte zugrunde liegen.



Grafik 38: Mittelwerte der Hüllzahlen (neue SIA 380/1)

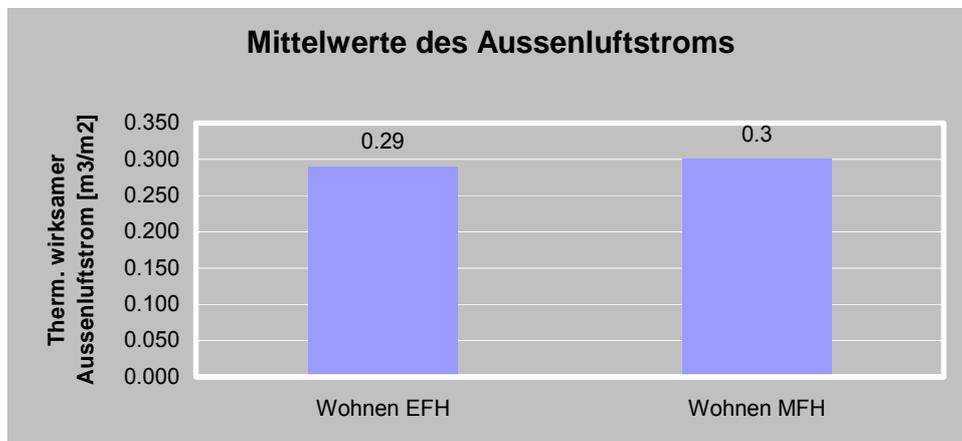
Wie Grafik 38 entnommen werden kann, weisen die Hüllzahlen gegenüber denjenigen der mit „alter“ SIA 380/1 berechneten Objekte deutliche Abweichungen auf. Vor allem ist die Differenz zwischen Ein- und Mehrfamilienhäusern grösser geworden.

⁶ Der MINERGIE-Grenzwert stützt sich auf gewichtete Verbräuche ab, weshalb ein direkter Vergleich nicht zulässig ist. Da jedoch selbst unter Fachleuten immer wieder solche Vergleiche angestellt werden, gehen wir an dieser Stelle darauf ein.



Grafik 39: Mittelwerte von Grenzwert und Heizwärmebedarf (neue SIA 380/1)

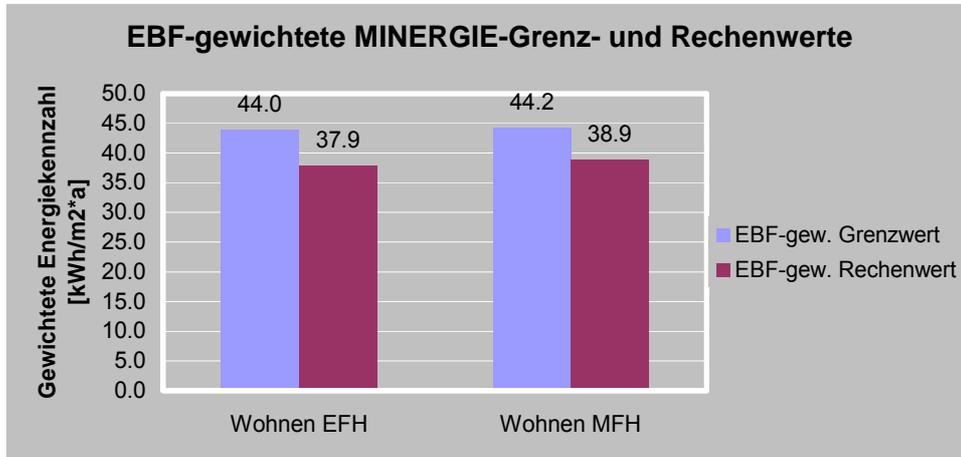
Ein Vergleich der Grenzwerte nach „alter“ und „neuer“ SIA 380/1 zeigt, dass die Grenzwerte – vor allem bei den Mehrfamilienhäusern – neu viel tiefer liegen, der Heizwärmebedarf jedoch bei den EFH sogar gestiegen ist, d.h. eine Angleichung zwischen Grenzwert und Heizwärmebedarf erfolgt ist. Diese Aussage bezieht sich jedoch nur auf die Berechnung; in der Praxis dürfte der Heizenergiebedarf davon unberührt geblieben sein.



Grafik 40: Mittelwerte des thermisch wirksamen Aussenluftstroms (neue SIA 380/1)

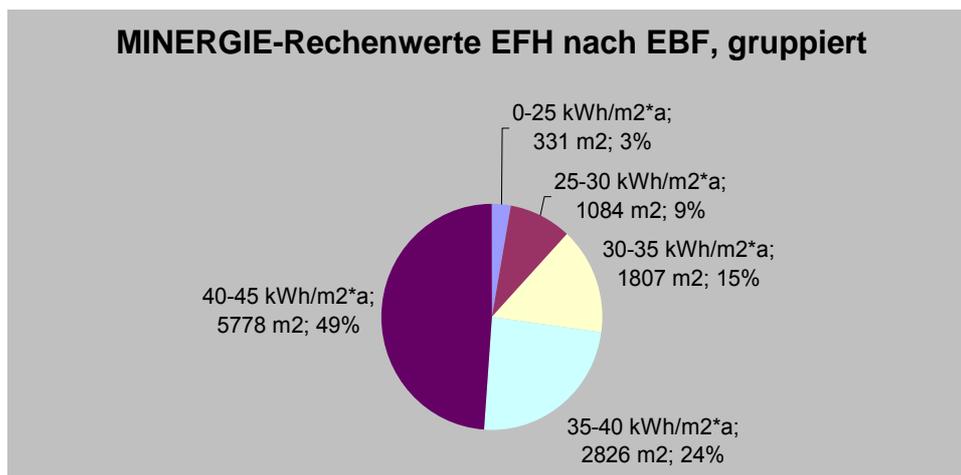
Ein Vergleich des thermisch wirksamen Aussenluftstroms („neue“ SIA 380/1) und des thermisch wirksamen Aussenluftwechsels („alte“ SIA 380/1) ist aufgrund der unterschiedlichen Berechnungsweise nur annäherungsweise möglich. Unter Berücksichtigung einer mittleren Raumhöhe von 2.4 m entspricht er mit 0.125/h ziemlich genau dem thermisch wirksamen Aussenluftwechsel (siehe Abschnitt 4.5.5).

4.3.5.7 Ergebnisse der Berechnung des MINERGIE-Nachweises



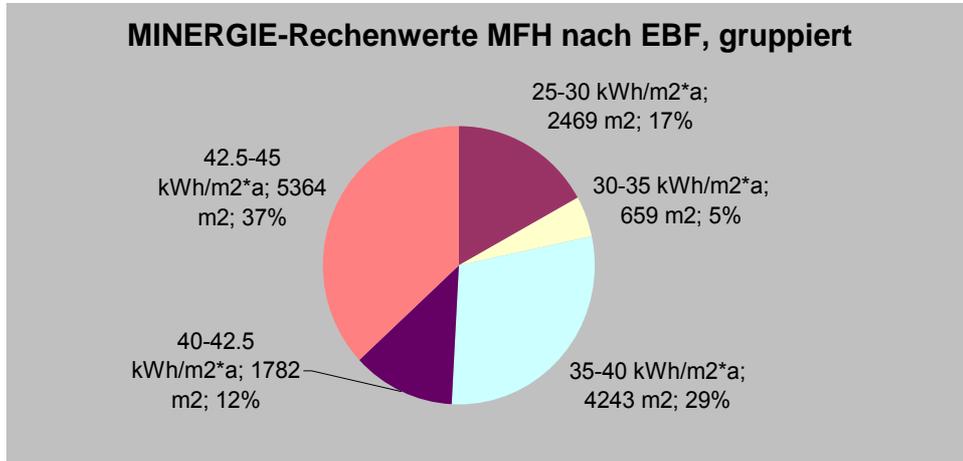
Grafik 41: Vergleich zwischen Anforderung und berechneter Energiekennzahl nach MINERGIE

Eine deutliche Unterschreitung des MINERGIE-Grenzwerts kann bei der Untersuchung der Nachweise ausgemacht werden. Die Differenz zwischen dem gewichteten Grenzwert und dem „alten“ MINERGIE-Grenzwert von 45 kWh/m²a ist auf diejenigen Objekte zurückzuführen, welche nach neuer Norm SIA 380/1 berechnet wurden (Grenzwert 42 kWh/m²a). Der Median der Rechenwerte für Einfamilienhäuser liegt dementsprechend mit 39.7 kWh/m²a um 1.7 kWh/m²a tiefer als der ungewichtete Mittelwert und um 1.8 kWh/m² tiefer als der EBF-gewichtete Mittelwert.



Grafik 42: Verteilung der MINERGIE-Rechenwerte für EFH auf Kategorien (Anteile entsprechen EBF)

Grafik 42 zeigt die Aufteilung der Rechenwerte für Einfamilienhäuser auf Kategorien. Etwas weniger als die Hälfte aller Objekte weist Rechenwerte auf, die knapp unter dem MINERGIE-Grenzwert liegen; der Rest der Objekte unterschreitet den Grenzwert deutlicher.



Grafik 43: Verteilung der MINERGIE-Rechenwerte für MFH auf Kategorien (Anteile entsprechen EBF)

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Mehrfamilienhäusern (Grafik 43). Wohl gibt es hier keine Objekte mit Energiekennzahlen unter 25 kWh/m²a, dafür gibt es einen erstaunlich hohen Anteil in der Kategorie 25-30 kWh/m²a.

Keines der untersuchten Objekte überschreitet den MINERGIE-Grenzwert, was auf die intensive Kontrolle der MINERGIE-Zertifizierungsstellen zurückzuführen sein dürfte.

5 Befragung der beteiligten Akteure

5.1 Ausgangslage

Dieser Teil der Studie wurde im Rahmen des Methodengestützten Projektunterrichts im 4. Semester (MPU4) an der FHS Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit St. Gallen, Studienbereich Wirtschaft, bearbeitet. Der Projektauftrag wurde von der Projektadministration verfasst und bildete die Basis für die Untersuchungen.

5.2 Konzeption der Umfrage

5.2.1 Zielsetzungen

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit bestand in der Untersuchung der Prozessabläufe bei der Entstehung von MINERGIE-Bauten. Mittels einer Umfrage wurde aufgezeigt, worin die Schwierigkeiten in der Umsetzung des MINERGIE-Standards bestehen. Konkret wurde erhoben, ob und wie gut die Zusammenarbeit zwischen den Parteien funktioniert, wo es allenfalls zu Schnittstellenproblemen kommt und welche Gründe dafür vorhanden sind.

Die Umfrage wurde für die bereits vorgängig selektierten 52 Objekte (siehe Abschnitt 4.2.1) mit den Untergruppen Bauträgerschaft/Nutzende, Architekturschaffende und Haustechnik-Planende durchgeführt. Die Personengruppen sind in den Kantonen Zürich, St. Gallen, Glarus, Thurgau und Appenzell Ausserrhoden tätig bzw. wohnhaft.

Die Erfahrungen der Nutzenden, Architekturschaffenden und Haustechnik-Planenden zeigten die Schwierigkeiten in der Umsetzung des MINERGIE-Standards auf. Bei den Nutzenden interessieren vor allem die Zufriedenheit mit der MINERGIE-Baute sowie die Zufriedenheit mit der Unterstützung durch die am Bau beteiligten Parteien. Im Weiteren ist ihr Verhalten im Umgang mit der MINERGIE-Baute zu erforschen. Zudem gilt es, mit dem Fragebogen die Zusammenarbeit unter den Parteien und mögliche Schnittstellenprobleme zu untersuchen.

Folgende Aspekte sollen mittels eines für die Anspruchsgruppen individuell angepassten Fragebogens erhoben werden:

- Motivation, Zeitpunkt und Auslöser des MINERGIE-Entscheides
- Konsequenzen des MINERGIE-Entscheides für den Planungsverlauf
- Erfahrungen in der Planungs-, Bau- und Nutzungsphase

- Erfahrungen mit der Lüftungsanlage
- Erfüllung der Erwartungen
- Benutzerverhalten: Beheizung/Temperierung von Räumen
- Abweichungen der Ausführung vom ursprünglichen MINERGIE-Projekt
- Unterstützung durch Systemherstellende (Fassade, Heizung, Lüftung)
- Mögliche Verbesserungen in der Umsetzung des MINERGIE-Standards

5.2.2 Methodisches Vorgehen

5.2.2.1 Sammeln von Informationen zum Thema

Da die beauftragte Projektgruppe kaum über Vorkenntnisse zu MINERGIE verfügte, wurden in einer ersten Phase Informationen zum Thema gesammelt. Hierbei dienten das Internet und insbesondere die Internetseite des Vereins MINERGIE als Hilfsmittel. Eine bereits bestehende Studie zum Thema MINERGIE [2] half, die Grundgedanken von MINERGIE zu verstehen. Als zusätzliche Quelle dienten die Tageszeitungen, welche periodisch über MINERGIE berichten [9]. Ausserdem wurde ein MINERGIE-EFH besichtigt.

5.2.2.2 Experteninterviews

Anhand von Experteninterviews wurden erste Informationen über die Prozesse in MINERGIE-Bauten gesammelt. Die Erfahrungen der Fachpersonen zeigten auf, welche Kriterien im Fragebogen für die einzelnen Anspruchsgruppen zu berücksichtigen sind (die Liste der befragten Experten befindet sich in Anhang 16.3).

5.2.2.3 Forschungsdesign

Mit Hilfe der Experteninformationen wurde ein Forschungsdesign für die drei Anspruchsgruppen erstellt, welches zugleich als Basis für die Fragebogen diente. An einer ersten Sitzung mit der Begleitgruppe der Kantone (1. April 2003) wurden die Fragebogen präsentiert und Anregungen entgegengenommen.

5.2.2.4 Anspruchsgruppen

Es wurden 77 Bauherrschaften/Nutzende, 47 Architekturschaffende und 45 Haustechnik-Planende zu ihren Erfahrungen mit MINERGIE befragt. Jede der Anspruchsgruppen erhielt einen individuell zugeschnittenen Fragebogen. Grundsätzlich hatte jede Person nur einen Fragebogen auszufüllen, auch wenn sie an mehreren Objekten beteiligt war. Traten Architek-

turschaffende oder Haustechnik-Planende aber gleichzeitig auch als Bau-trägerschaft/Nutzende der MINERGIE-Baute auf, so wurden sie gebeten, zwei Fragebogen ausfüllen. Traten die Architekturschaffenden gleichzeitig als Haustechnik-Planende auf, so erhielten sie nur den Fragebogen der Architekturschaffenden.

5.2.2.5 Fragebogenaufbau

Die Einstiegsfragen wurden für alle drei Anspruchsgruppen gleich gestaltet und ermöglichten deshalb eine Gesamtauswertung (siehe Abschnitt 5.6.1). Sie geben einen Gesamtüberblick, wie die Anspruchsgruppen auf MINERGIE aufmerksam geworden sind und erhellen die Motivation, ein MINERGIE-Objekt zu erstellen. Im mittleren Teil des Fragebogens werden spezifische Fragen an die einzelnen Untergruppen gestellt. Somit können die Erfahrungswerte im Bauprozess sowie im Betrieb unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden. Die offenen Fragen bilden den Abschluss und ermöglichen es, Massnahmenvorschläge für die Erstellung einer MINERGIE-Baute oder das MINERGIE-Verfahren abzuleiten.

5.3 Auswertung der Umfrage Bauträgerschaft/Nutzende

5.3.1 Zielsetzung

Die Bauträgerschaften und die Nutzenden werden gezielt nach ihrem Objekt befragt. Hierbei interessiert vor allem ihre Zufriedenheit in der Betriebsphase der MINERGIE-Baute. Die folgenden Forschungsziele sollten anhand des Fragebogens geklärt werden:

- Zusammenarbeit der Bauträgerschaft mit den Parteien Architekturschaffende, Haustechnik-Planende, Bauleitung, kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle und Systemherstellende von Heizung, Lüftung und Gebäudehülle
- Ursachen möglicher Schnittstellenprobleme zwischen den Parteien
- Einführung der Nutzenden in die MINERGIE-Baute und in die kontrollierte Lüftung
- Zufriedenheit der Nutzenden in Bezug auf den Wohnkomfort
- Wartungsaufwand für die kontrollierte Lüftung
- Beachtung des Energieverbrauchs (Thematik Fensterlüftung)
- Erfüllungsgrad bezüglich der Erwartungen
- Einschränkungen im Wohnkomfort

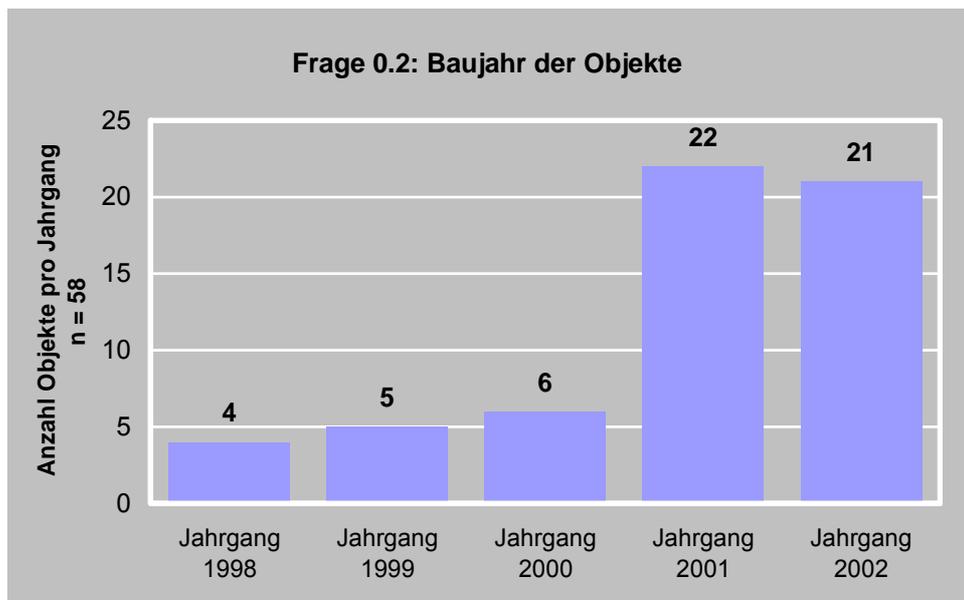
5.3.2 Auswertung

Von den 74 versandten Fragebogen an die Anspruchsgruppe Bauträgerschaft/Nutzende sind 58 ausgefüllt retourniert worden (Rücklaufquote 78.4 %). Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse aus der Umfrage analysiert und interpretiert.

5.3.2.1 Persönliche Angaben

Von der auswertbaren Grundgesamtheit bezeichnen sich 43 % als Nutzende und 57 % sind sowohl Bauträgerschaft als auch Nutzende des Objektes.

Von den total 58 Bauobjekten wurde die Mehrheit in den Jahren 2001 und 2002 erstellt, nämlich 22 Objekte im Jahre 2001 und 21 Objekte im Jahre 2002. Die ältesten Objekte stammen aus dem Jahre 1998 (Grafik 44).

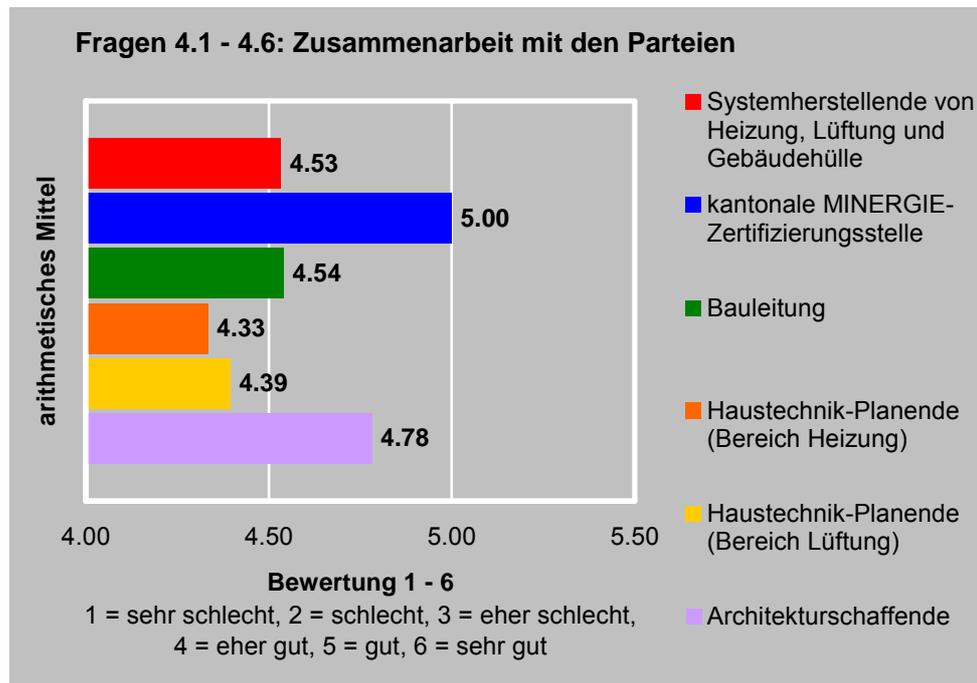


Grafik 44: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 0.2

5.3.2.2 Zusammenarbeit mit den am Bau beteiligten Parteien

Anhand der Frage 4 im Fragebogen Bauträgerschaft/Nutzende wird die Zusammenarbeit der Bauträgerschaft/Nutzenden mit den beteiligten Parteien untersucht. Die sechs Parteien setzen sich wie folgt zusammen: Architekturschaffende, Haustechnik-Planende (Bereich Lüftung), Haustechnik-Planende (Bereich Heizung), Bauleitung, kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle und Systemherstellende von Heizung, Lüftung und Gebäudehülle. Die erwähnten Parteien sind von den Bauträgerschaften/Nutzenden bezüglich ihrer Zusammenarbeit auf einer Skala von 1 (sehr schlecht) bis 6 (sehr gut) bewertet worden.

Die Auswertung der Antworten belegt, dass die Zusammenarbeit mit den jeweiligen Parteien von den Bauträgerschaften/Nutzenden mehrheitlich als „gut“ eingestuft wird. Lediglich die Zusammenarbeit mit den Haustechnik-Planenden (Bereich Lüftung) weist einen Modalwert (häufigst genannter Wert) von 4 aus, d.h. die Zusammenarbeit wird als „eher gut“ eingestuft. Die Modalwerte neigen dazu, ein allzu positives Bild aufzuzeigen. Vergleicht man das arithmetische Mittel der Antworten zu Frage 4, so lassen sich beachtliche Abweichungen vom Modalwert erkennen (Grafik 45).



Grafik 45: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 4.1 - 4.6

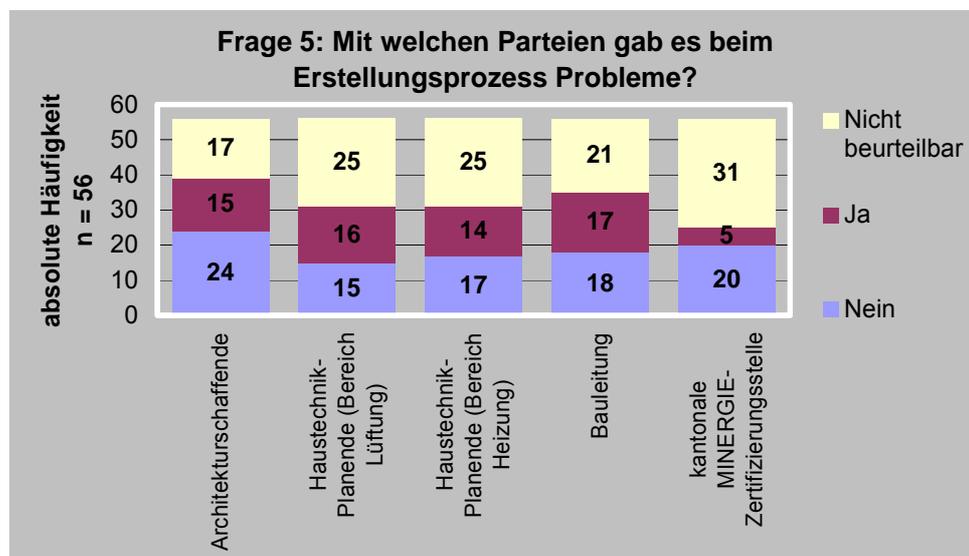
Die Zusammenarbeit mit der kantonalen Zertifizierungsstelle erhält im Durchschnitt die beste Bewertung, danach folgt die Zusammenarbeit mit den Architekturschaffenden. Die Bauleitung und die Systemherstellenden von Heizung, Lüftung und Gebäudehülle erhalten etwa die gleiche Bewertung. Klar schlechter fällt die Zusammenarbeit mit den beiden Haustechnik-Planenden aus. Die Gründe dafür lassen sich mit dieser Auswertung noch nicht abschliessend erklären.

5.3.2.3 Probleme beim Erstellungsprozess

Frage 5 des Fragebogens Bauträgerschaft/Nutzende zielt auf die Probleme mit den beim Erstellungsprozess der MINERGIE-Bauten beteiligten Parteien ab. In einem zweiten Schritt werden – falls Probleme aufgetaucht sind – die Gründe dafür erhoben. Auf diese Weise wurden Aussagen über die Parteien Architekturschaffende, Haustechnik-Planende (Bereich Lüf-

tung), Haustechnik-Planende (Bereich Heizung), Bauleitung und kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle gewonnen.

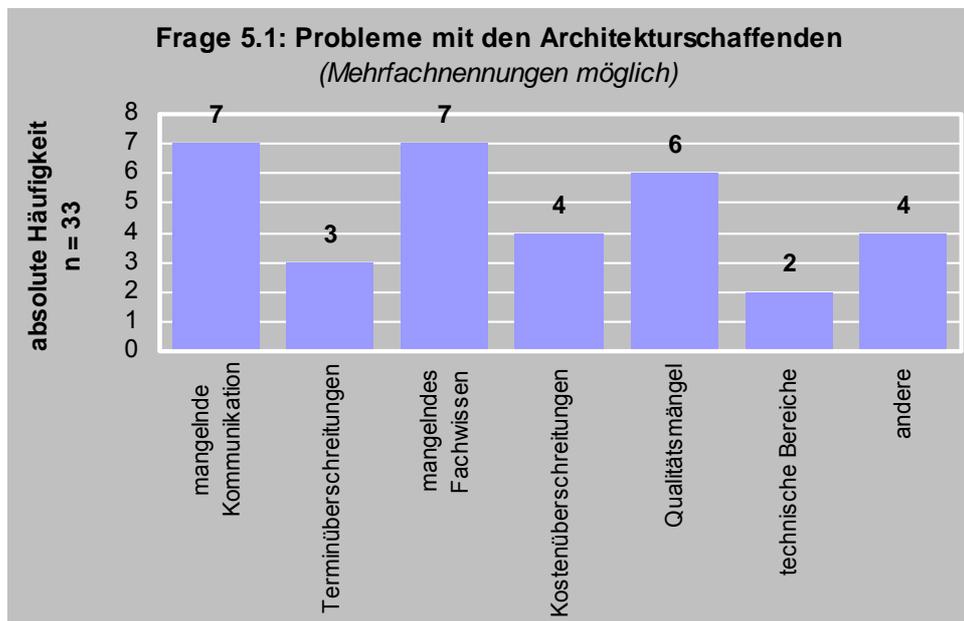
Die Resultate aus Frage 5 sind in Grafik 46 dargestellt. Bei den kantonalen MINERGIE-Zertifizierungstellen bestehen am wenigsten Probleme, was jedoch nicht weiter erstaunt, da sie am Erstellungsprozess einer MINERGIE-Baute nur wenig beteiligt sind. Von den 56 befragten Bauträgerschaften/Nutzenden sagen rund 38 %, dass es mit den übrigen Parteien Probleme gegeben hat.



Grafik 46: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 5

Im Folgenden wird auf die Probleme mit den Parteien Architekturschaffende, Haustechnik-Planende (Bereich Lüftung) und Bauleitung näher eingegangen.

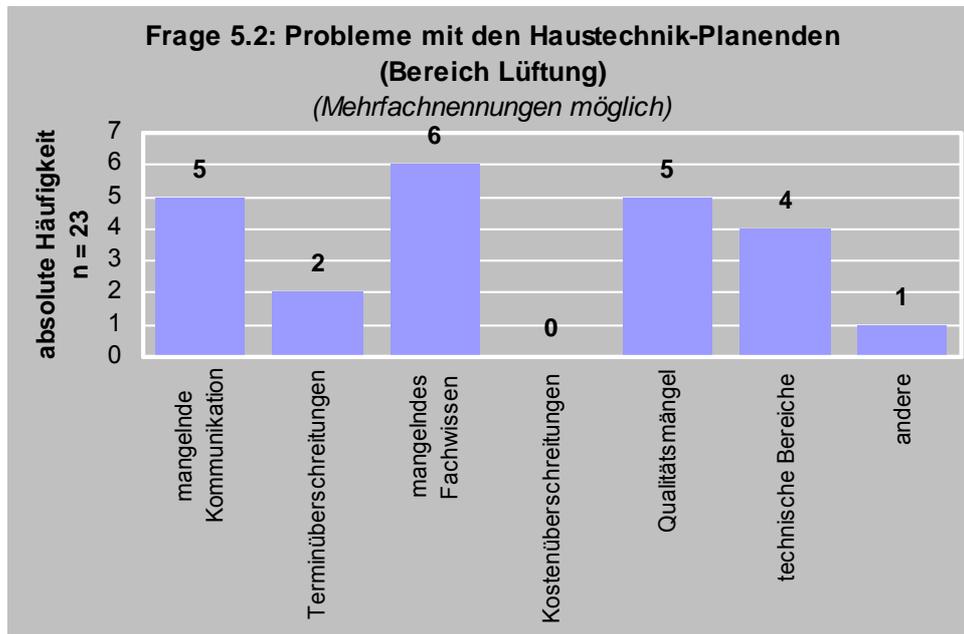
Betrachtet man Grafik 47, so lassen sich drei Hauptprobleme erkennen, die beim Erstellungsprozess einer MINERGIE-Baute mit den Architekturschaffenden auftreten: mangelnde Kommunikation, mangelndes Fachwissen und Qualitätsmängel. Danach folgen Terminüberschreitungen, Kostenüberschreitungen und andere (wobei billigeres Material, schlechte Koordination und mangelnde Anwesenheit auf der Baustelle genannt worden sind).



Grafik 47: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 5.1

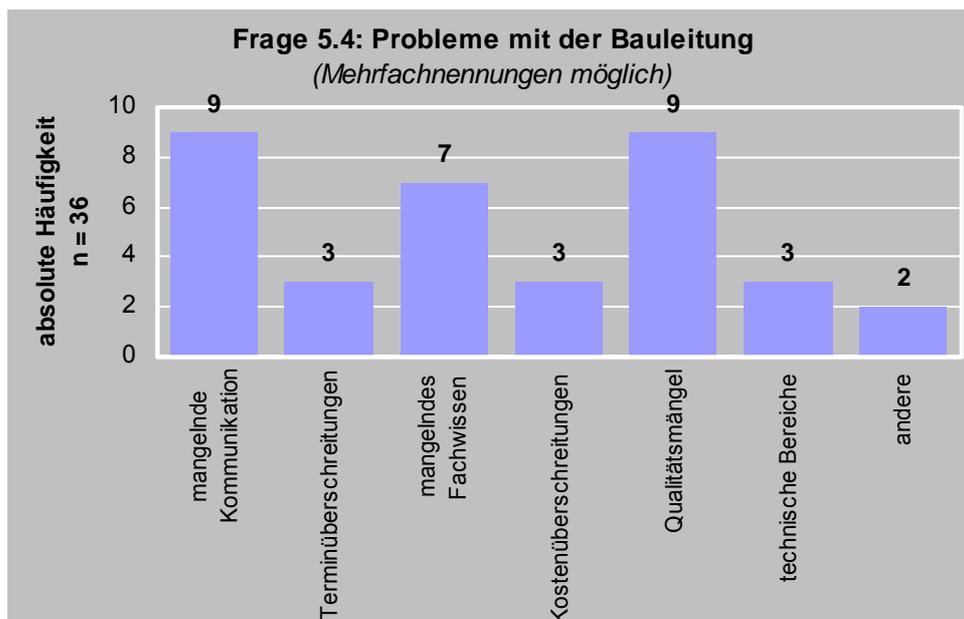
Die Bauträgerschaften/Nutzenden nennen als häufigsten Grund für Probleme mit den Haustechnik-Planenden (Bereich Lüftung) das mangelnde Fachwissen, danach folgt als zweithäufigste Nennung die mangelnde Kommunikation und Qualitätsmängel (Grafik 48). Als dritthäufigster Grund für Probleme beim Erstellungsprozess werden technische Bereiche angegeben. Es lassen sich Parallelen zu den Problemen mit den Architekturschaffenden erkennen.

Die schlechte Bewertung der Haustechnik-Planenden lässt sich einerseits durch den niedrigen Informationsgehalt der Pläne, die sie von den Architekturschaffenden bekommen, erklären (siehe Abschnitt 5.5.2.5). Andererseits werden die Haustechnik-Planenden in vielen Fällen erst bei der Projektierung beigezogen (siehe Abschnitt 5.5.2.4). Ein weiterer Grund könnte darin liegen, dass in der Regel der Kontakt zwischen Bauträgerschaft und Haustechnik-Planenden eher spärlich ist.



Grafik 48: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 5.2

Die wichtigsten Gründe, weshalb sich beim Erstellungsprozess Probleme mit der Bauleitung ergeben, sind mangelnde Kommunikation und Qualitätsmängel (Grafik 49). Weiter wird von Seite der Bauträgerschaften/Nutzenden mangelndes Fachwissen der Bauleitung bemängelt. In einigen Fällen hat es Termin- und Kostenüberschreitungen sowie Probleme in technischen Bereichen gegeben.

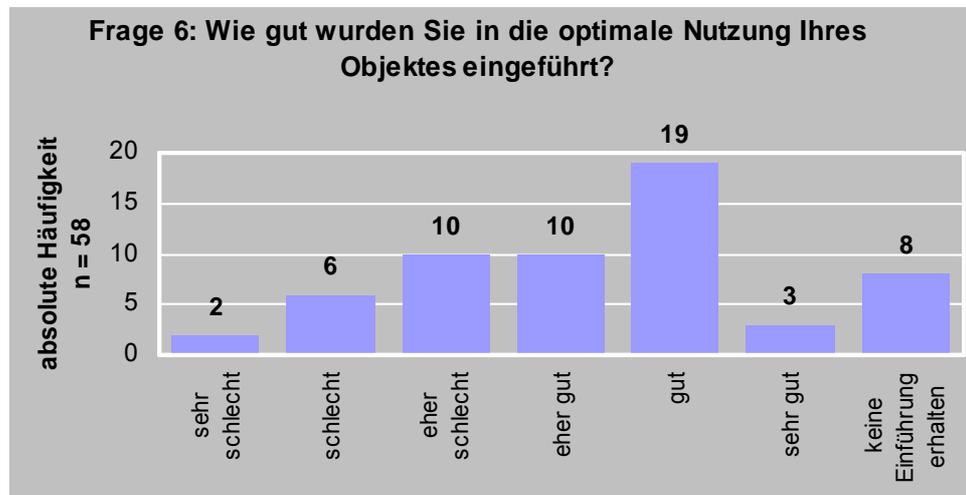


Grafik 49: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 5.4

Allgemein lässt sich sagen, dass es beim Erstellungsprozess einer MINERGIE-Baute mit den Architekturschaffenden, den Haustechnik-Planenden und der Bauleitung vor allem wegen mangelnder Kommunikation, mangelnden Fachwissens und Qualitätsmängeln zu Problemen gekommen ist.

5.3.2.4 Einführung in die optimale Nutzung des Gebäudes

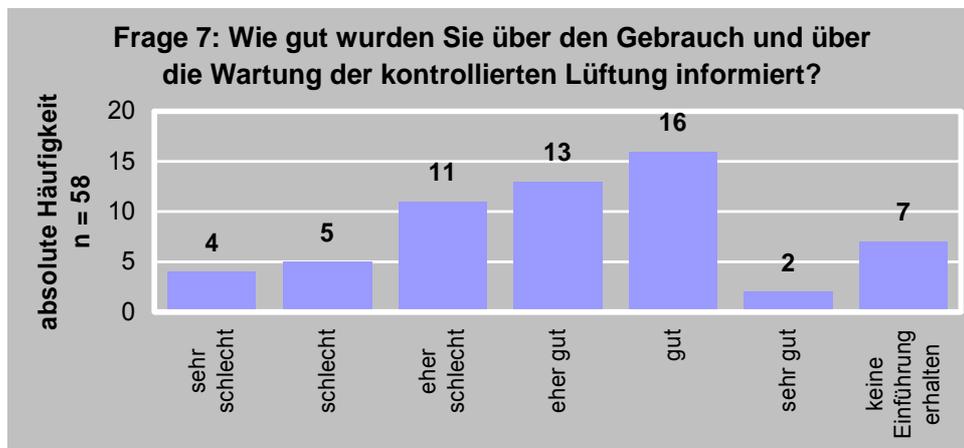
Die Frage 6 im Fragebogen Bauträgerschaft/Nutzende gibt Aufschluss über die Einführung in die optimale Nutzung einer MINERGIE-Baute. Die Auswertung der Antworten zeigt, dass die meisten Bauträgerschaften/Nutzenden die Einführung in die optimale Nutzung ihres MINERGIE-Objektes als gut einstufen (Grafik 50). Erstaunlich ist jedoch die Anzahl der Bauträgerschaft/Nutzenden, die keine Einführung erhalten haben (16.8 % Anteil an der Grundgesamtheit). Dies ist vor allem bei Nutzenden von Mehrfamilienhäusern der Fall. Weiter fällt auf, dass die Antwort „sehr gut“ vergleichsweise wenig genannt wird. 44.8 % der Befragten äussern sich eher negativ zur Frage, wie gut sie in die Nutzung ihres Objektes eingeführt worden sind.



Grafik 50: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 6

5.3.2.5 Einführung in den Gebrauch und die Wartung der kontrollierten Lüftung

Die Auswertung der Antworten zu Frage 7 zeigt ein ähnliches Bild wie bei der vorangehenden Frage. Aus Grafik 51 lässt sich wiederum als häufigste Antwort „gut“ ablesen. Ebenfalls vergeben nur drei Personen die Bestnote „sehr gut“. Die Anzahl der eher negativen Einschätzungen beläuft sich auf 27 Antworten oder 46.6 % der Grundgesamtheit. Vor allem Mieter von MINERGIE-Objekten haben keine Einführung in den Gebrauch und die Wartung der kontrollierten Lüftung erhalten.

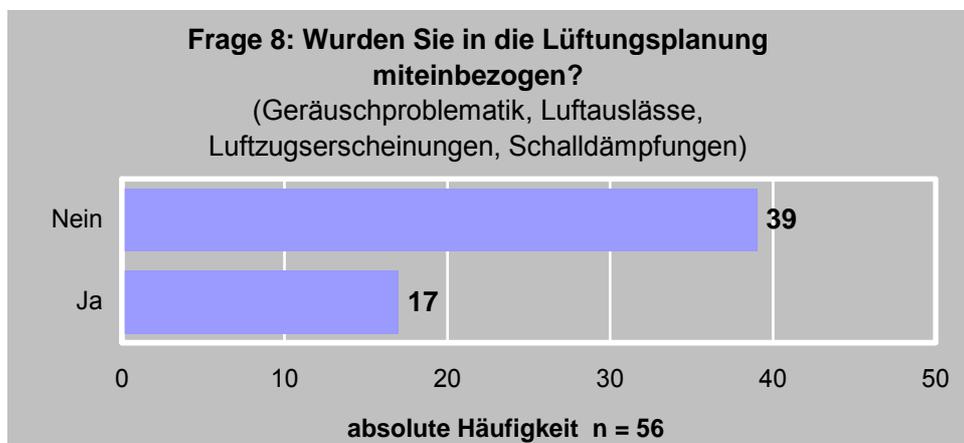


Grafik 51: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 7

Eine Einschätzung, wie gut die Nutzenden in den Gebrauch und in die Wartung der kontrollierten Lüftung eingeführt wurden, war Teil der Umfrage bei den Anspruchsgruppen Architekturschaffende (Abschnitt 5.4.2.13) und Haustechnik-Planende (Abschnitt 5.5.2.7).

5.3.2.6 Miteinbezug in die Lüftungskonzeption

Von den total 56 befragten Personen verneinen 39 die Frage, ob sie in die Lüftungskonzeption miteinbezogen worden sind. 17 Personen bestätigen den Einbezug in die Konzeption (Grafik 52). Der oftmals nicht erfolgte Einbezug in die Lüftungsplanung ist womöglich auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Bauträgerschaft in vielen Fällen nicht über das notwendige Sachverständnis verfügt oder die Nutzenden lediglich Mieter des Objektes sind. Ob die individuellen Wünsche und Bedürfnisse der Bauträgerschaften/Nutzenden unter diesem Gesichtspunkt genügend berücksichtigt werden, ist fraglich.

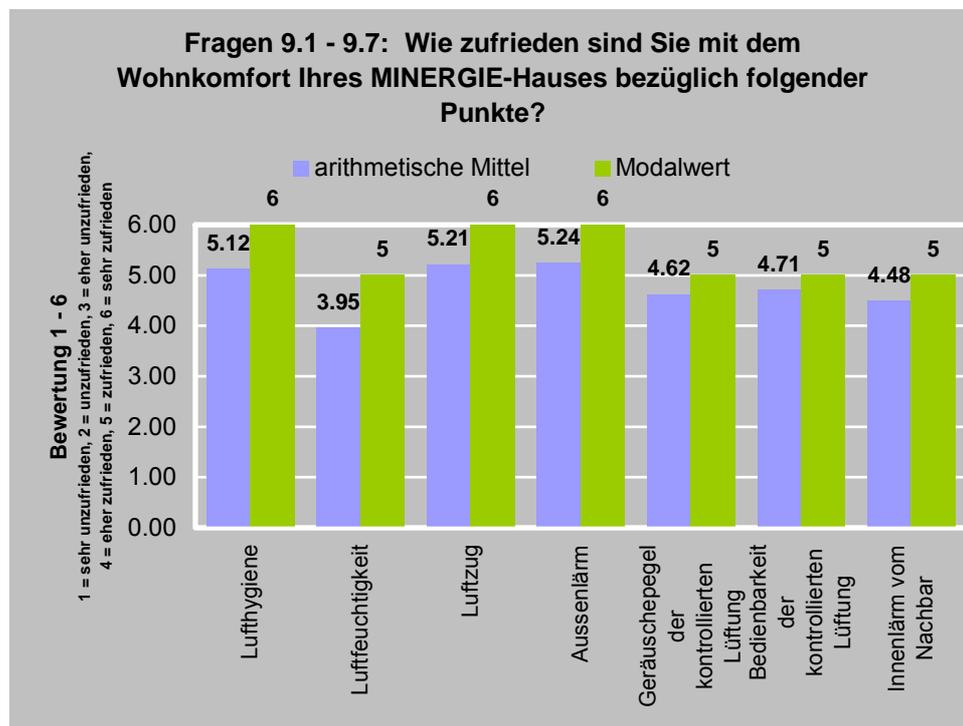


Grafik 52: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 8

5.3.2.7 Zufriedenheit mit dem Wohnkomfort

Die Frage 9 im Fragebogen Bauträgerschaft/Nutzende haben 58 Personen beantwortet. Grafik 53 zeigt die Resultate der Fragestellung anhand des Modalwertes und des arithmetischen Mittels. Die Zufriedenheit mit dem Wohnkomfort bezüglich Lufthygiene, Luftzug und Aussenlärm ist besonders hoch. Mit der Bedienbarkeit der kontrollierten Lüftung sind die Bauträgerschaften/Nutzenden zufrieden; auch das arithmetische Mittel von 4.7 lässt auf einen positiven Eindruck schliessen. Einen Vergleich mit Frage 7 (Abschnitt 5.3.2.5) zeigt, dass zwar die Einführung in die kontrollierte Lüftung nicht überall ausreichend erfolgt ist, wohl aber die Bedienbarkeit der kontrollierten Lüftung auf eine positive Resonanz stösst.

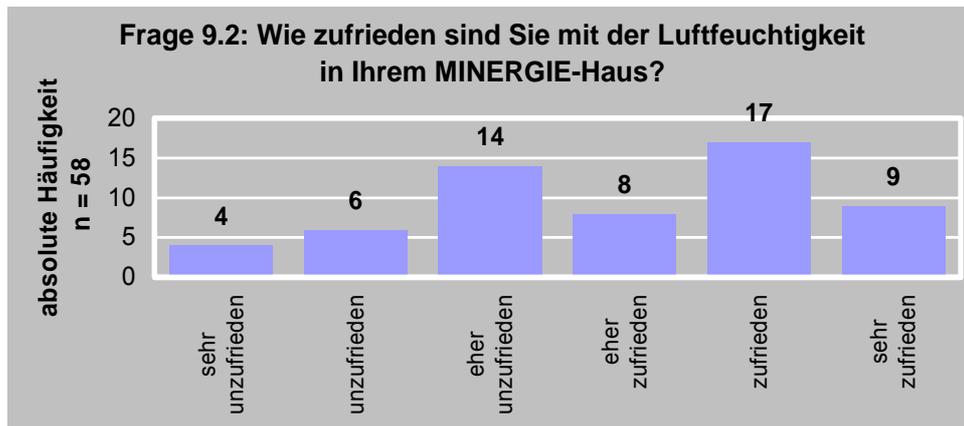
Die häufigste Bewertung bezüglich Innenlärm vom Nachbarn liegt bei zufrieden (nur bei Mehrfamilienhäusern). Andererseits weist das arithmetische Mittel von 4.5 der gleichen Frage auf einige negative Antworten hin. Gründe hierfür können nicht nur ungeeignete Konstruktionen sein, sondern auch die Tatsache, dass Menschen den Aussenlärm eher akzeptieren als den Innenlärm.



Grafik 53: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 9.1 - 9.7

Aus der Grafik 53 ist ersichtlich, dass das Kriterium Luftfeuchtigkeit zwar einen respektablen Modalwert aufweist, das arithmetische Mittel aber weit darunter liegt. Um den Hintergrund dieser Zahlen zu durchleuchten, muss die Grafik 54 beigezogen werden.

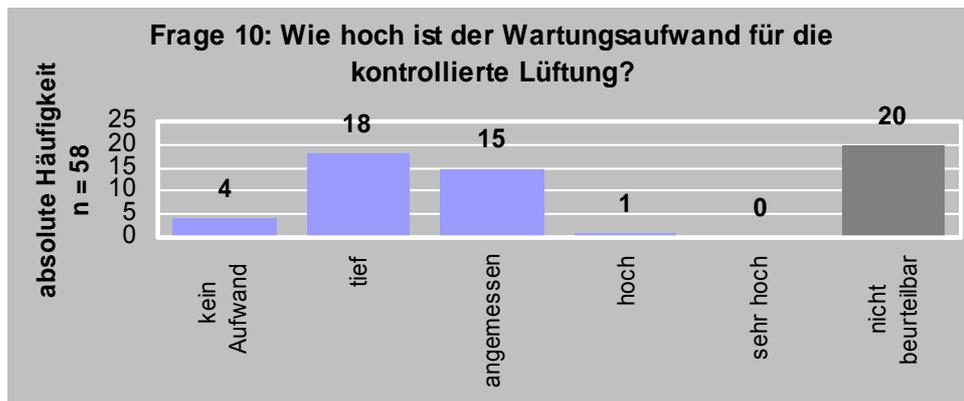
Die Luftfeuchtigkeit ist tatsächlich in vielen Gebäuden ein Problem. Das Argument, dass die Luft während der Heizmonate zu trocken ist, kommt immer wieder zur Sprache. Ob die Nutzenden auch natürliche Luftbefeuchter, wie zum Beispiel Pflanzen oder Aquarien, benützen, bleibt offen.



Grafik 54: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 9.2

5.3.2.8 *Wartungsaufwand für die kontrollierte Lüftung*

Wie Grafik 55 zeigt, fällt der Wartungsaufwand für die kontrollierte Lüftung im Allgemeinen tief aus. Der hohe Anteil der Antwort „nicht beurteilbar“ ist auf die Bewohner von Mehrfamilienhäusern zurückzuführen, die einen Teil der Grundgesamtheit der Erhebung ausmachen.



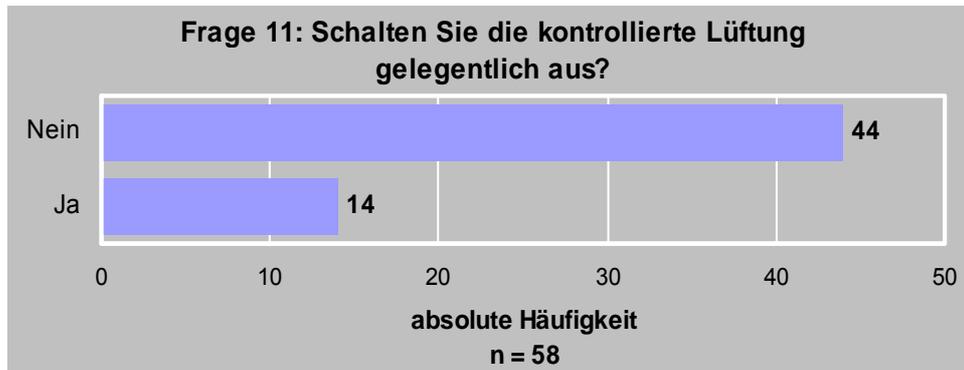
Grafik 55: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 10

5.3.2.9 *Ausschalten der kontrollierten Lüftung*

Bei einer Grundgesamtheit von 58 Nutzenden schalten 14 Nutzende die kontrollierte Lüftung gelegentlich aus, und 44 Nutzende lassen die Lüftung das ganze Jahr über in Betrieb (Grafik 56).

Jene 14 Personen, die ihre kontrollierte Lüftung gelegentlich ausschalten, geben dafür folgende Gründe an:

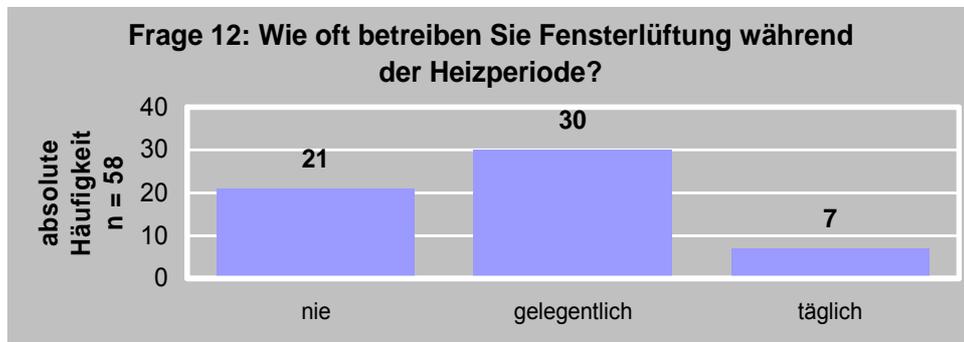
- Energiesparmöglichkeit im Sommer
- zu trockene Luft
- programmierbare Lüftung



Grafik 56: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 11

5.3.2.10 Häufigkeit der Fensterlüftung während der Heizperiode

Von den total 58 befragten Personen haben 21 angegeben, keine Fensterlüftung zu betreiben. 30 Personen betreiben gelegentlich Fensterlüftung und sieben öffnen die Fenster täglich (Grafik 57).

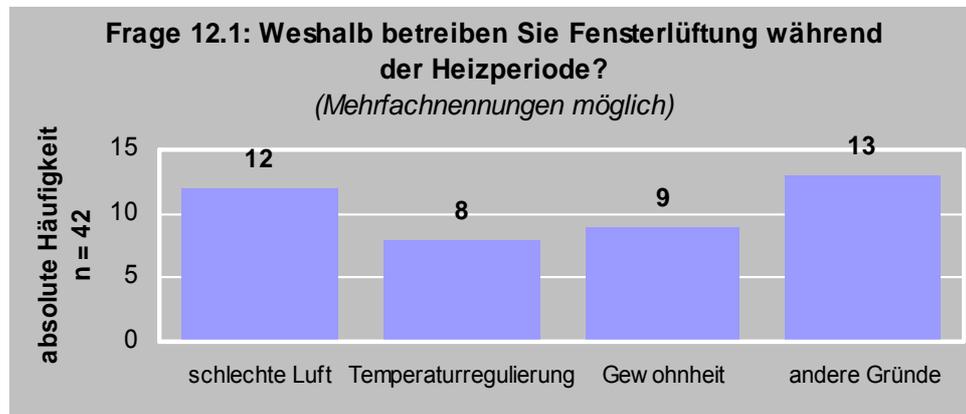


Grafik 57: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 12

Personen, die gelegentlich bis täglich eine Fensterlüftung betreiben, sind zusätzlich nach den Gründen für ihr Handeln befragt worden. Ihre Aussagen sind aus der Grafik 58 ersichtlich. Unter anderem werden folgende Ursachen häufig genannt:

- schnellere Luftzirkulation
- Schlafzimmerlüftung
- Naturkulisse

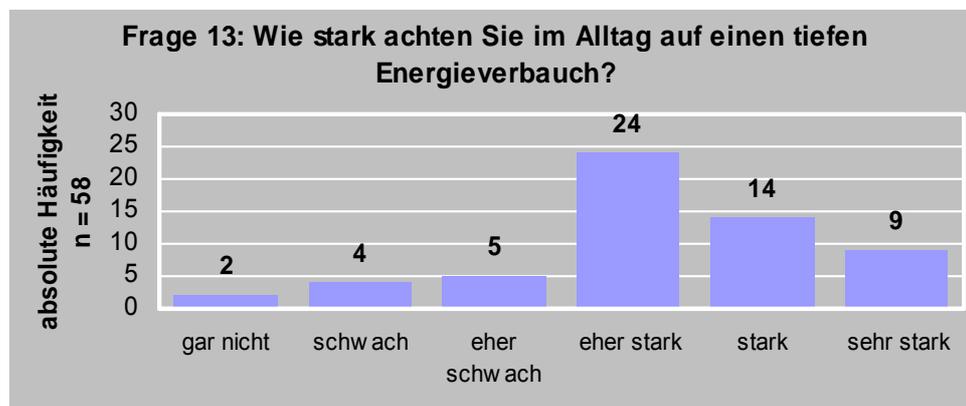
Die Gewohnheit der Fensterlüftung macht sich einmal mehr bemerkbar. Das Empfinden von schlechter Luft rührt sicherlich auch von psychologischen Faktoren her.



Grafik 58: Baurägerschaft/Nutzende, Frage 12.1

5.3.2.11 Beachtung eines tiefen Energieverbrauchs im Alltag

Die Fragestellung 13 im Fragebogen Baurägerschaft/Nutzende zielt auf eine Selbsteinschätzung (vgl. Grafik 59). Die meisten Nutzenden einer MINERGIE-Baute geben an, dass sie im Alltag eher stark auf einen tiefen Energieverbrauch achten. 14 Nutzende sagen aus, dass sie stark darauf achten, neun Nutzende sogar sehr stark.

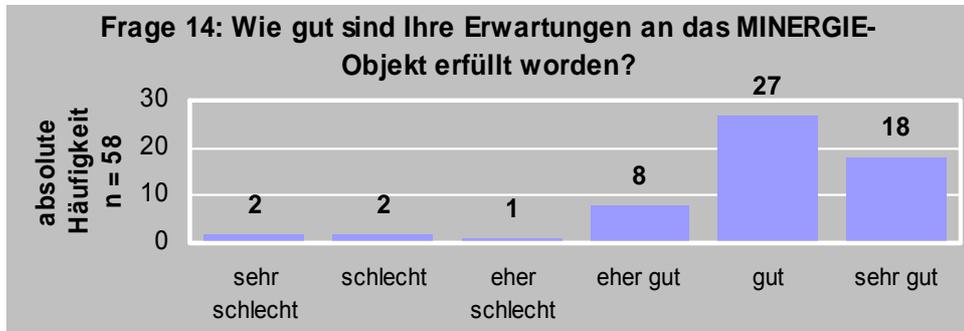


Grafik 59: Baurägerschaft/Nutzende, Frage 13

5.3.2.12 Erfüllungsgrad der Erwartungen an das MINERGIE-Objekt

Der Erfüllungsgrad der Erwartungen ist in vielen Fällen sehr hoch. So haben 27 Personen die Frage 14 des Fragebogens Baurägerschaft/Nutzende mit „gut“ beantwortet, 18 Nutzende beurteilen den Erfüllungsgrad sogar als sehr gut (Grafik 60). Lediglich ein kleiner Teil zeigt

sich unzufrieden bezüglich den Erwartungen an das MINERGIE-Objekt, was aber in den meisten Fällen auf Baumängel zurückzuführen ist.

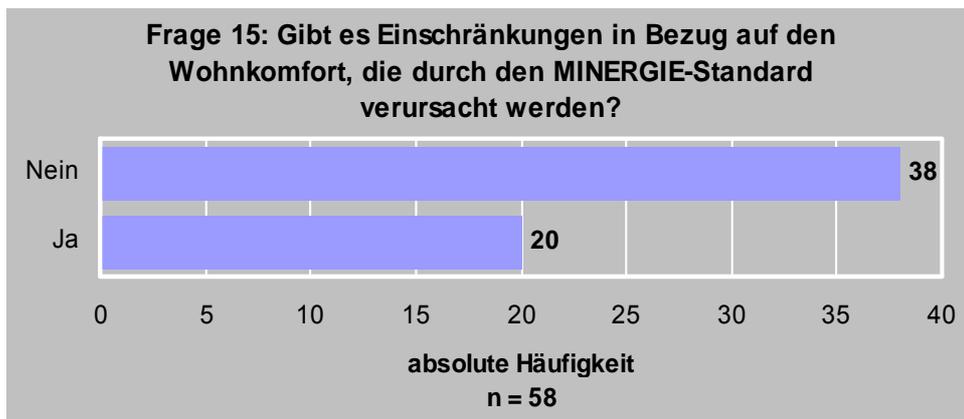


Grafik 60: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 14

5.3.2.13 Einschränkungen des Wohnkomforts bezüglich MINERGIE

Von insgesamt 58 Nutzenden von MINERGIE-Bauten verneinen 38 die Frage, ob es Einschränkungen in Bezug auf den Wohnkomfort durch den MINERGIE-Standard gibt (vgl. Grafik 61). Jene, die die Frage bejahen, empfinden folgende Punkte als eine Einschränkung des Wohnkomforts:

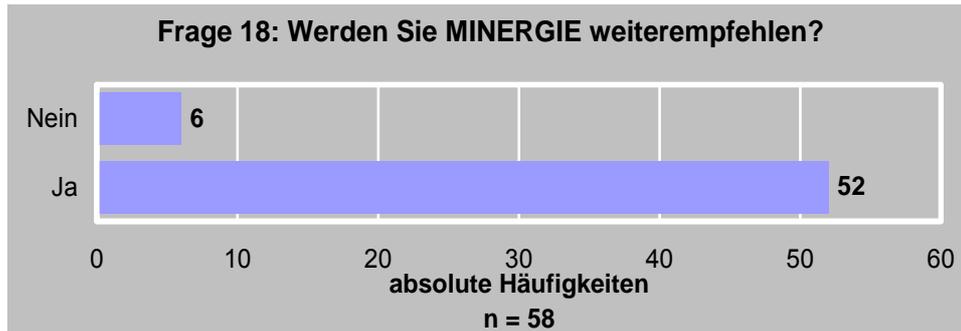
- ständige Zufuhr von trockener Luft im Winter
- Lärmemissionen der kontrollierten Lüftung
- stärkere Staubablagerung durch die kontrollierte Lüftung
- Dampfabzug Küche (lieber Ablufführung nach Aussen statt Aktivkohlefilter)
- Schallübertragung zwischen Zimmern (Lüftungsbedingter Türspalt)



Grafik 61: Bauträgerschaft/Nutzende, Frage 15

5.3.2.14 Weiterempfehlung des MINERGIE-Standards

Von den insgesamt 58 Nutzenden empfehlen lediglich sechs Personen MINERGIE nicht weiter (Grafik 62). In einigen Fällen sind Baumängel der Grund für diese Aussage, was bei der Umfrage vor allem auf Mehrfamilienhäuser zutrifft. Wieder andere erkennen keinen eigentlichen Nutzen von MINERGIE.



Grafik 62: Baurägerschaft/Nutzende, Frage 18

Der überwiegende Teil der befragten Nutzenden von MINERGIE-Objekten empfehlen jedoch den MINERGIE-Standard weiter. Ihre häufigsten Argumente sind ökologische Überlegungen, Wohnkomfort (gute Luftqualität, Pollenfilter), Energiesparen, niedrige Heizkosten und zukunftsgerichtetes Bauen.

5.4 Auswertung der Umfrage Architekturschaffende

5.4.1 Zielsetzung

Die Architekturschaffenden wurden im Gegensatz zu den Bauträgerschaften/Nutzenden zu ihren allgemeinen Erfahrungen im Bauprozess befragt. Folgende Punkte sollten bei den Architekturschaffenden untersucht werden:

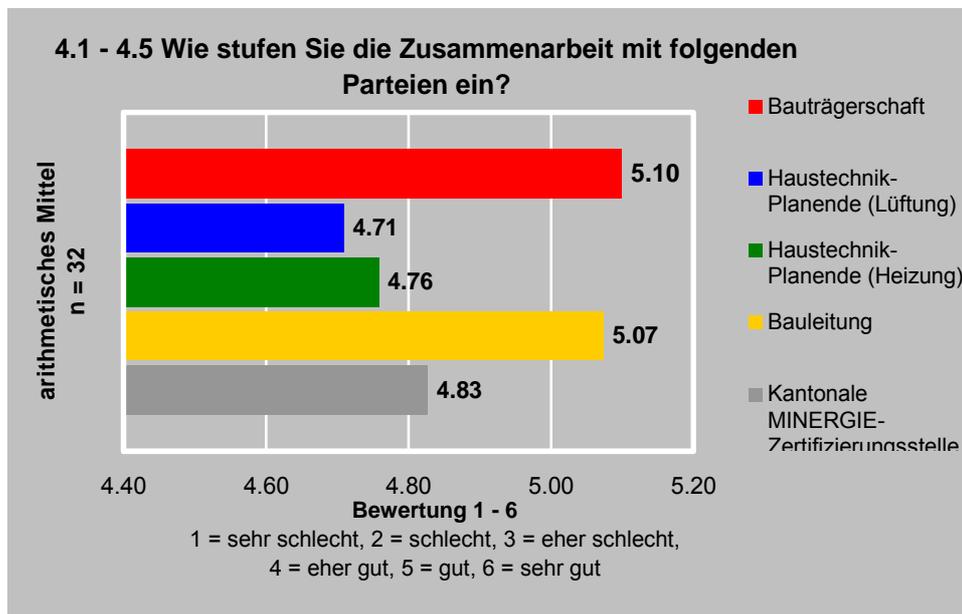
- Zusammenarbeit des Architekturschaffenden mit den Parteien Bauherrschaft/Nutzende, Bauleitung, Haustechnik-Planende und kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle
- Ursachen möglicher Schnittstellenprobleme zwischen den Parteien
- Unterstützung durch die Systemhersteller der Heizung, Lüftung und Gebäudehülle
- Wichtige Kriterien bei der Erstellung eines MINERGIE-Konzeptes
- Erfahrungswert der Bauleitung im MINERGIE-Prozess
- Engagement der Bauleitung im MINERGIE-Prozess gegenüber dem Engagement bei einer konventionellen Baute
- Abweichungen zwischen Eingabe und Realisierung eines MINERGIE-Projektes
- Mehraufwand für die Berechnung des MINERGIE-Nachweises

5.4.2 Auswertung

Die Umfrage richtete sich an 46 Architekturschaffende. 32 davon haben geantwortet, was eine Rücklaufquote von 69.6 % ergibt. Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse aus der Umfrage analysiert und interpretiert.

5.4.2.1 Zusammenarbeit mit den am Bau beteiligten Parteien

Frage 4 des Fragebogens Architekturschaffende beschäftigt sich mit der Zusammenarbeit zwischen den Parteien. Die Architekturschaffenden geben auf einer Skala von 1 (sehr schlecht) bis 6 (sehr gut) eine Wertung ab. Grafik 63 zeigt die durchschnittliche Wertung durch 29 Architekturschaffende.

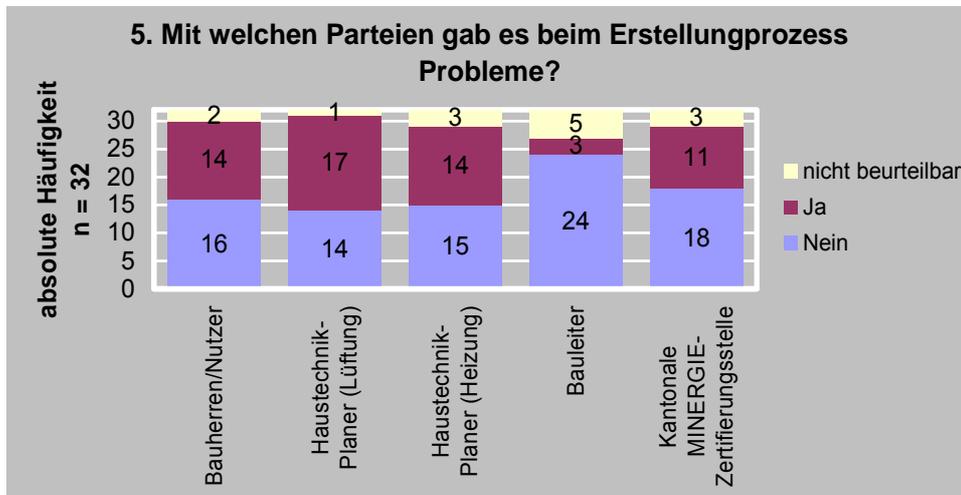


Grafik 63: Architekturschaffende, Frage 4.1 - 4.5

Die Bauträgerschaften/Nutzenden erhalten mit einem arithmetisches Mittel von 5.1 die beste Wertung. Dass der Architekturschaffende im Auftragsverhältnis von Anfang an in direktem Kontakt zu Bauträgerschaft/Nutzenden steht, ermöglicht eine gute Basis für die Zusammenarbeit. Die Architekturschaffenden stufen die Zusammenarbeit mit der Bauleitung mit 5.07 als gut ein. Ebenso wird der Kontakt mit der MINERGIE-Zertifizierungsstelle als angenehm empfunden. Deutlich unter dem Durchschnitt liegen die Parteien Haustechnik-Planende (Bereiche Lüftung und Heizung). Die möglichen Ursachen für diese tiefere Wertung sind in Abschnitt 5.4.2.4 zu finden.

5.4.2.2 Probleme beim Erstellungsprozess

Frage 5 widmet sich dem Erstellungsprozess und lässt den Architekturschaffenden beurteilen, ob es mit den einzelnen Parteien zu Schwierigkeiten gekommen ist (Grafik 64).



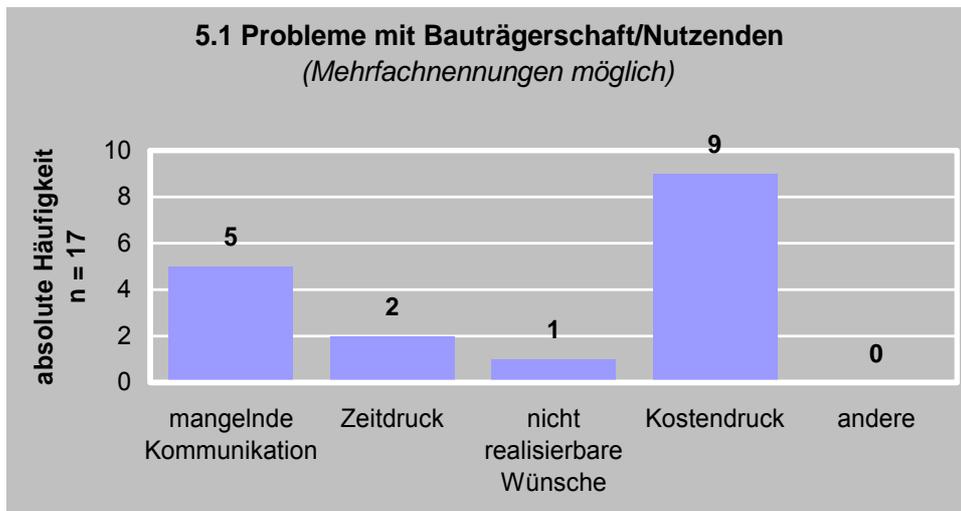
Grafik 64: Architekturschaffende, Frage 5

Die Anspruchsgruppe, mit der in der Vergangenheit am meisten Schwierigkeiten aufgetreten sind, sind wiederum die Haustechnik-Planenden (Bereich Lüftung). Am wenigsten Probleme bekunden die Architekturschaffenden mit der Bauleitung, was jedoch nicht erstaunt, da Architekturschaffende und Bauleitung meist in demselben Betrieb arbeiten; in mehreren Fällen ist mit beiden Aufgaben sogar dieselbe Person betraut.

Die folgenden Kapitel geben über die Probleme mit den einzelnen Parteien Aufschluss.

5.4.2.3 Probleme mit der Bauträgerschaft

Aus Grafik 64 geht hervor, dass 47 % der Architekturschaffenden mit der Bauträgerschaft Probleme hatten. Grafik 65 zeigt die Gründe dafür auf.

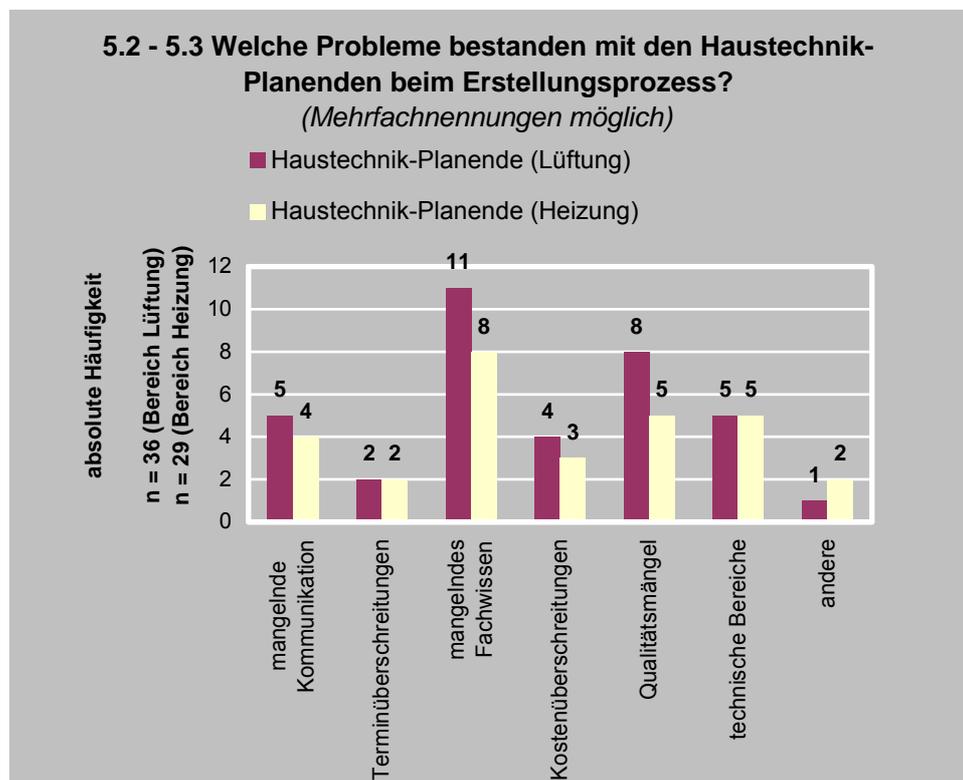


Grafik 65: Architekturschaffende, Frage 5.1

Neun Architekturschaffende sagen aus, dass es wegen hoher Kosten zu Problemen gekommen ist. Gut vorstellbar ist, dass aufgrund von Wünschen der Bauträgerschaft kurzfristig Änderungen vorgenommen werden mussten, was zu einem Mehraufwand für die Architekturschaffenden geführt hat. Als zweithäufigster Grund für Probleme wird die mangelnde Kommunikation unter den Parteien angegeben.

5.4.2.4 Probleme mit den Haustechnik-Planenden

55 % der Architekturschaffenden geben an, dass es im Erstellungsprozess mit den Haustechnik-Planenden der Lüftung zu Schwierigkeiten gekommen ist (Grafik 66). In der Zusammenarbeit mit den Haustechnik-Planenden der Heizung sind bei 48 % der Architekturschaffenden Probleme aufgetreten.



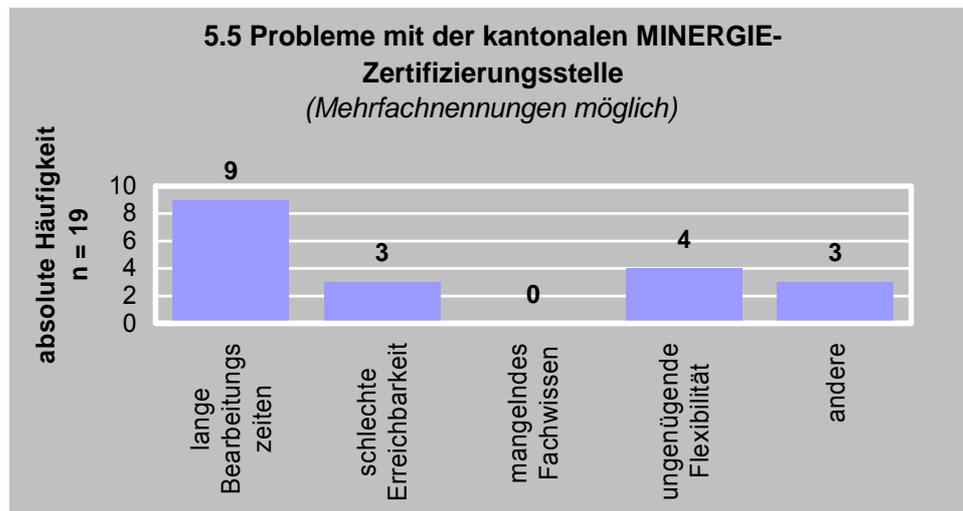
Grafik 66: Architekturschaffende, Frage 5.2 - 5.3

Wie Grafik 66 zeigt, wird das Fachwissen beider Planenden stark kritisiert. Möglich ist, dass die zuständigen Personen wenig Erfahrungen im MINERGIE-Standard mitbringen. Für die Fachplanenden stellt sich im MINERGIE-Prozess die Herausforderung, eine Lüftung für den Wohnbereich zu planen, die deutlich kleinere Luftmengen umwälzt als eine Lüftung für den Dienstleistungs- oder Industriebereich. Dies erfordert einiges an Erfahrung, um ein ausgereiftes Konzept zu erstellen. Je fünf Architek-

turschaffende geben an, dass es in technischen Bereichen zu Problemen gekommen ist. Als weitere Schwierigkeit wird die mangelnde Kommunikation zwischen Architekturschaffenden und Haustechnik-Planenden genannt. Da die Architekturschaffenden oftmals das Bindeglied zwischen Bauträgerschaft/Nutzenden und Haustechnik-Planenden darstellen, ist es wichtig, dass sie die Haustechnik-Planenden sofort über kurzfristige Änderungen aufgrund von Wünschen seitens der Bauträgerschaft informiert (Abschnitt 0).

5.4.2.5 Probleme mit der MINERGIE-Zertifizierungsstelle

Nur 38 % der Architekturschaffenden geben an, dass es bei der Zusammenarbeit mit der MINERGIE-Zertifizierungsstelle zu Schwierigkeiten kommt. Grafik 67 zeigt die genannten Probleme auf.



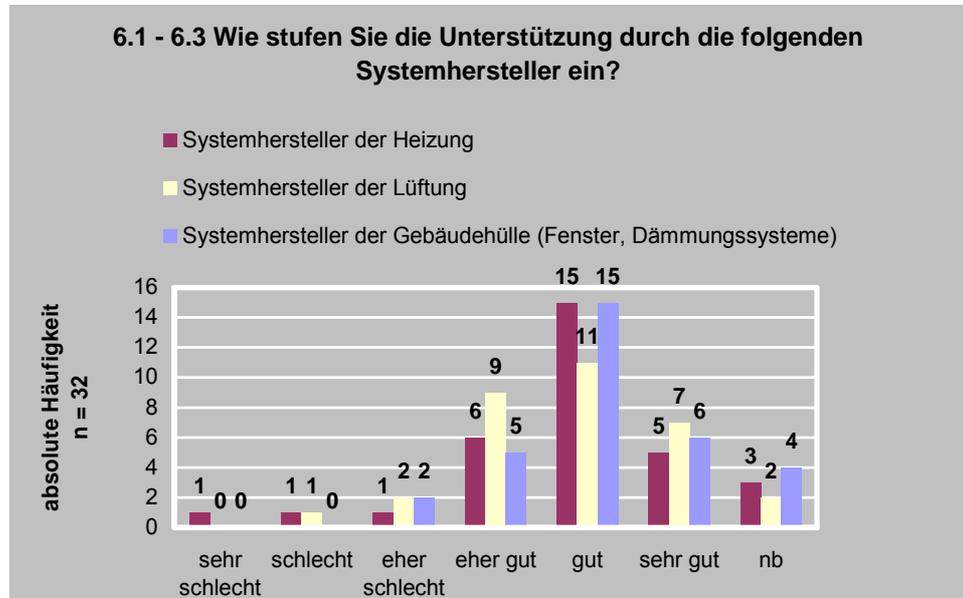
Grafik 67: Architekturschaffende, Frage 5.5

Neun Architekturschaffende empfinden die Bearbeitungsdauer für ihre Dokumente als zu lang. Da jeder Kanton den Zertifizierungsablauf individuell regelt, ist es schwierig, die Gründe für die langen Bearbeitungszeiten allgemein zu formulieren. Vier Architekturschaffende sagen zudem aus, dass die kantonalen MINERGIE-Zertifizierungsstellen zu wenig flexibel sind. Da MINERGIE ein nationales Label ist, würde eine hohe Flexibilität der Zertifizierungsstellen jedoch zu Unsicherheiten führen und wird deshalb nicht angestrebt.

5.4.2.6 Unterstützung durch die Systemherstellenden

Heute gibt es bereits eine grosse Palette von Systemherstellenden, die Module für MINERGIE anbieten. Doch garantiert ein breites Angebot auch für eine gute Qualität? Frage 5 verlangt eine Einschätzung aus Sicht der

Architekturschaffenden, wie gut die Systemherstellenden die Bauträgerschaft unterstützen. Dabei unterscheiden die Architekturschaffenden zwischen den Systemherstellenden von Heizung, Lüftung und Gebäudehülle.

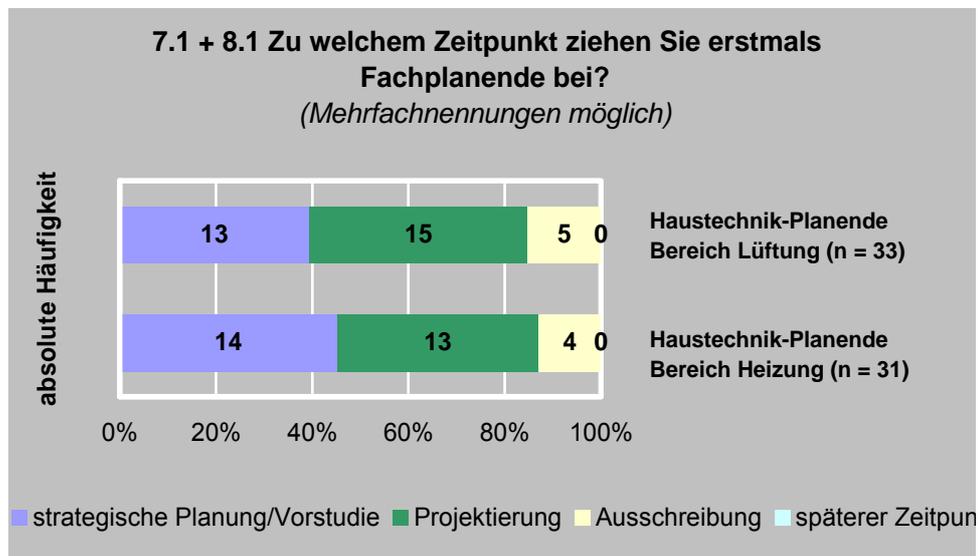


Grafik 68: Architekturschaffende, Frage 6.1 - 6.3

Grafik 68 zeigt, dass die Mehrheit der Architekturschaffenden mit den Systemherstellenden zufrieden ist. So taxieren 15 von 32 Architekturschaffenden die Unterstützung durch die Systemherstellenden von Heizung und Gebäudehülle mit gut. Die Systemherstellenden der Lüftung erhalten nur von elf Architekturschaffenden die Wertung „gut“, neun Architekturschaffende bezeichnen die Unterstützung als „eher gut“. Vergleicht man die arithmetischen Mittel, so stellt sich heraus, dass die Systemherstellenden der Gebäudehülle mit 4.9 die beste Wertung erhalten, gefolgt von den Systemherstellenden von Lüftung (4.70) und Heizung (4.66).

5.4.2.7 Miteinbezug eines Fachplaners

Ob die Architekturschaffenden einen Fachplaner für die energietechnische Planung beziehen oder nicht, hängt unter anderem auch davon ab, wie gut sie sich mit dem Nachweisverfahren für den MINERGIE-Standard auskennen. 81 % der Architekturschaffenden geben an, dass sie Fachplanende für die Heizung mit einbeziehen. Ebenso viele engagieren Fachplanende für die Lüftungsplanung. Grafik 69 veranschaulicht, zu welchem Zeitpunkt Fachplanende für die Heizung und die Lüftung beigezogen werden.

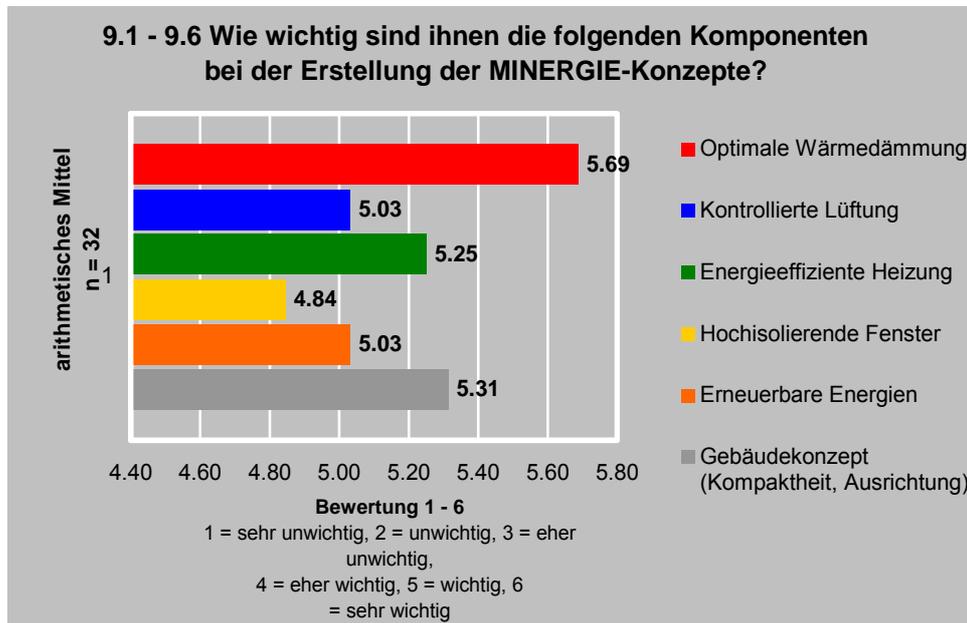


Grafik 69: Architekturschaffende, Frage 7.1 und 8.1

Von den insgesamt 32 Architekturschaffenden geben 14 an, dass sie Heizungsplanende erstmals in der strategischen Planung mit einbeziehen, während 13 Architekturschaffende sich erst in der Projektierung an Planende wenden. Vier Architekturschaffende bestätigen, Fachplanende bei der Ausschreibung hinzuzuziehen. Zum Zeitpunkt der Projektierung wurde der Entscheid, nach MINERGIE-Standard zu bauen, bereits gefällt, weshalb die Fachplanenden nur in seltenen Fällen den Anstoss dazu geben können. Die Planenden für die Lüftung werden in 13 Fällen in der Vorstudie und in 15 Fällen bei der Projektierung beigezogen; in fünf Fällen werden sie erst zum Zeitpunkt der Ausschreibung involviert.

5.4.2.8 Wichtige Kriterien bei der Erstellung der MINERGIE-Konzepte

Frage 9 des Fragebogens beschäftigt sich mit der Wichtigkeit von Kriterien bei der Erstellung eines MINERGIE-Konzeptes. Die Architekturschaffenden beurteilen die Kriterien auf einer Skala von 1 (sehr unwichtig) bis 6 (sehr wichtig). Grafik 70 zeigt das arithmetische Mittel der bewerteten Kriterien.

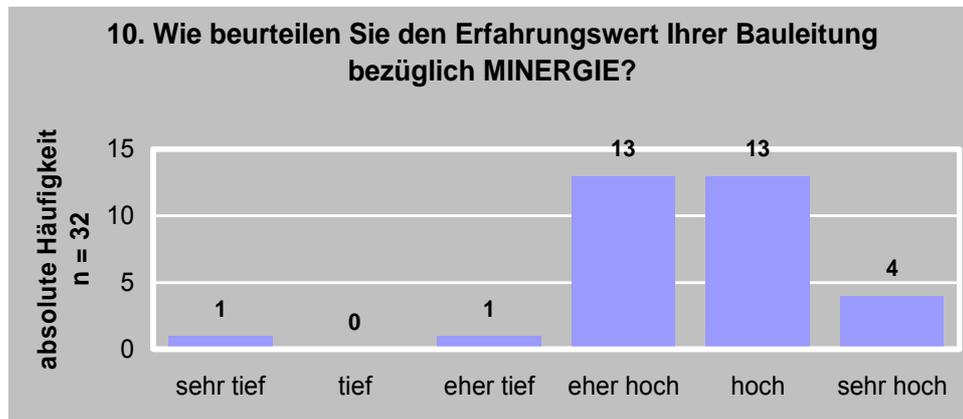


Grafik 70: Architekturschaffende, Frage 9.1 - 9.6

Die optimale Wärmedämmung, eines der zentralen Themen beim Hausbau nach MINERGIE-Standard, ist den Architekturschaffenden sehr wichtig. Weiter beurteilen sie die Ausrichtung und die Kompaktheit des Gebäudes mit 5.31 als wichtig bis sehr wichtig. Es ist nicht erstaunlich, dass die Architekturschaffenden die Wärmedämmung und das Gebäudekonzept höher bewerten als die kontrollierte Lüftung, da deren Planung und Realisierung in den Aufgabenbereich der Haustechnik-Planenden fällt. Hohe Kosten dürften Grund dafür sein, dass die hochdämmenden Fenster in der Bewertung mit 4.84 hinter den anderen Kriterien zurückfallen.

5.4.2.9 Erfahrungswert der Bauleitung

Frage 10 verlangt vom Architekturschaffenden eine Einschätzung, wie erfahren ihre Bauleitung im MINERGIE-Standard ist.

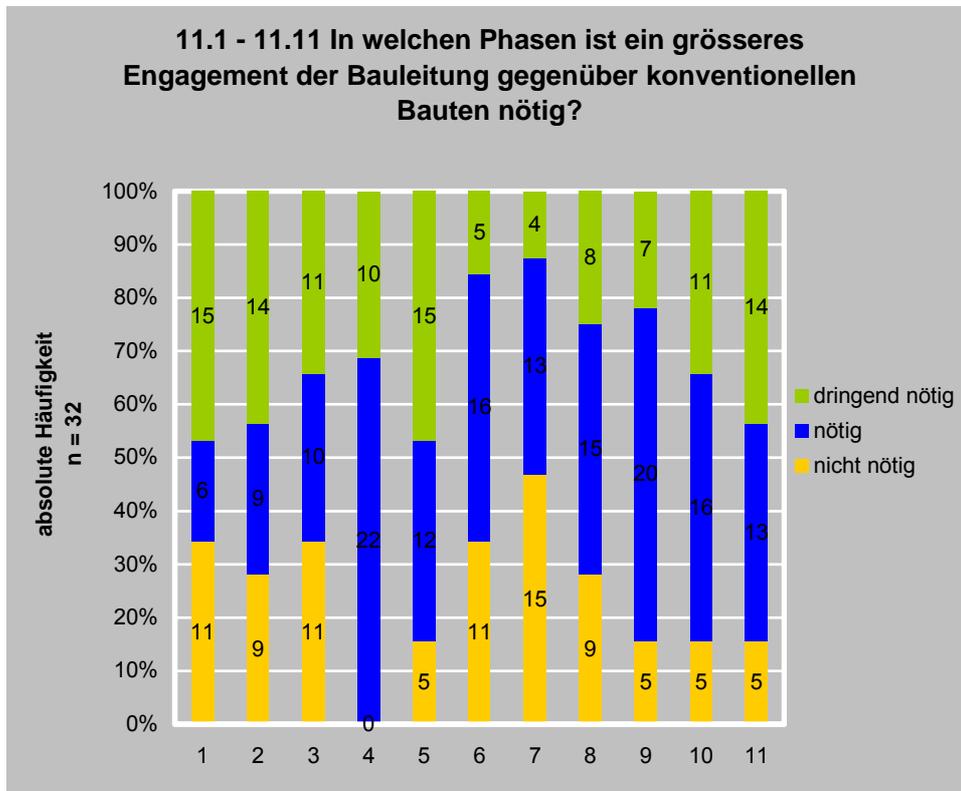


Grafik 71: Architekturschaffende, Frage 10

Wie Grafik 71 zeigt, stufen 13 Architekturschaffende den Erfahrungswert ihrer Bauleitung als „eher hoch“ ein. Eben so viele geben an, dass der Erfahrungswert „hoch“ ist. Lediglich vier Architekturschaffende geben ihrer Bauleitung die Höchstnote. Im Schnitt werden alle Bauleitungen mit 4.53 zwischen „eher hoch“ und „hoch“ bewertet.

5.4.2.10 Engagement der Bauleitung

Frage 11 beschäftigt sich mit dem Engagement der Bauleitung (Grafik 72). Es interessiert, in welchen Phasen ein grösseres Engagement der Bauleitung beim MINERGIE-Bau gegenüber einer konventionellen Baute nötig ist. Die Architekturschaffenden wählen hierbei zwischen „dringend nötig“, „nötig“ und „nicht nötig“.



Grafik 72: Architekturschaffende, Frage 11.1 - 11.11

Nr	Beschreibung	Phase
1	Einbau der Wärmedämmungen Aussenwand und Dach	Einbau Wärme-dämmung
2	Einbau der Wärmedämmungen im Untergeschoss	
3	Einbau der Dämmungen im Unterlagsboden	
4	Versetzen des Erdregisters der Lüftung	Lüftung (Rohbau)
5	Einlegen von Lüftungsrohren in Betondecken/Holzbauelemente	
6	Einbau der Wärmeverteilung (Fussbodenheizung etc.)	Wärmeerzeugung
7	Installation der Wärmeerzeugung	
8	Inbetriebnahme der Wärmeerzeugung	
9	Installation der Lüftungsanlage	Lüftung (Installation)
10	Inbetriebnahme der Lüftungsanlage	
11	Kontrolle der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle	Luftdichtigkeitsprüfung

Tabelle 1: Legende zur X-Achsen-Beschriftung von Grafik 72

Einbau Wärmedämmung

Rund ein Drittel der befragten Personen geben an, dass ein höheres Engagement der Bauleitung gegenüber konventionellen Bauten während dem Einbau der Wärmedämmung nicht nötig ist. Dies lässt sich dadurch erklären, dass dieser Arbeitsschritt auch bei konventionellen Bauten Kontrollen bedarf. Dennoch erachten rund zwei Drittel der Architekturschaffenden ein höheres Engagement der Bauleitung als „nötig“ bis „dringend nötig“. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass der MINERGIE-Standard hohe Anforderungen an Technik und Bauqualität stellt.

Lüftung (Rohbau)

Aus der Befragung geht hervor, dass in den Phasen 4 und 5 ein grösseres Engagement „nötig“ bis „dringend nötig“ ist. Lediglich fünf Architekturschaffende beurteilen das Engagement in der Phase 5 als unnötig. Der grosse Anteil von „nötig“ und „dringend nötig“ kann darauf zurückgeführt werden, dass diese beiden Phasen bei konventionellen Bauten kaum vorkommen. Für den späteren Verlauf ist es besonders wichtig, dass die Installation in der Phase 5 gut koordiniert wird. Dies verursacht in der Regel einen Mehraufwand.

Wärmeerzeugung

Die Unterphasen der Wärmeerzeugungen (6-8) kommen auch bei konventionellen Bauten vor. Der Anteil der Architekturschaffenden, die das Engagement daher als unnötig bezeichnen, reicht in den Unterphasen von 28 % bis 46 %.

Lüftung (Installation)

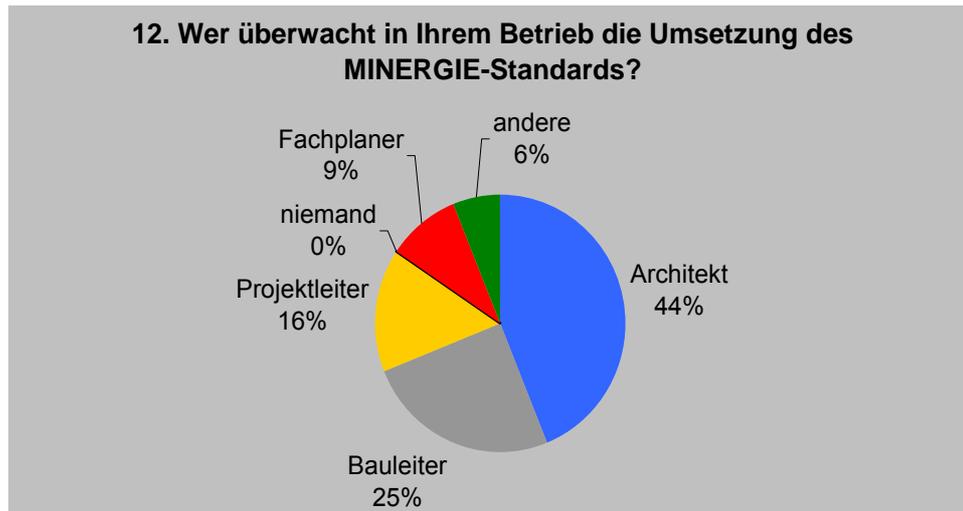
Die kontrollierte Lüftung ist bei Neubauten ein Muss-Kriterium, um den MINERGIE-Standard zu erreichen. Deshalb erstaunt es nicht, dass rund 84 % der Architekturschaffenden ein grösseres Engagement der Bauleitung als nötig bis dringend nötig erachten. Lediglich 16 % der Architekturschaffenden beurteilen ein grösseres Engagement in diesem Bereich als unnötig. Möglich ist, dass sich die Architekturschaffenden für diese Kontrollen nicht zuständig fühlen.

Luftdichtigkeitsprüfung

Als weiteres wichtiges Thema für einen grösseren Einsatz der Bauleitung wird die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle angesehen; es rangiert nach der Kontrolle der Lüftungsrohreinlagen auf Platz zwei.

5.4.2.11 Überwachung des MINERGIE-Standards

Gemäss den Experteninterviews fehlt es in der Umsetzung des MINERGIE-Standards an regelmässigen Kontrollen. Auf die Frage, wer in den Betrieben die Überwachung vornimmt (Grafik 73), antworten die Architekturschaffenden wie folgt:

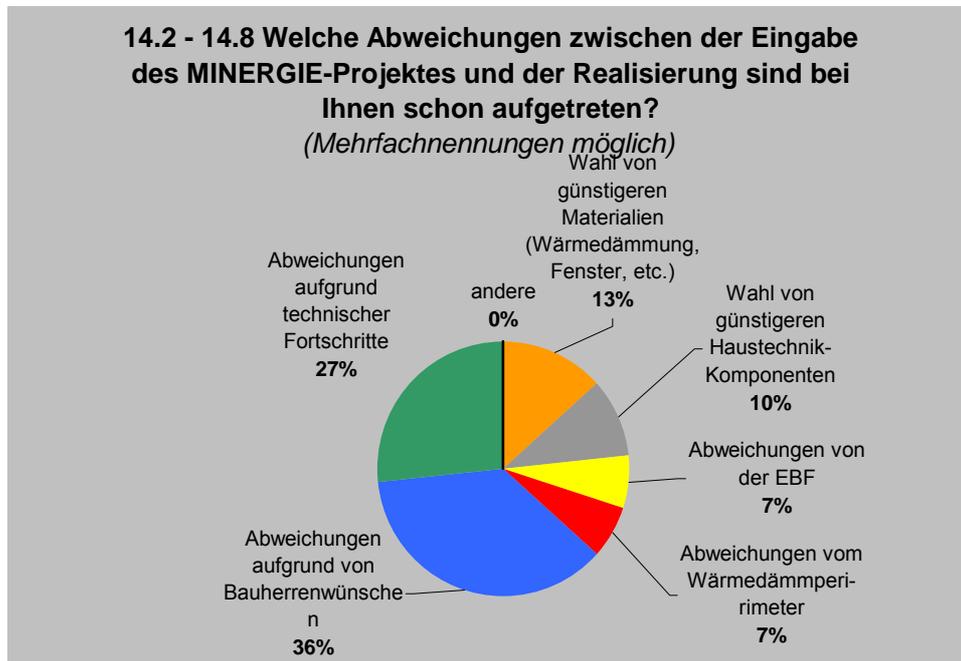


Grafik 73: Architekturschaffende, Frage 12

44 % der Architekturschaffenden geben an, die Überwachung des MINERGIE-Standards selbst durchzuführen, während 25 % die Bauleitung mit den Kontrollen beauftragen. 16 % verfügen über einen internen Projektleiter und 9 % übergeben die Kontrolle Fachplanenden. Laut der Umfrage ist in jedem Betrieb jemand für die Überwachung zuständig. Die Mehrheit der Architekturschaffenden stellt die Qualität mit einem betriebsinternen Qualitätsmanagement sicher. Die zweithäufigste Methode der Sicherstellung ist die Einhaltung der SIA Norm 118.

5.4.2.12 Abweichungen zwischen Eingabe und Realisierung

Am Erstellungsprozess einer MINERGIE-Baute sind mehrere voneinander abhängige Parteien beteiligt. Nicht selten kommt es deshalb vor, dass es Abweichungen zwischen der Eingabe und der Realisierung eines MINERGIE-Objektes gibt. 56 % der Architekturschaffenden geben an, dass bei ihnen schon Abweichungen aufgetreten sind. Grafik 74 verdeutlicht, worin diese Abweichungen bestehen.



Grafik 74: Architekturschaffende, Frage 14.2 - 14.8

36 % der Abweichungen sind laut Aussagen der Architekturschaffenden auf Wünsche der Bauträgerschaft zurückzuführen; 27 % der Abweichungen kommen aufgrund des technischen Fortschritts zustande (z.B. neu in den Markt eingeführte Geräte). Als Folge des hohen Kostendrucks im Baugewerbe werden zum Teil günstigere Materialien verwendet, was 13 % der Architekturschaffenden bestätigen.

Bei Abweichungen ist es wichtig, dass alle Parteien informiert werden, damit sie sofort reagieren können. 16 von 18 Architekturschaffenden sagen aus, dass sie rechtzeitig informiert worden sind. Lediglich zwei Befragte geben an, keine rechtzeitige Information erhalten zu haben.

5.4.2.13 Einführung der Nutzenden aus Sicht der Architekturschaffenden

Einer der wesentlichen Unterschiede zwischen MINERGIE-Bauten und konventionellen Gebäuden ist die kontrollierte Lüftung. Ob und wie gut die Nutzenden in deren Bedienung und Wartung eingeführt werden, wird aus Sicht des Architekturschaffenden in Grafik 75 gezeigt.

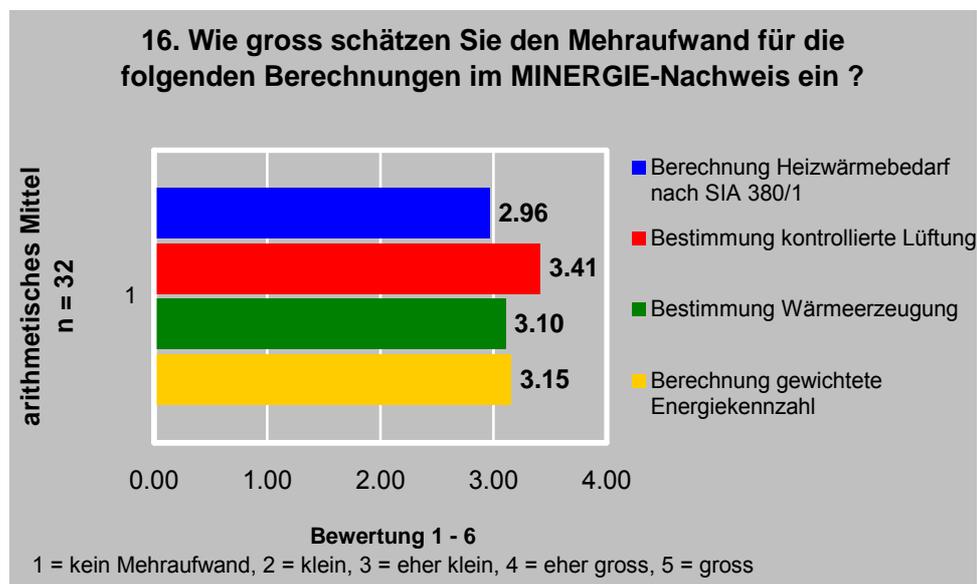


Grafik 75: Architekturschaffende, Frage 15

Die Architekturschaffenden sind einhellig der Meinung, dass jeder Nutzende eine Einführung erhalten soll; bezüglich der Bewertung der Einführung sind die Meinungen aber geteilt. Auf einer Skala von 1 sehr schlecht bis 6 sehr gut bewerten die Architekturschaffenden die Einführung durchschnittlich mit einer 4 als „eher gut“. Die Abbildung zeigt aber auch, dass 38 % der Nutzenden aus Sicht des Architekturschaffenden schlecht bis eher schlecht eingeführt werden. Durch eine schlechte Einführung werden den Nutzenden wichtige Informationen vorenthalten oder gar falsche Angaben kommuniziert. Nicht selten kommt es deshalb vor, dass der Nutzende falsche Vorstellungen von der kontrollierten Lüftung hat. Zudem ist nicht geregelt, welche Partei für die Einführung der Nutzenden zuständig ist (siehe auch Abschnitt 5.5.2.7).

5.4.2.14 Mehraufwand für den MINERGIE-Nachweis

Je nachdem wie routiniert die Fachperson ist, welche einen MINERGIE-Nachweis ausfüllt, kann dies - verglichen mit dem Energienachweis für konventionelle Bauten - zu einem kleinen bis grossen Mehraufwand führen. Grafik 76 zeigt, wie die Architekturschaffenden die verschiedenen Berechnungen des MINERGIE-Nachweises einstufen.

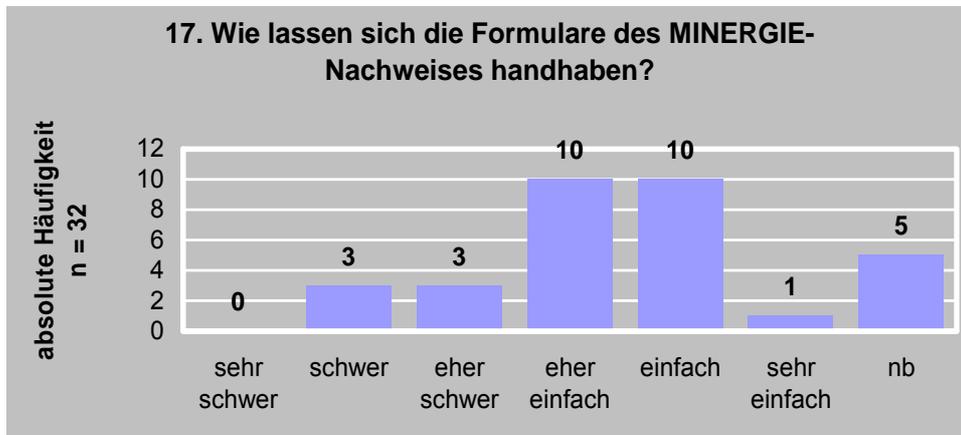


Grafik 76: Architekturschaffende, Frage 16

Die Bestimmung der kontrollierten Lüftung scheint bei den Architekturschaffenden den grössten Mehraufwand zu verursachen. Sie bewerten den Mehraufwand mit 3.41 von eher klein bis eher gross. Dieses Resultat erstaunt nicht, da in konventionellen Bauten in der Regel keine Lüftungsanlagen installiert werden. Im Gegensatz dazu ist die Berechnung des Heizwärmebedarfs den Architekturschaffenden bestens bekannt; der Mehraufwand wird mit 2.96 als eher klein eingeschätzt. Die Bestimmung der Wärmeerzeugung sowie die Berechnung der gewichteten Energiekennzahl verursachen für die Architekturschaffenden etwa den gleichen Mehraufwand. Es ist allerdings zu bemerken, dass die Architekturschaffenden meist keine der erwähnten Berechnungen selbst durchführen (Delegation an Haustechnik-Planende oder Bauphysiker).

5.4.2.15 Handhabung der Formulare für den MINERGIE-Nachweis

Laut Aussagen von Fachpersonen der MINERGIE-Zertifizierungsstellen wird ein grosser Teil der MINERGIE-Nachweise falsch oder unvollständig ausgefüllt. Grafik 77 verdeutlicht, wie einfach sich die Formulare aus Sicht der Architekturschaffenden handhaben lassen. Fünf Architekturschaffende konnten diese Frage nicht beurteilen, da sie vermutlich noch nie einen Nachweis ausgefüllt haben.

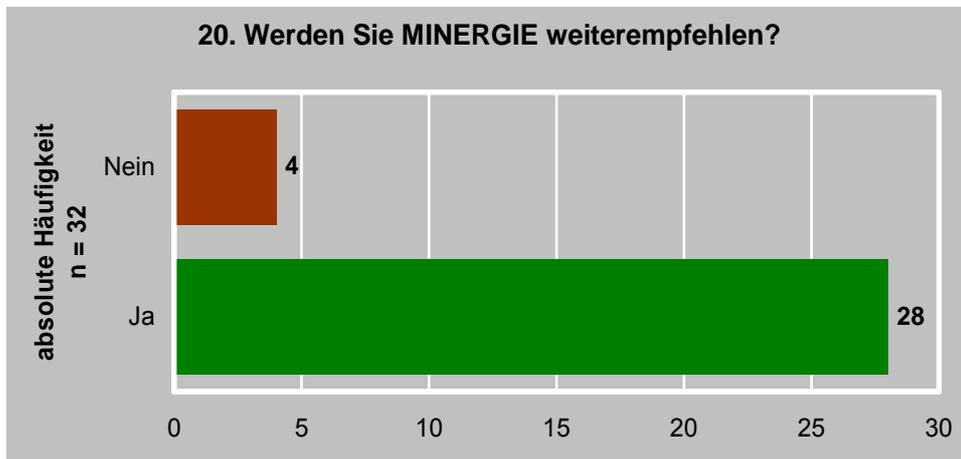


Grafik 77: Architekturschaffende, Frage 17

Die Formulare lassen sich laut zehn Architekturschaffenden einfach handhaben; weitere zehn beurteilen die Formulare als „eher einfach“. Je drei Personen beurteilen die Formulare als „schwer“ und „eher schwer“ handhabbar. Es ist anzunehmen, dass der Aufwand mit zunehmender Erfahrung im Ausfüllen des MINERGIE-Nachweises abnimmt.

5.4.2.16 Weiterempfehlung des MINERGIE-Standards

Ob der MINERGIE-Standard auch in Zukunft von den Architekturschaffenden angewendet wird, zeigt Grafik 78.



Grafik 78: Architekturschaffende, Frage 20

Ein eindeutiges Ja zu MINERGIE geht aus der Abbildung 36 hervor. 88 % der befragten Architekturschaffenden werden MINERGIE in Zukunft weiterempfehlen. Als Begründung geben die Architekturschaffenden an, dass sie vom MINERGIE-Standard überzeugt sind und auf die guten Erfahrungen, die sie in der Vergangenheit gemacht haben, aufbauen wollen. Zu-

dem halten sie den Standard aus ökologischen Überlegungen für sehr sinnvoll.

Lediglich vier Architekturschaffende raten vom Hausbau nach MINERGIE-Standard ab. Vereinzelt sagen sie aus, dass der MINERGIE-Standard technisch überholt sei. Andere bevorzugen das Bauen nach dem Passivhaus- bzw. dem neuen MINERGIE-P-Standard.

5.5 Auswertung der Umfrage Haustechnik-Planende

5.5.1 Zielsetzung

Die Haustechnik-Planenden wurden zu den allgemeinen Erfahrungen mit MINERGIE befragt. Anhand des Fragebogens wurden folgende Themen ausgewertet:

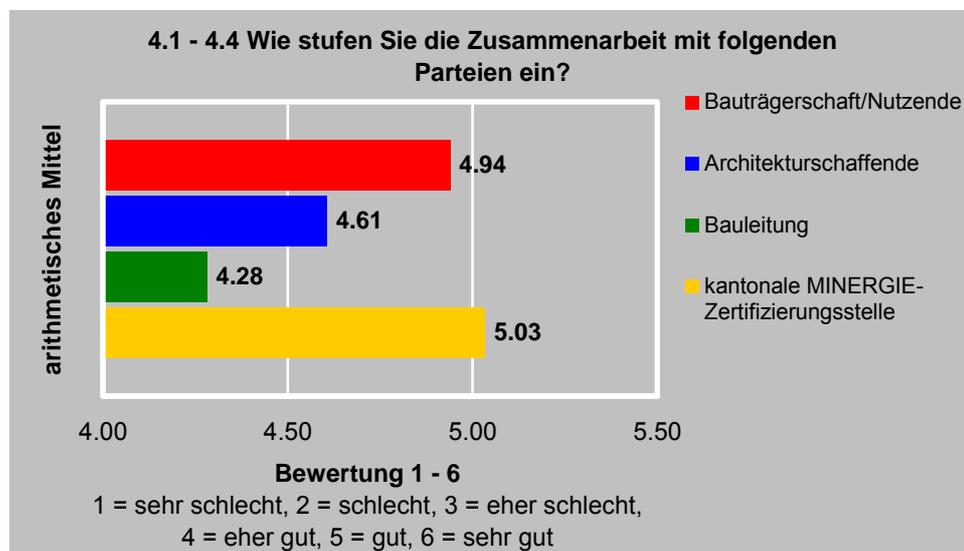
- Zusammenarbeit des Haustechnik-Planendes mit den Parteien Bauherrschaft/Nutzende, Architekturschaffende, Bauleitung und kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle
- Ursachen möglicher Schnittstellenprobleme zwischen den Parteien
- Unterstützung durch die Systemhersteller der Heizung und der Lüftung aus Sicht des Haustechnik-Planenden
- Abweichungen zwischen Eingabe und Realisierung eines MINERGIE-Projektes
- Mehraufwand für die Berechnung des MINERGIE-Nachweises

5.5.2 Auswertung

Die Umfrage richtete sich an 45 Haustechnik-Planende. Davon haben 34 den Fragebogen beantwortet, womit eine Rücklaufquote von 75.6 % erzielt wurde. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Erkenntnisse aus der Umfrage analysiert und interpretiert.

5.5.2.1 Zusammenarbeit mit den am Bau beteiligten Parteien

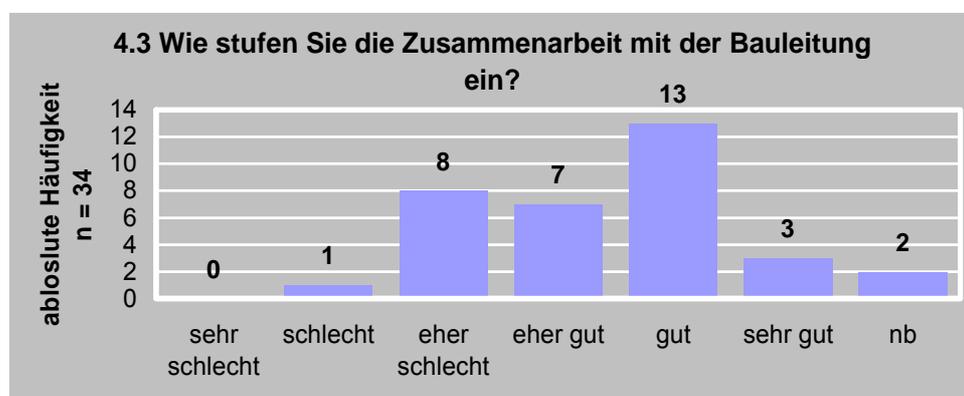
Die Frage 4 befasst sich mit der Zusammenarbeit unter den am Bau beteiligten Parteien. Die Haustechnikplanenden geben für jede Partei auf einer Skala von 1 (sehr schlecht) bis 6 (sehr gut) eine Wertung ab (Grafik 79).



Grafik 79: Haustechnik-Planende, Frage 4.1 - 4.4

Das arithmetische Mittel der Wertungen liegt für den Bauherrn/Nutzenden bei 4.9, also sehr nahe bei „gut“. Die Zusammenarbeit mit den Architekturschaffenden bewertet der Haustechnik-Planende mit 4.6 zwischen „eher gut“ und „gut“.

Die kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle wird mit 5.03 als „gut“ bewertet. Sie weist aber mit 1.3 die grösste Standardabweichung auf. Folglich sind die Bewertungen hier sehr unterschiedlich und liegen weiter vom arithmetischen Mittel entfernt als z.B. die Beurteilung durch die Bauträgerschaften/Nutzenden, welche lediglich eine Standardabweichung von 0.86 aufweist. Es gilt aber zu beachten, dass im Bauprozesses die Haustechnik-Planenden weniger mit den Bauträgerschaften/Nutzenden in Kontakt stehen als mit den anderen am Bau beteiligten Parteien. Ebenfalls bestehen kantonale Unterschiede betreffend dem Prüfungsablauf, weshalb die Aussagen variieren können.

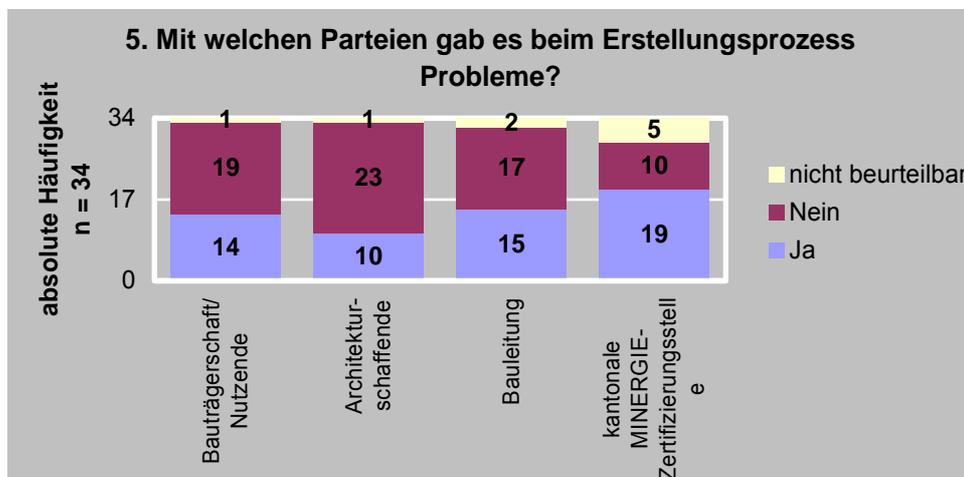


Grafik 80: Haustechnik-Planende, Frage 4.3

Am tiefsten bewertet der Haustechnik-Planende die Bauleitung. Mit 4.3 wird sie etwas besser als „eher gut“ eingestuft. Wie jedoch die Grafik 80 zeigt, liegt der häufigstgenannte Wert betreffend die Zusammenarbeit mit der Bauleitung mit 13 Nennungen bei „gut“.

5.5.2.2 Probleme beim Erstellungsprozess

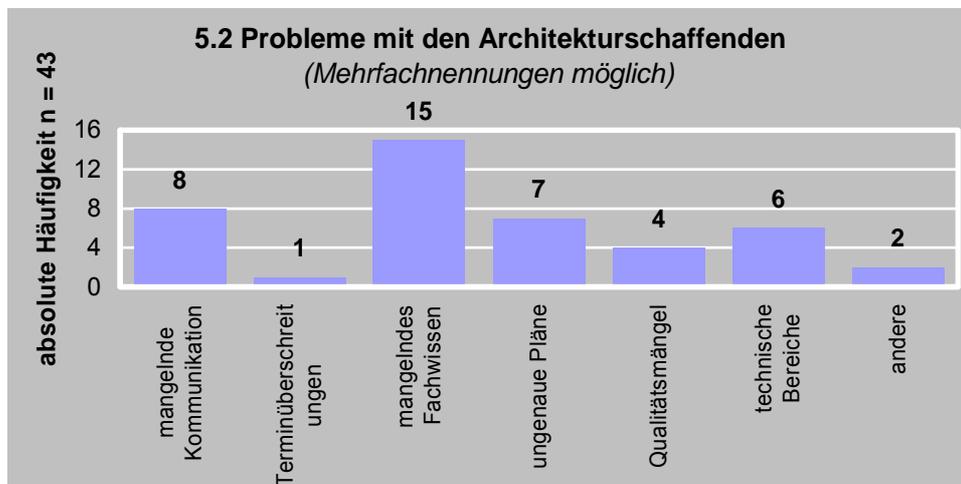
Die Frage 5 knüpft an das vorangehende Kapitel an. Die Haustechnik-Planenden beurteilen, ob Probleme mit den anderen Parteien vorkommen. Falls solche auftreten, wurde nach den Gründen gefragt.



Grafik 81: Haustechnikplaner, Frage 5

Wie Grafik 81 zeigt, geben die Haustechnik-Planenden an, dass schon mit allen Parteien Probleme aufgetreten sind. Die meisten Probleme ergeben sich in der Zusammenarbeit mit der kantonalen MINERGIE-Zertifizierungsstelle (19 von 29 Nennungen). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Haustechnik-Planenden in intensivem Kontakt mit der zuständigen Zertifizierungsstelle stehen und in den meisten Fällen für die Einreichung eines korrekten MINERGIE-Nachweises verantwortlich sind. Die Aussage deckt sich überdies mit der Feststellung, dass viele Nachweise mit Fehlern behaftet sind (siehe Abschnitt 4.3.1).

Als Hauptproblem mit den Bauträgerschaften/Nutzenden wird der Kostendruck angesehen, welcher 50 % aller vorhandenen Probleme ausmacht. An zweiter Stelle folgen mit 30 % nicht realisierbare Wünsche der Bauträgerschaft.

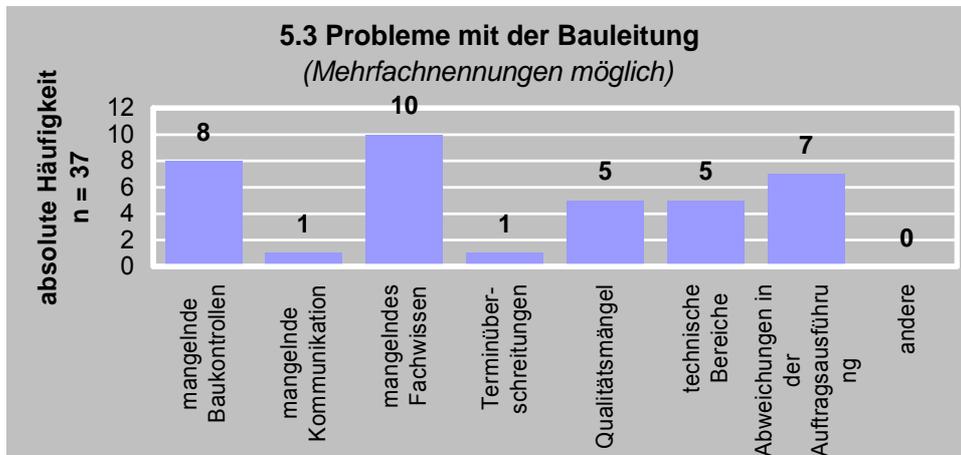


Grafik 82: Haustechnik-Planende, Frage 5.2

Wie Grafik 82 zeigt, sind nach Ansicht der Haustechnik-Planenden 34.9 % aller Probleme mit den Architekturschaffenden aufgrund von mangelndem Fachwissen entstanden. Gemäss den Experteninterviews setzen sich die Architekturschaffenden zu wenig mit dem Bereich der Haustechnikplanung auseinander und ziehen die Fachplanenden oft zu spät bei. Die Haustechnik-Planenden sind an einem möglichst schlanken Planungsprozess interessiert. Die Architekturschaffenden jedoch müssen oftmals anspruchsvollen Wünschen der Bauträgerschaft entsprechen. Diese divergierenden Interessen enthalten grosses Konfliktpotenzial; die Parteien werfen sich gegenseitig mangelndes Fachwissen vor (Abschnitt 5.4.2.4).

Zwei weitere Probleme bestehen in mangelnder Kommunikation (18.6 %) und ungenauen Plänen (16.3 %). Die mangelnde Kommunikation zeigt sich nochmals in Grafik 83, wo 61 % der Abweichungen zwischen Eingabe und Realisierung den Haustechnik-Planenden zu spät mitgeteilt werden. Das Problem mit den unzureichenden Plänen wird zusätzlich in Abschnitt 5.5.2.5 bestätigt.

Wie bei den Architekturschaffenden bemängeln die Haustechnik-Planenden mit 27 % das Fachwissen der Bauleitung. Weiter folgen mangelnde Baukontrollen mit 21.6 % und Abweichungen in der Auftragsausführung mit 19 %, wie Grafik 83 verdeutlicht. Die Probleme sind ähnlich wie jene mit den Architekturschaffenden. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass jede Partei die Bedürfnisse der anderen zu wenig berücksichtigt.

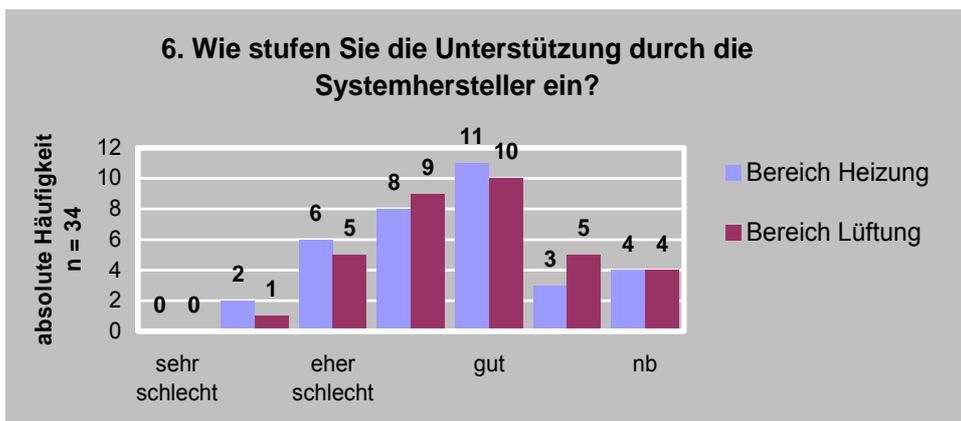


Grafik 83: Haustechnik-Planende, Frage 5.3

Wenn Probleme mit der kantonalen MINERGIE-Zertifizierungsstelle auftreten, so sind diese auf ungenügende Flexibilität (38.9 %) und ständig ändernde Anforderungen (33.4 %) zurückzuführen.

5.5.2.3 Unterstützung durch die Systemhersteller

Die Haustechnik-Planenden bewerten die Unterstützung durch die Systemherstellenden im Bereich Heizung mit „eher gut“ (arithmetisches Mittel von 4.23). Der Bereich Lüftung wird mit „eher gut“ bis „gut“ beurteilt (4.43). Die Haustechnik-Planenden stufen die Unterstützung durch die Systemherstellenden im Bereich Heizung etwas besser ein. Aus Grafik 84 geht jedoch hervor, dass in beiden Bereichen der am häufigsten genannte Wert „gut“ ist.



Grafik 84: Haustechnik-Planende, Frage 6

5.5.2.4 Miteinbezug in die Fachplanung

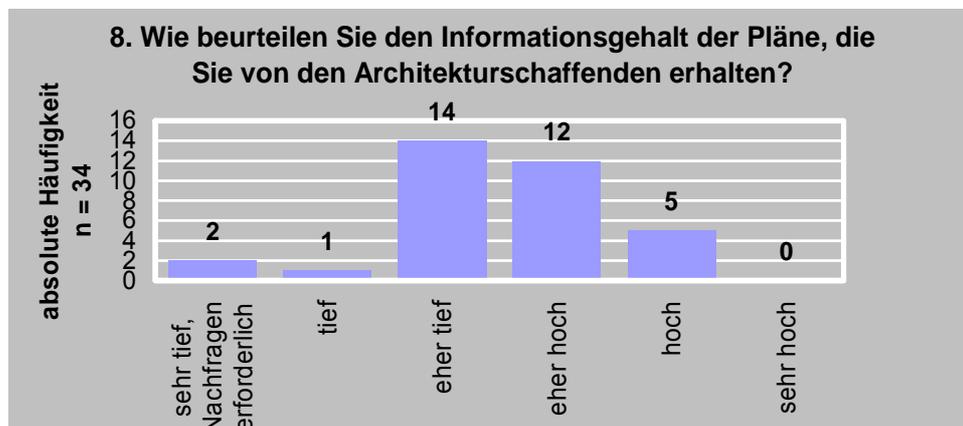
Der Bauprozess gliedert sich grob in die folgenden Phasen:

- Strategische Planung/Vorstudie
- Projektierung
- Ausschreibung
- Ausführung
- Betrieb

Die Hälfte der Haustechnik-Planenden gibt an, dass sie bereits für die Fachplanung in der Phase strategische Planung/Vorstudie beigezogen werden, die zweite Hälfte erst in der Projektierung. Viele Haustechnik-Planende möchten aber schon bei der Planung/Vorstudie benachrichtigt werden, da es zu einem späteren Zeitpunkt sehr schwierig ist, massgeblich Einfluss auf eine optimale Anlagenkonzeption zu nehmen.

5.5.2.5 Informationsgehalt der Pläne

Bei dieser Frage bewerten die Haustechnik-Planenden die Pläne für die Fachplanung, die sie von den Architekturschaffenden erhalten, hinsichtlich ihres Informationsgehalts. Die Kriterien reichen von 1 (sehr tief, nachfragen erforderlich) bis 6 (sehr hoch).



Grafik 85: Haustechnik-Planende, Frage 8

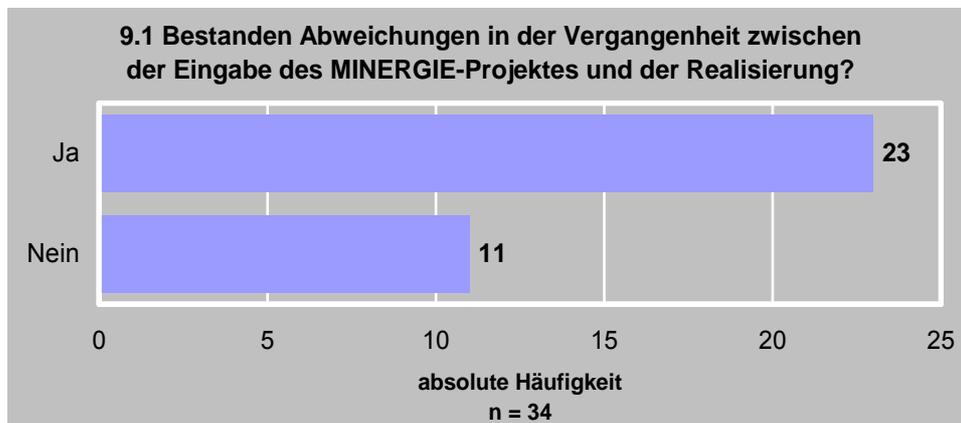
Das arithmetische Mittel dieser Auswertung liegt mit 3.5 genau zwischen „eher tief“ und „eher hoch“. Exakt die Hälfte der befragten Haustechnik-Planenden beurteilen den Informationsgehalt der erhaltenen Pläne als „eher tief“ bis „sehr tief“. Grafik 85 zeigt, dass der Modalwert mit 14 von 34 Bewertungen ebenfalls bei „eher tief“ liegt.

Dieses Resultat ist sehr bedenklich, da die Pläne die Grundlage für die Arbeit der Haustechnik-Planenden darstellen. Mit wenig informativen Plä-

nen ist es für sie schwierig, ihre Arbeit korrekt auszuführen. Zudem werfen sie den Architekturschaffenden mangelndes Fachwissen im Bereich der Haustechnik-Planung vor (siehe Abschnitt 0). Die Haustechnik-Planenden erhalten oft unklare oder ungenaue Vorgaben der Architekturschaffenden, denen sie so gut wie möglich zu entsprechen haben.

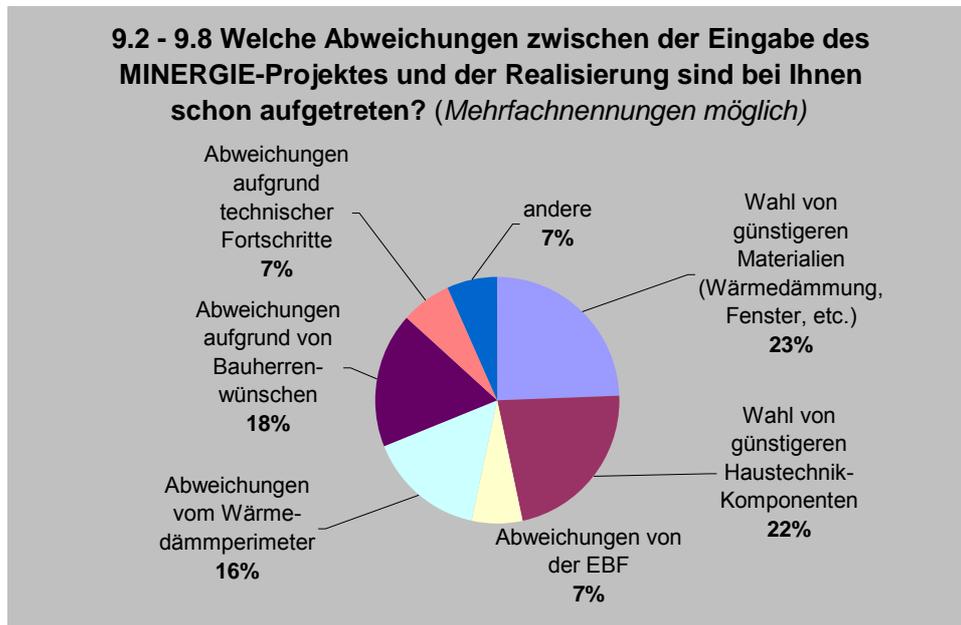
5.5.2.6 Abweichungen zwischen Eingabe und Realisierung

Bei dieser Frage beurteilen die Haustechnik-Planenden, ob in der Vergangenheit schon Abweichungen zwischen Eingabe und Realisierung eines MINERGIE-Projektes aufgetreten sind (Grafik 86). Falls dies der Fall ist, geben sie an, worin diese bestanden haben und ob sie darüber rechtzeitig informiert worden sind.



Grafik 86: Haustechnik-Planende, Frage 9.1

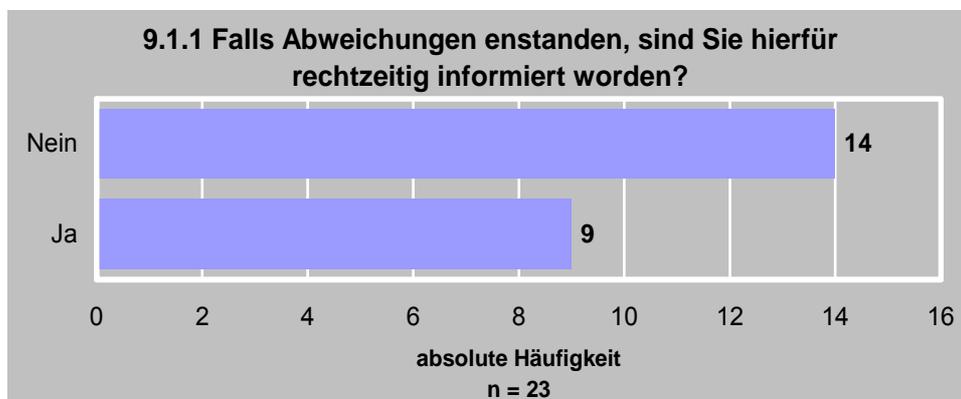
Zwei Drittel der Haustechnik-Planenden geben an, dass in der Vergangenheit schon Abweichungen vorgekommen sind. Da jedes Bauobjekt meist einen Prototyp darstellt, sind diese Abweichungen nicht beunruhigend. Teilweise sind Bereiche des Innenausbaus wie Nasszellen und Kücheneinrichtungen noch gar nicht fertig geplant. Speziell bei MINERGIE-Bauten können solche Änderungen gravierende Auswirkungen auf die Haustechnik-Planung haben, da z.B. in Bad und Küche gut platzierte Luftaus- und Einlässe für den Wohnkomfort von grosser Bedeutung sind.



Grafik 87: Haustechnik-Planende, Frage 9.2 - 9.8

Grafik 87 zeigt die Ursachen der Abweichungen zwischen Nachweis und Ausführung. Wieder wird der Kostendruck während der Realisierungsphase als bedeutendster Faktor erwähnt, welcher sich in der Wahl von günstigeren Materialien im Bereich Wärmedämmung und der Wahl von günstigeren Haustechnik-Komponenten zeigt. Wie bereits in Abschnitt 5.4.2.12 beschrieben, ist der Kostendruck seitens der Bauträgerschaft/Nutzenden für die Haustechnik-Planenden ein grosses Problem. Hier zeigt sich, dass die Wünsche der Bauträgerschaft oft zu Abweichungen führen.

Sehr aufschlussreich ist die Frage, ob die Haustechnik-Planende im Falle von Abweichungen rechtzeitig informiert werden.

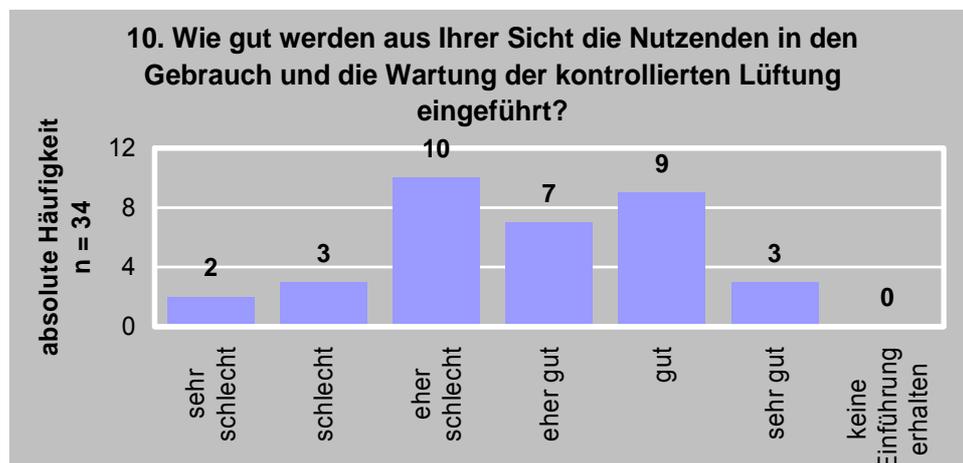


Grafik 88: Haustechnik-Planende, Frage 9.1.1

Grafik 88 verdeutlicht erneut, dass Kommunikationsprobleme zwischen den Parteien bestehen. Von 23 Haustechnik-Planenden, welche Abweichungen angeben, sagen 14 (61 %), dass sie darüber nicht rechtzeitig informiert worden sind. Offensichtlich fließen die Informationen von den Bauträgerschaften/Nutzenden über die Architekturschaffenden nur spärlich oder zu spät zu den Haustechnik-Planenden. Solche Informationsbarrieren führen zu mangelhafter oder improvisierter Haustechnik-Planung. Leidtragende im ganzen Prozess sind schliesslich die Nutzenden, die unter solchen Bedingungen kaum optimale Anlagen erhalten werden.

5.5.2.7 Einführung der Nutzenden aus Sicht des Haustechnikplaners

Die Bauträgerschaften/Nutzenden wurden befragt, wie gut sie in die optimale Nutzung des Objektes eingeführt werden (Abschnitt 5.3.2.4). Aber auch die Haustechnik-Planenden sollen aus ihrer Sicht beurteilen, wie gut die Bauträgerschaften/Nutzenden - speziell im Bereich der kontrollierten Lüftung - in deren optimalen Gebrauch eingeführt werden (Grafik 89). Diese Frage interessiert besonders, weil den Nutzenden für die Einführung keine direkten Kosten verrechnet werden. Zudem haben die Experteninterviews gezeigt, dass sich keine Partei wirklich dafür verantwortlich fühlt. Eine optimale Nutzung des Objekts ist jedoch aus ökologischen Überlegungen ganz im Sinne von MINERGIE. Die Bewertungen reichen von 1 (sehr schlecht) bis 6 (sehr gut).

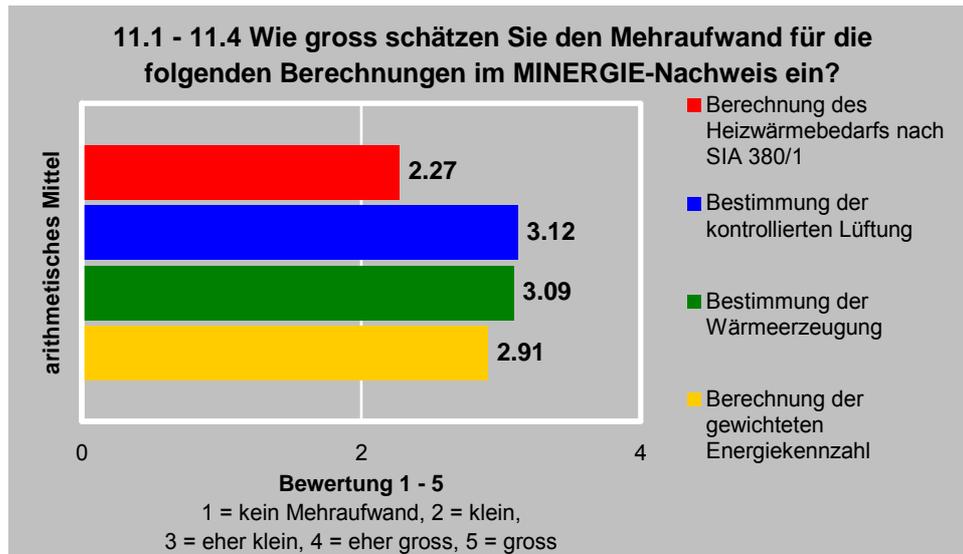


Grafik 89: Haustechnik-Planende, Frage 10

Das arithmetische Mittel liegt mit 3.8 etwas tiefer als „eher gut“; der Modalwert liegt mit 10 Nennungen bei „eher schlecht“. 44.2 % der 34 befragten Haustechnik-Planenden bewerten die Einführung als „eher schlecht“ bis „sehr schlecht“. Darum ist auch die Standardabweichung mit 1.34 relativ gross, d.h. die Antworten weichen stark vom arithmetischen Mittel ab.

5.5.2.8 Mehraufwand für den MINERGIE-Nachweis

Bei dieser Frage schätzen die Haustechnik-Planenden den zeitlichen Mehraufwand für den MINERGIE-Nachweis ab, der für eine Zertifizierung notwendig ist. Die Frage ist in die Bereiche Heizwärmebedarf, kontrollierte Lüftung, Wärmeerzeugung und gewichtete Energiekennzahl aufgeteilt.

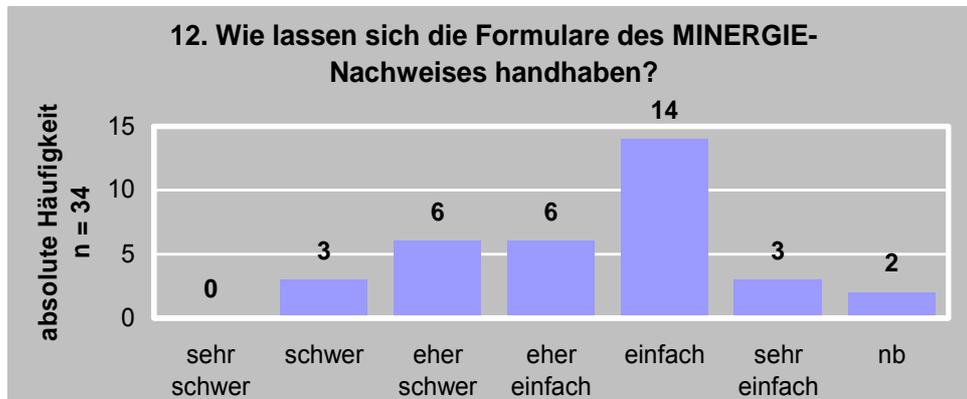


Grafik 90: Haustechnik-Planer, Frage 11.1 - 11.4

Grafik 90 zeigt, dass in keinem Bereich des MINERGIE-Nachweises der Mehraufwand übermässig gross ist. Lediglich für die Bestimmung der Wärmeerzeugung ist die Standardabweichung mit 1.25 deutlich höher als bei den anderen Bereichen, was zeigt, dass hier die Meinungen am meisten auseinander gehen.

5.5.2.9 Handhabung der Formulare für den MINERGIE-Nachweis

Die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Bereiche für den MINERGIE-Nachweis müssen mit Hilfe von standardisierten Formularen (es handelt sich vor allem um Ausdrucke von Tabellenkalkulations-Blättern) berechnet werden. Die Haustechnik-Planenden sollen daher die Handhabung der Formulare beurteilen. Obwohl kantonale Unterschiede im Prüfungsablauf vorhanden sind, wird auf diesen Umstand nicht näher eingegangen.



Grafik 91: Haustechnik-Planende, Frage 12

Grafik 91 zeigt, dass die meisten Haustechnik-Planenden die Formulare als einfach handhabbar (14 von 34 Nennungen) beurteilen. Das arithmetische Mittel der genannten Antworten liegt mit 4.25 deutlich näher bei „eher einfach“. Dieser Wert liegt deshalb deutlich unter dem Modalwert, weil doch 26.5 % (9 von 34 Nennungen) die Bewertung „eher schwer“ bis „schwer“ abgeben.

5.5.2.10 Weiterempfehlung des MINERGIE-Standards

In lediglich einem Fall von insgesamt 34 Befragten wird der MINERGIE-Standard nicht weiter empfohlen. Begründet wird diese negative Beurteilung durch die fehlende Vollzugssicherheit, da der Verein MINERGIE Randbedingungen ändere ohne die Betroffenen darüber zu informieren.

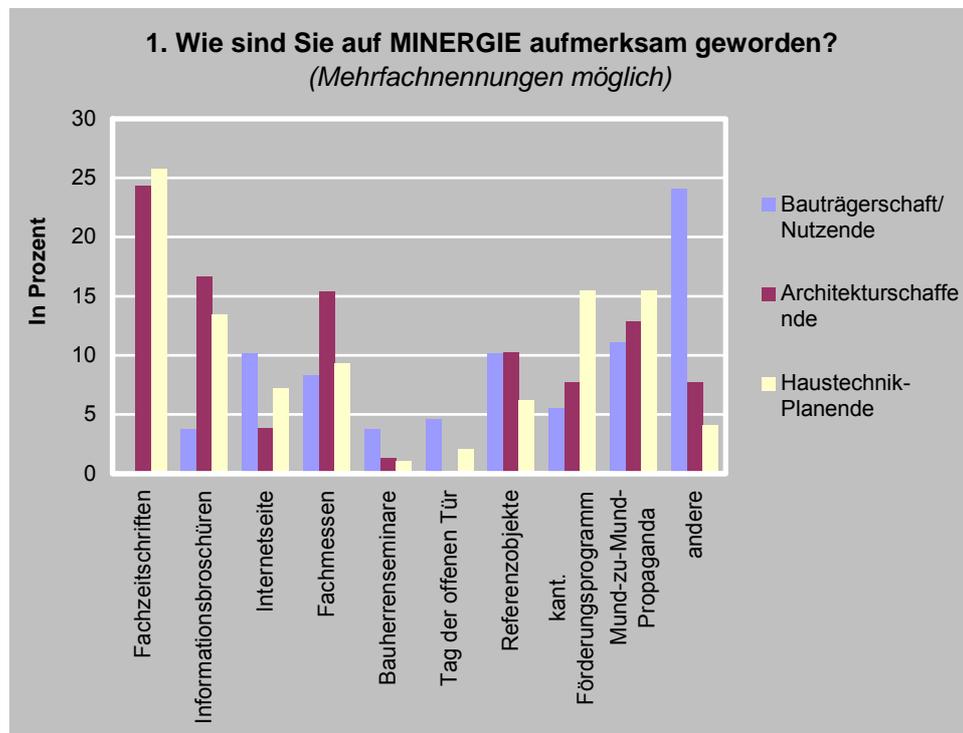
5.6 Gesamtauswertung Umfrage

5.6.1 Einstiegsfragen

Die drei ersten Fragen des Fragebogens sind bewusst für alle Anspruchsgruppen identisch formuliert worden, was eine möglichst differenzierte Auswertung ermöglicht. Es antworteten 58 Bauträgerschaften/Nutzende, 34 Architekturschaffende und 32 Haustechnik-Planende auf die Fragen.

5.6.1.1 Wie sind Sie auf MINERGIE aufmerksam geworden

Von den Bauträgerschaften/Nutzenden geben 19 % an, dass sie durch Fachzeitschriften auf MINERGIE aufmerksam geworden sind. Durch Referenzobjekte sind rund 10 % der Nutzenden zu MINERGIE gekommen. Unter „andere“ nennen die Bauträgerschaften in neun Fällen, dass sie durch die Architekturschaffenden auf MINERGIE aufmerksam gemacht worden sind (Grafik 92). Wieder andere können sich nicht mehr daran erinnern, wo sie erstmals von MINERGIE gehört haben.



Grafik 92: Gesamtauswertung, Frage 1

Es erstaunt nicht, dass rund 24 % der Architekturschaffenden durch Fachzeitschriften auf MINERGIE aufmerksam geworden sind. Als zweithäufigste Antwort werden Informationsbroschüren genannt. Wer gute Erfahrungen mit MINERGIE gemacht hat, erzählt diese gerne weiter. So geben 13 % der Architekturschaffenden an, durch Mund-zu-Mund-Propaganda im Berufsalltag auf MINERGIE gestossen zu sein. Zudem konnten sich 15 % der Architekturschaffenden an Fachmessen über MINERGIE orientieren.

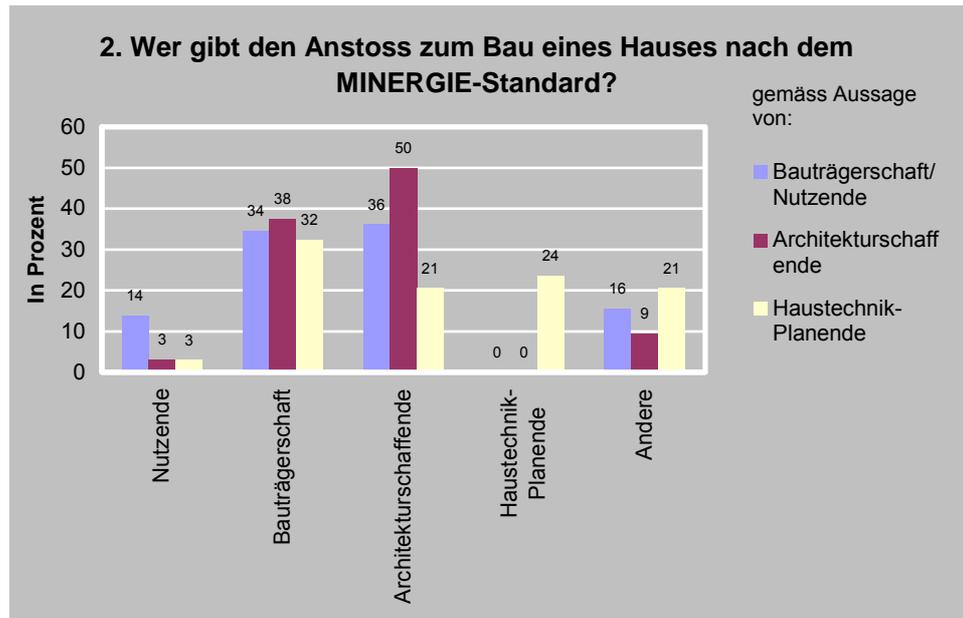
Bei den Haustechnik-Planenden tritt deutlich hervor, dass sie sich - im Gegensatz zu den anderen Parteien - mit kantonalen Vorschriften gut auskennen. So ist es nicht verwunderlich, dass 15 % der Haustechnik-Planenden durch die kantonalen Fördergelder auf MINERGIE aufmerksam geworden sind. Wie zuvor bei den Architekturschaffenden, haben auch die meisten Haustechnik-Planenden erstmals über Fachzeitschriften von MINERGIE erfahren.

Von allen befragten Personen geben nur sehr wenige an, über ein Seminar für Bauträgerschaften oder einen Tag der offenen Tür von MINERGIE erfahren zu haben, obwohl der Verein MINERGIE in letzter Zeit gerade auf diesen Kanälen einen Schwerpunkt seiner Öffentlichkeitsarbeit setzt. Zudem zeigt sich auch, dass die Internetseite des Vereins MINERGIE

beim Fachpublikum noch wenig bekannt ist. Von allen Parteien kennen die Bauträgerschaften/Nutzenden die Internetseite noch am besten.

5.6.1.2 Anstoss für ein MINERGIE-Objekt

Frage 2 soll aufzeigen, wer den eigentlichen Anstoss zum Bau eines Hauses nach MINERGIE-Standard gibt (Grafik 93).



Grafik 93: Gesamtauswertung Frage 2

Weder die Architekturschaffenden noch die Bauträgerschaften/Nutzenden nennen die Haustechnik-Planenden als Hauptinitianten für ein MINERGIE-Projekt. 24 % der Planenden geben aber an, dass sie für den Anstoss verantwortlich sind. Die Problematik, dass die Haustechnik-Planenden zu spät einbezogen werden, um den MINERGIE-Entscheid überhaupt beeinflussen zu können, erläutert Abschnitt 5.5.2.4.

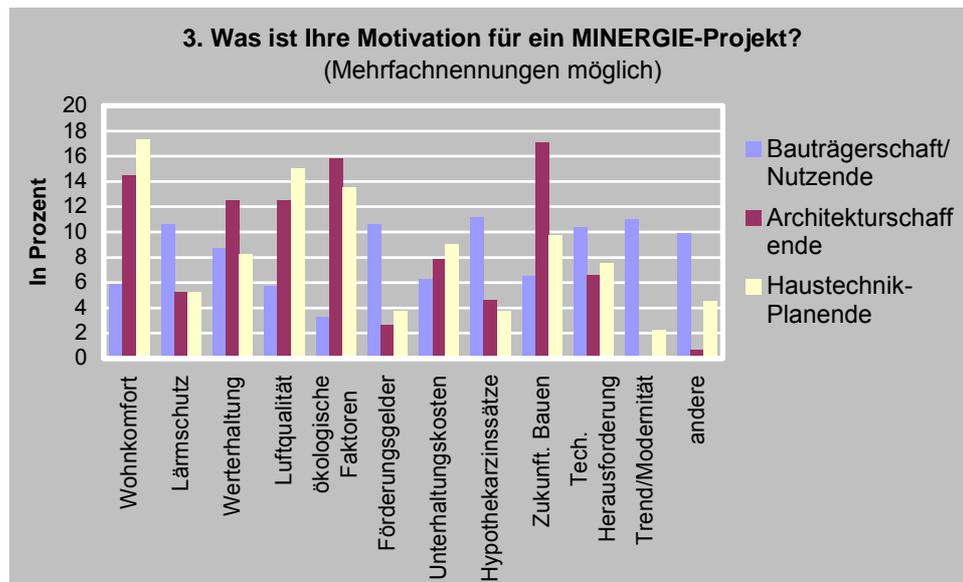
50 % der Architekturschaffenden geben an, dass sie selbst den Anstoss zur MINERGIE-Baute gegeben haben. Dies stimmt mit den Aussagen der Bauträgerschaften/Nutzenden überein, welche erstmals durch die Architekturschaffenden auf MINERGIE aufmerksam geworden sind.

Bei den Bauträgerschaften sind sich die Parteien einig: rund ein Drittel jeder Anspruchsgruppe gibt an, dass die Bauträgerschaft den MINERGIE-Entscheid selbst gefällt hat.

Unter anderen nennen die Bauträgerschaften/Nutzenden, die Haustechnik-Planenden sowie die Architekturschaffenden als diejenige Partei, welche den Anstoss gegeben hat, das Generalunternehmen.

5.6.1.3 Motivation für ein MINERGIE-Projekt

Bei Frage 3 sollen die beteiligten Parteien über ihre Motivation für ein MINERGIE-Gebäude Auskunft geben. Wiederum können sich die Befragten auf neun Auswahlmöglichkeiten stützen.



Grafik 94: Gesamtauswertung, Frage 3

Aus der Grafik 94 geht hervor, dass sich die Antworten der Bauträgerschaften/Nutzenden im Gegensatz zu den anderen beiden Parteien gleichmässig auf die Kriterien verteilen. Daraus lässt sich folgern, dass für sie vor allem das Zusammenspiel aller genannten Faktoren wichtig ist. Mit je 11 % nennen sie den Lärmschutz, die Förderungsgelder, die Hypothekenzinssätze und die Modernität als Motivation. Unter die Kategorie andere fallen zum einen Mieter eines Mehrfamilienhauses, die keine Auskunft geben können, zum anderen geben Bauträgerschaften an, sich nicht mehr bewusst erinnern zu können, was ihre Motivation für ein MINERGIE-Objekt war. Auffallend hoch bewerten die Nutzenden im Gegensatz zu den anderen beiden Parteien den Grund „Trend/Modernität“.

Die meistgenannte Antwort bei den Architekturschaffenden stellt mit 17 % das zukunftsgerichtete Bauen dar. Sie kennen das Potential von MINERGIE und räumen ihm auch ein Fortbestehen in der Zukunft ein. Dies zeigt auch Abschnitt 5.4.2.16. Weitere 16 % der Architekturschaffenden bauen nach dem MINERGIE-Standard, weil er ökologisch sinnvoll ist. 14 % sind zudem davon überzeugt, dass MINERGIE den Nutzenden einen hohen Wohnkomfort bietet.

Dies deckt sich mit den Aussagen der Haustechnik-Planenden, von denen 17 % den hohen Wohnkomfort für die Nutzenden bestätigen. Die Planung

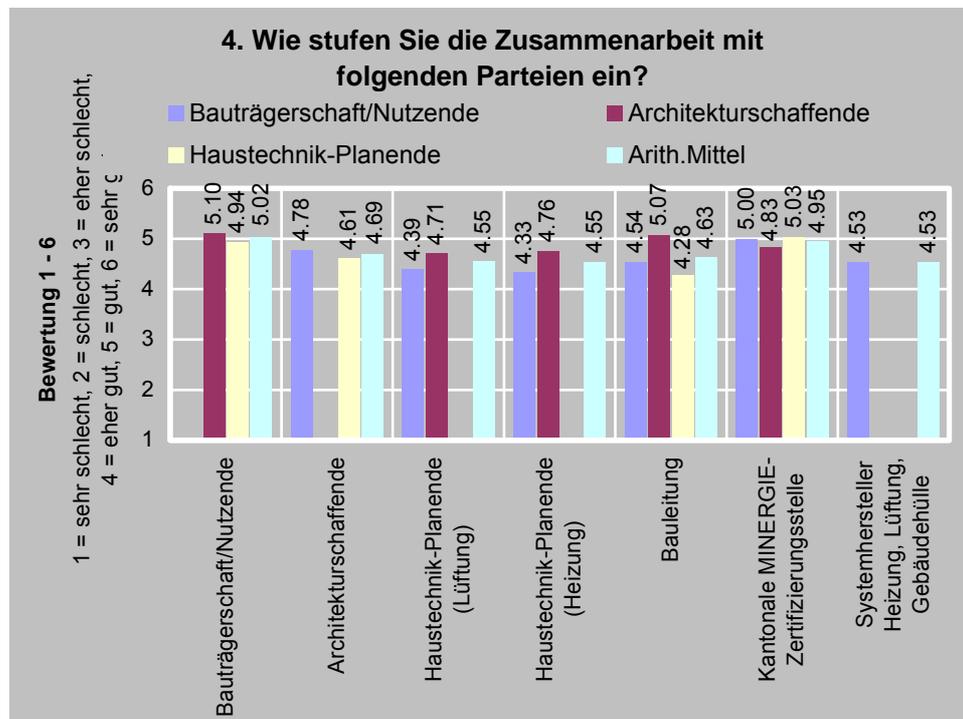
der kontrollierten Lüftung und die damit zu erreichende gute Luftqualität stellt eine Herausforderung dar. 15 % der Planenden bestätigen, dass diese Herausforderung sie zu einem Hausbau nach MINERGIE-Standard motiviert. Wie bereits erwähnt sind die Haustechnik-Planenden mit den kantonalen Vorschriften vertraut und erwähnen auch hier wiederum mit 14 % die Fördergelder als Motivation für MINERGIE.

5.6.2 Kooperation unter den Parteien

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Zusammenarbeit sowie die Probleme beim Erstellungsprozess einer MINERGIE-Baute über alle drei Parteien hinweg untersucht. Dabei werden die Resultate aus den Abschnitten 5.3, 5.4 und 5.5 zusammengefasst.

5.6.2.1 Zusammenarbeit mit den am Bau beteiligten Parteien

Die drei Anspruchsgruppen Bauträgerschaft/Nutzende, Architekturschaffende und Haustechnik-Planende haben in der Umfrage die Zusammenarbeit mit den am Bau beteiligten Personen bewertet. In der Grafik 95 sind auf der X-Achse die am Bau beteiligten Personen aufgeführt. Auf der Y-Achse ist die Bewertung 1 (sehr schlecht) bis 6 (sehr gut) eingetragen. Die Werte der Balken entsprechen den einzelnen arithmetischen Mitteln pro Anspruchsgruppe. Zusätzlich stellt der hellblau eingefärbte Balken das arithmetische Mittel der Wertungen pro Partei dar.



Grafik 95: Gesamtauswertung, Frage 4

Für die bessere Verständlichkeit der Grafik 95 folgt an dieser Stelle ein Beispiel: Auf der linken Seite der X-Achse steht als Partei die Bauträgerschaften/Nutzenden, die von den restlichen Anspruchsgruppen bezüglich der Zusammenarbeit mit ihnen bewertet werden. In diesem Beispiel stufen also die Architekturschaffenden die Bauträgerschaft/Nutzenden mit 5.1 und die Haustechnik-Planenden die Bauträgerschaft/Nutzenden mit 4.9 ein, was einem arithmetischen Mittel von 5 entspricht.

Werden nur die hellblau eingefärbten Balken verglichen (die arithmetischen Mittel pro Partei), so zeigt sich, dass die Bauträgerschaft/Nutzenden die besten Noten bekommen. An zweiter Stelle folgen die kantonalen MINERGIE-Zertifizierungsstellen. Nach den beiden Haustechnik-Planenden erhalten nur noch die Systemherstellenden von Heizung, Lüftung und Gebäudehülle eine schlechtere Note (4.53), was der Bewertung zwischen „eher schlecht“ und „gut“ entspricht. Jedoch ist zu beachten, dass die Bauträgerschaft/Nutzenden die Systemherstellenden nicht bewerten und somit die Grundgesamtheit nicht gleich gross ist wie bei den restlichen Parteien.

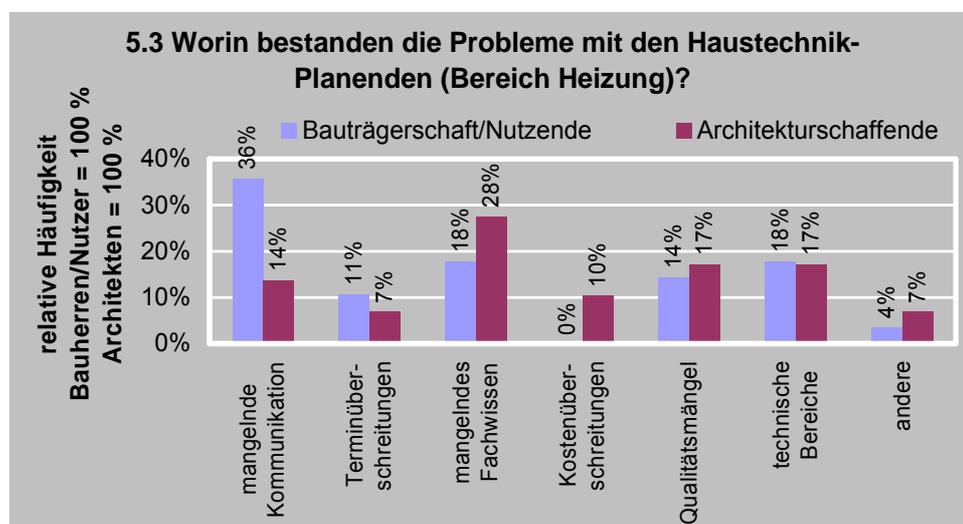
Die rote Linie bildet den Durchschnitt aller Bewertungen, dieser entspricht der Wertung 4.73. Die Grafik 95 verdeutlicht, dass sowohl die Bauträgerschaft/Nutzenden wie auch die kantonalen MINERGIE-Zertifizierungsstellen von den anderen Parteien als überdurchschnittlich gut bewertet werden. Als unterdurchschnittlich fallen die beiden Haustechnik-Planenden, die Bauleitung und die Systemherstellenden auf. Obschon die Architekturschaffenden die Zusammenarbeit mit den am Bau beteiligten Parteien mehrheitlich als gut bezeichnen, erhalten sie ihrerseits von den restlichen Parteien eine Wertung, die etwa dem Durchschnitt aller Bewertungen entspricht.

Die tiefste Note, 4.28, vergeben die Haustechnik-Planenden der Bauleitung. Ihrerseits sind die Haustechnik-Planenden mit 4.55 eher unterdurchschnittlich bewertet. Vor allem die Bauträgerschaften/Nutzenden bewerten die Haustechnik-Planenden tief.

Bei der Zusammenarbeit mit der Bauleitung teilen sich die Meinungen. So stufen die Architekturschaffenden die Qualität der Zusammenarbeit überdurchschnittlich hoch ein, die Haustechnik-Planenden jedoch eher tief. Verstärkt wird die eher tiefe Note von den Bauträgerschaften/Nutzenden, welche die Zusammenarbeit ebenfalls mit einer Wertung von lediglich 4.54 als „eher gut“ bis „gut“ einstufen.

5.6.2.2 Probleme beim Erstellungsprozess

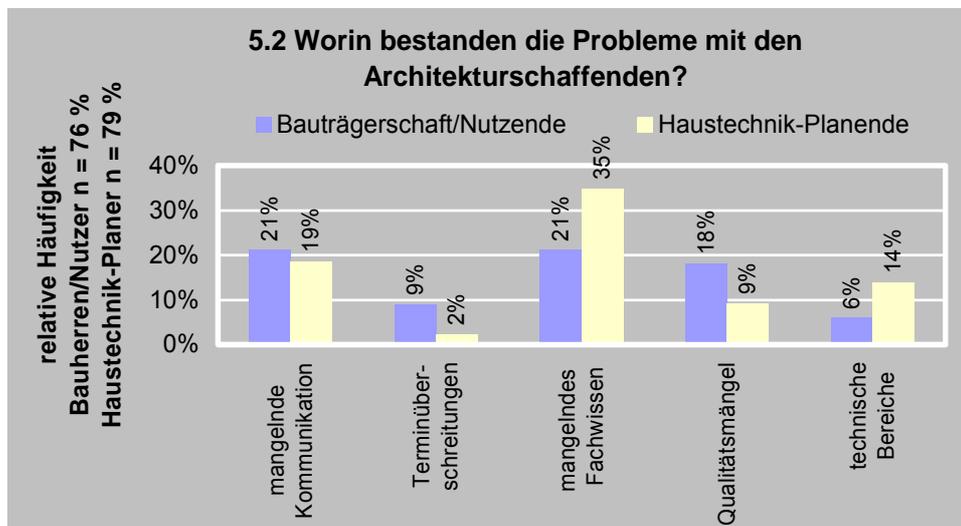
Der vorangehende Abschnitt 5.6.2.1 zeigt auf, dass die Zusammenarbeit mit den Haustechnik-Planenden im Vergleich mit den anderen beteiligten Parteien tiefer bewertet wird. Die Grafik 96 verdeutlicht, bei welcher Partei welche Probleme mit den Haustechnik-Planenden (Bereich Heizung) am häufigsten auftreten. Bei den Bauträgerschaften/Nutzenden sowie den Architekturschaffenden sind die häufigsten Probleme mangelnde Kommunikation, mangelndes Fachwissen, Qualitätsmängel und Probleme in technischen Bereichen.



Grafik 96: Gesamtauswertung, Frage 5.3

Aus Sicht der Bauträgerschaften/Nutzenden gibt die mangelnde Kommunikation mit den Haustechnik-Planenden (Bereich Heizung) am häufigsten Anlass zu Problemen. Mit 36 % hebt sich diese Ursache klar von den restlichen ab und kann somit als wesentliches Anliegen der Bauträgerschaften/Nutzenden gewertet werden.

Das häufigste Problem der Architekturschaffenden mit den Haustechnik-Planenden beruht auf mangelndem Fachwissen der Haustechnik-Planenden. Die gleiche Frage wurde auch den Haustechnik-Planenden gestellt, und hier wird der Spiess nun umgedreht: Aus Grafik 97 lässt sich herauslesen, dass 35 % aller Probleme mit den Architekturschaffenden auf mangelndes Fachwissen zurückzuführen sind. Es zeigt sich also, dass sich beide Parteien gegenseitig mangelndes Fachwissen vorwerfen. Auch diese Einschätzung dürfte wenigstens teilweise auf die mangelhafte Kommunikation zurückzuführen sein. Die Bauträgerschaften/Nutzenden werden aufgrund dieser Situation am Schluss den Schaden davon tragen.

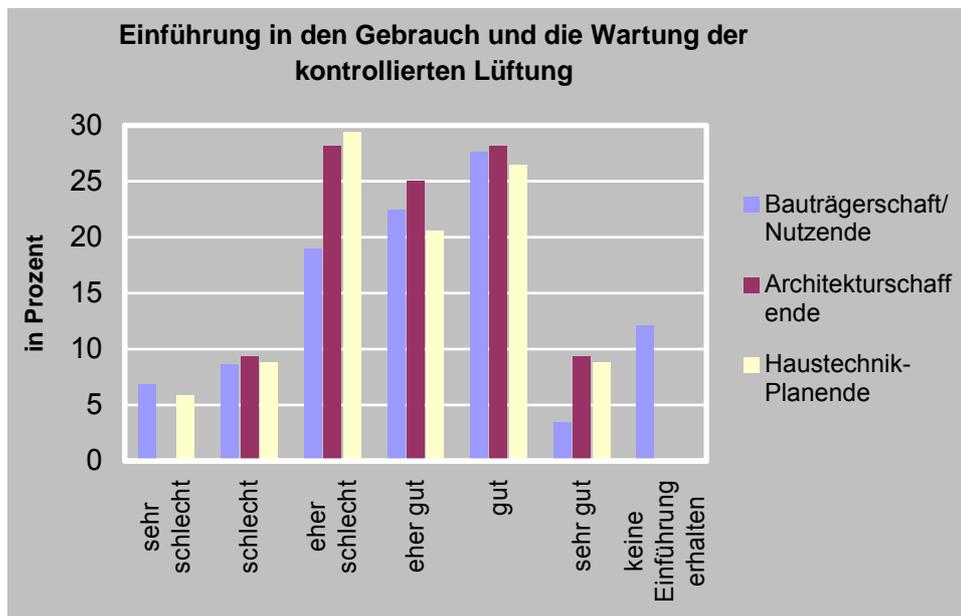


Grafik 97: Gesamtauswertung, Frage 5.2

In der Grafik 97 fehlen die Antwortmöglichkeiten „Kostenüberschreitungen“ und „andere“ (bei der Anspruchsgruppe Bauträgerschaften/Nutzende) sowie die Antwortmöglichkeiten „ungenauere Pläne“ und „andere“ (bei der Anspruchsgruppe Haustechnik-Planende), weil nur jene Antwortmöglichkeiten aufgeführt sind, die auch beiden Anspruchsgruppen als Auswahlmöglichkeit zur Verfügung gestanden sind.

5.6.3 Einführung in den Gebrauch und die Wartung der kontrollierten Lüftung

Wie bereits beschrieben, sind alle Anspruchsgruppen betreffend die Einführung der Nutzenden in die Funktionsweise der kontrollierten Lüftung befragt worden. Die Bauherrschaften/Nutzenden müssen selbst beurteilen, wie gut die Einführung in Gebrauch und Wartung der kontrollierten Lüftung erfolgt ist. Die Architekturschaffenden und Haustechnik-Planenden sollen aber auch aus ihrer Sicht beurteilen, wie korrekt die Einführung für die Bauträgerschaften/Nutzenden war. Die Skala reicht von 1 (sehr schlecht) bis 6 (sehr gut) bzw. 7 (keine Einführung erhalten).

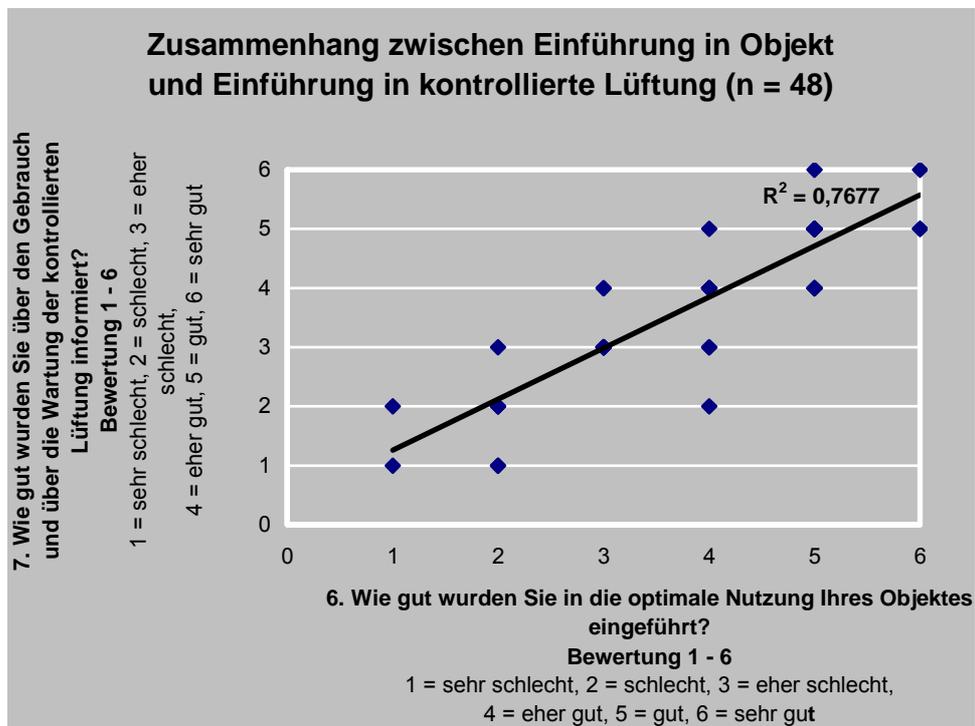


Grafik 98: Einführung in den Gebrauch und die Wartung der kontrollierten Lüftung

Wie Grafik 98 zeigt, gibt es aus Sicht der verschiedenen Anspruchsgruppen einige Unterschiede. Architekturschaffende und Haustechnik-Planende geben an, dass alle Bauträgerschaften/Nutzenden eine Einführung in die kontrollierte Lüftung erhalten haben. Etwa 12 % der Bauträgerschaften/Nutzenden jedoch sagen, dass sie keine Einführung erhalten haben! Auch die Beurteilung „sehr gut“ geben mehr Architekturschaffende und Haustechnik-Planende ab als Bauträgerschaften/Nutzende. Die Architekturschaffenden denken weiter, dass niemand sehr schlecht in die kontrollierte Lüftung eingeführt wurde. Dem widersprechen die anderen Parteien jedoch deutlich.

5.6.3.1 Zusammenhang zwischen Einführung in Objekt und kontrollierte Lüftung

Da die Bauträgerschaften/Nutzenden zu den Erfahrungen mit dem eigenen Objekt befragt werden, kann jedes MINERGIE-Projekt betreffend Einführung der Nutzenden ausgewertet werden. Hier interessiert, ob es einen Zusammenhang zwischen einer schlechten Einführung in die optimale Nutzung des Objektes und einer schlechten Einführung in den Gebrauch und Wartung der kontrollierten Lüftung gibt. Von der Grundgesamtheit der 58 Bauträgerschaft/Nutzenden werden diejenigen ausgesondert, die in einem oder in beiden Bereichen keine Einführung erhalten haben. Dies ist bei zehn Befragten (17.3 %) der Fall. Die neue Grundgesamtheit besteht somit aus 48 Bauträgerschaften/Nutzenden.

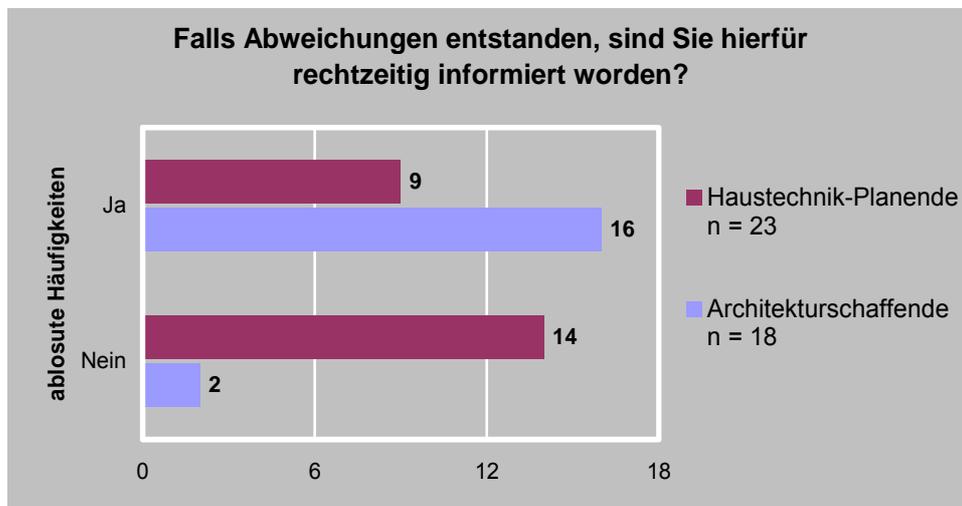


Grafik 99: Gesamtauswertung, Frage 7 und 8

Grafik 99 zeigt einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,8762$. Diese statistische Masszahl sagt aus, dass ein relativ starker Zusammenhang zwischen diesen beiden Aussagen besteht. Daraus folgt, dass die Einführung meist in beiden Bereichen jeweils gut oder schlecht ist.

5.6.4 Informationsfluss bei Abweichungen

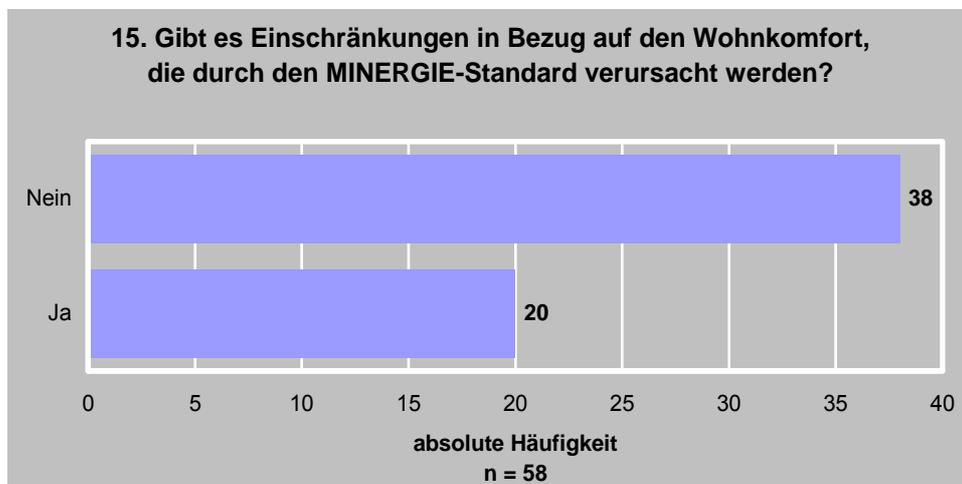
Wie bereits in Abschnitt 5.4.2.12 bei den Architekturschaffenden und Abschnitt 5.5.2.6 bei den Haustechnik-Planenden angesprochen, werden diese beiden Parteien zu ihren Erfahrungen betreffend Abweichungen zwischen Eingabe und Realisierung befragt. Dass Änderungen vorkommen, ist gemäss den Experteninterviews keine MINERGIE-spezifische Erscheinung. Aufgrund der komplizierteren Haustechnik bei MINERGIE-Bauten ist es jedoch wichtig, dass die betroffenen Parteien darüber rechtzeitig informiert werden.



Grafik 100: Gesamtauswertung, Fragen 9 und 14

Grafik 100 verdeutlicht, dass 88.9 % oder 16 von 18 Architekturschaffenden, welche Abweichungen feststellten, rechtzeitig informiert wurden. Bei den Haustechnik-Planenden sind dies nur 39.1 % oder 9 von 23 Nennungen. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass der Informationsfluss schlecht funktioniert oder zu langsam ist. In Abschnitt 5.5.2.6 wurde die These aufgestellt, dass diese Informationsbarrieren zu suboptimal geplanten Haustechnik-Anlagen führen.

Die Haustechnik-Planenden werden im Gegensatz zu den Bauträgerschaften/Nutzenden nicht objektspezifisch befragt, sondern zu den allgemeinen Erfahrungen mit MINERGIE. Deshalb besteht kein direkter Zusammenhang zwischen zu später Information der Haustechnik-Planenden und der Beurteilung des eigenen Objekts durch die Bauträgerschaften/Nutzenden.



Grafik 101: Gesamtauswertung, Frage 15

Grafik 101 stützt die These, dass sich suboptimal geplante Haustechnik-Anlagen negativ auf den Wohnkomfort auswirken. 34.5 % (oder 20 von 58 Befragten) der Bauträgerschaft/Nutzenden geben an, dass Einschränkungen wegen des MINERGIE-Standards verursacht werden. Am häufigsten werden Lärmemissionen durch die kontrollierte Lüftung (Ventilatoren und Geräuschkulisse von innen) genannt. Laut Aussage der Experten dürfen aber bei einer korrekt installierten Lüftungsanlage keine wahrnehmbaren Lärmemissionen entstehen.

6 Auswertung eines MINERGIE-Schulgebäudes im Vergleich zu den untersuchten Wohnbauten

6.1 Ausgangslage und Vorgehen

Vertreter der Stadt Zürich regten die Aufnahme eines neu erstellten MINERGIE-Schulhauses in die im Rahmen des Projekts Praxistest MINERGIE untersuchten Bauten an. Da es sich als einziges Gebäude um einen Schulbau handelt, entschied sich die Projekt-Begleitgruppe, die Baute anhand der Ergebnisse der übrigen Objekte zu vergleichen.

6.2 Ergebnisse

6.2.1 Auswertung MINERGIE-Nachweis

6.2.1.1 Vollständigkeit der Unterlagen

Aus den Akten geht hervor, dass der MINERGIE-Nachweis einige Korrekturen erfuhr, bevor er durch die Zertifizierungsstelle akzeptiert wurde. Insbesondere waren die Unterlagen zur EBF-Berechnung unvollständig und wichtige Angaben zur Gebäudehülle sowie der Luftführung fehlten.

6.2.1.2 Situierung und Gebäudehülle

Die Orientierung der Hauptfassade gegen Südosten entspricht rund einem Drittel der untersuchten Objekte (Südwest, Südost); die meisten Gebäude sind gegen Süden ausgerichtet.

Die Gebäudehülle ist eine Mischform massiv/leicht (Die Südost- und Nordostfassaden sind als Leichtkonstruktionen konzipiert, während die übrigen Fassaden massiv ausgebildet wurden). Damit stellt das Schulhaus eher eine Ausnahme dar – lediglich 4 der 52 anderen Objekte wurden in Mischbauweise erstellt.

Das Untergeschoss ist zu rund zwei Dritteln beheizt. Damit lässt sich das Objekt bei rund einem Drittel der anderen Objekte einreihen, welche ebenfalls weitgehend beheizte Untergeschosse aufweisen. Aufgrund der unterschiedlichen Nutzung des Schulhauses ist ein direkter Vergleich jedoch nicht aussagekräftig.

Die U-Werte der opaken Bauteile liegen im Schnitt deutlich über den Mittelwerten der flächengewichteten U-Werte der Vergleichsobjekte. Besonders hohe U-Werte weisen der Boden gegen Erdreich (ohne Berücksichtigung der Bodenfläche gemäss EN 13370 [12]) und die Aussenwand gegen Aussen auf. Die Aussenwand gegen Erdreich weist hingegen einen

tieferen und das Dach den gleichen U-Wert wie die anderen Objekte auf. Ein beinahe identisches Bild zeigt sich bei den Dämmdicken; lediglich die Aussenwand gegen Erdreich weist eine überdurchschnittlich dicke Dämmung auf. Dies ist auf die Verwendung von Schaumglasschotter zurückzuführen, welcher eine vergleichsweise hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist.

Ein Vergleich der U-Werte der Fenster mit denjenigen der übrigen Objekte zeigt, dass sie entweder im Mittel (Süden) oder leicht darüber (Norden) liegen.

Aufgrund des bei grossen Bauten besseren Verhältnisses zwischen Hüllfläche und Volumen sind die höheren U-Werte der Bauteile zu erwarten gewesen.

6.2.1.3 *Haustechnik*

Die Wärmeerzeugung im Schulhaus erfolgt mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe. Damit befindet es sich in guter Gesellschaft; die meisten der anderen untersuchten Objekte besitzen ebenfalls eine solche Anlage. Auch der Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung (350%) und der Anteil der Wärmeproduktion der Anlage am gesamten Heizwärmebedarf (100%) liegen genau im Mittel aller betrachteten Sole-Wasser-Wärmepumpen. Weil das Schulhaus keine thermische Solaranlage besitzt und die Wärmepumpe alleinige Wärmeproduzentin ist, liefert die Anlage auch die gesamte Wärmeenergie für das Warmwasser.

Die Heizwärme wird mittels Radiatoren an die Räume abgegeben – nur bei rund einem Fünftel der Vergleichsobjekte erfolgt dies auf dieselbe Weise. Die Vor- und Rücklauftemperaturen entsprechen jedoch wieder genau dem Mittel der Objekte mit Radiatoren zur Wärmeverteilung. Die Vorlauftemperatur ist für eine Wärmepumpenanlage hoch, was sich in einer im Vergleich mit Anlagen ähnlicher Grösse eher tiefen Jahresarbeitszahl niederschlägt.

Zur Sicherstellung des Luftaustauschs kommt im Schulhaus eine zentrale Komfortlüftungs-Anlage mit Wärmerückgewinnung zum Einsatz; eine Variante, die bei 89% der Vergleichsobjekte ebenfalls gewählt wurde. Der flächenbezogene Luftvolumenstrom beträgt aber rund das Doppelte im Vergleich mit den Wohnhäusern. Grund dafür ist die bedeutend grössere Personendichte in den Schulzimmern. Dafür ist die Betriebsstundenzahl in Schulhäusern (Standardwert: 45 h/Woche) gegenüber Wohnbauten (Standardwert: 168 h/Woche) markant tiefer, was unter dem Strich zu einem ähnlichen hohen durchschnittlichen Luftwechsel führt. Die Leistungsaufnahme der Lüftungsventilatoren liegt mit $0.37 \text{ W/m}^3\cdot\text{h}$ etwas unter dem Mittel der Vergleichsobjekte; dieser Wert müsste genauer geprüft werden.

Der Elektrizitätsbedarf für die Lüftungsanlage beträgt bei diesem Objekt lediglich rund 2 kWh/m²a - ein untypisch tiefer Wert, welcher die grossen Anstrengungen zum rationellen Energieeinsatz widerspiegelt. Die Gründe dafür liegen in der eher knappen Luftmenge (ca. 20 m³/h und Person) und einem sehr kleinen Druckverlust der Luftverteilung (300 Pa). Das heisst, dass bei Schulbauten die Konzeption der Lüftungsanlage entscheidenden Einfluss auf die Energiekennzahl und die Einhaltung des MINERGIE-Grenzwerts hat.

Bei MINERGIE-Schulbauten muss der Nachweis erbracht werden, dass die Beleuchtung den Anforderungen von SIA-Norm 380/4 (max. Überschreitung des Zielwerts um ¼ der Differenz zwischen Grenz- und Zielwert) entspricht. Da für MINERGIE-Wohnbauten keine Anforderungen an die Beleuchtung gestellt werden und ein Vergleich somit nicht möglich ist, wurde erwähnter Aspekt bei diesem Objekt nicht untersucht.

6.2.1.4 Nachweise/Berechnungen

Die erfassten Fehler im Nachweis betrafen die opaken Bauteile (bei 13% der Nachweise der Vergleichsobjekte fehlerhaft), die b-Faktoren der Gebäudehülle (2% der Vergleichsobjekte) und die Lüftungsanlage (13% der Vergleichsobjekte). Die Wärmebrücken wurden weit gehend berücksichtigt (21% der Vergleichsobjekte). Die Anzahl der Fehler liegt über dem Durchschnitt, was auf die Objektgrösse und -Komplexität zurückzuführen sein dürfte. Der Einfluss der Mängel wäre bedeutend gewesen; insbesondere führte ein Fehler in der Berechnung des Lüftungswärmebedarfs zu einer markanten Korrektur.

Die Hüllzahl (A/EBF) des Objekts liegt deutlich unter dem Durchschnitt der anderen untersuchten Bauten (kompaktes Gebäude), was angesichts des grossen Gebäudevolumens wenig erstaunt.

Der Grenzwert für den Heizwärmebedarf (H_g) beträgt gemäss SIA-Norm 380/1 58 kWh/m²a. Der entsprechende Rechenwert (Q_h) des Schulhauses liegt bei lediglich 38 kWh/m²a. Ein ähnliches Bild zeigt sich sogar beim MINERGIE-Grenzwert für Schulbauten (40 kWh/m²a), welcher mit 31 kWh/m²a ebenfalls deutlich unterschritten wird. Obwohl auch bei den Vergleichsobjekten der Rechenwert deutlich unter dem entsprechenden Grenzwert liegt (im Mittel rund 13%), ist die Differenz zwischen Grenz- und Rechenwert beim untersuchten Schulhaus nochmals bedeutend grösser (23%).

6.2.2 Auswertung Umfrage

Bauherrschaft und Nutzende sind grösstenteils zufrieden mit dem Bauwerk und den beteiligten Planenden. Damit stellen sie sich in eine Reihe mit den befragten Bauherrschaften und Nutzenden der Vergleichsobjekte.

Der im Fall dieses Schulhauses beteiligte Architekt gibt in Abweichung von den übrigen Architekturschaffenden an, dass der Zusatzaufwand für den MINERGIE-Nachweis sehr gross gewesen sei. Diese Aussage ist allerdings zu relativieren, da er dafür nicht verantwortlich war.

Interessant ist die Einschätzung des Haustechnikplaners bezüglich der Zusammenarbeit mit den anderen beteiligten Planenden. Nicht nur schätzt er den Aufwand für den MINERGIE-Nachweis als gering ein, sondern gibt Probleme an, wo Bauherrschaft und Architekturschaffende keine sahen: mangelhafte Pläne der Architekturschaffenden, Abweichungen in der Ausführung und ungenügende Einführung der Nutzenden.

6.2.3 Interpretation

Es gibt im Vergleich mit den untersuchten Wohnbauten sehr viele Übereinstimmungen, was die Vollständigkeit der Unterlagen, die Haustechnik, die Berechnungen und die Meinung der Beteiligten angeht. Unterschiede sind vor allem in der Dämmung der Gebäudehülle auszumachen. Offenbar ist für die Abweichungen weniger die unterschiedliche Nutzung verantwortlich als die Objektgrösse. Sie erlaubt zwar bei einer gegenüber Einfamilienhäusern kleineren Hüllzahl eine weniger gute Dämmung, dafür wird die energieeffiziente Konzeption der Haustechnik (insbesondere der Lüftung) umso wichtiger. Damit kann gesagt werden, dass bei grösseren Objekten eine gesamtheitliche Konzeption besonders elementar ist, um zu energetisch sinnvollen und wirtschaftlichen Resultaten zu gelangen.

7 Ausführungskontrollen an 13 Wohnbauten im Kanton St. Gallen

7.1 Ausführungskontrollen von MINERGIE-Bauten im Kanton St.Gallen

In Zusammenhang mit der finanziellen Unterstützung von MINERGIE-Bauten (Förderungsprogramm Energie) wurden bei MINERGIE-Bauten im Kanton St.Gallen seit dem Jahr 2001 regelmässig Ausführungskontrollen durchgeführt. Diese bezweckten insbesondere die Sicherstellung eines sinnvollen Mitteleinsatzes.

7.1.1 Vorgehen bei den Kontrollen

Mit Hilfe eines Kontrollblattes (Anhang 16.5) werden die erstellten MINERGIE-Bauten überprüft und die allfälligen Massnahmen festgehalten. Ziel dieser Kontrollen ist, die Umsetzung der im MINERGIE-Nachweis definierten Bauteile und Haustechnikanlagen zu überprüfen. Folgende Punkte werden dabei üblicherweise kontrolliert:

- Wärmedämmung der Bauteile entlang des Dämmperimeters: Aussenwand, Dach, Boden, Decke und Wände zu unbeheizt.
- Fenster bezüglich U-Wert Glas, Rahmenmaterial und Einbauqualität
- Wesentliche Wärmebrücken: Balkonplatte / Vordach, Unterbrechung der Dämmschicht, Gebäudekanten, Fensterrahmenverbreiterung / Rollladenkasten, Fensteranschlag und punktuelle Durchdringungen
- Lüftung: Art des Lüftungssystems, Produkt, Ventilatorleistungen und Luftmengen, WRG – Wirkungsgrad, Anzahl Zu- und Abluftöffnungen
- Wärmeerzeugung: Energieträger, Produkt, Leistung und Angaben zu allfälligem Elektro-Einsatz
- Warmwasser: Energieträger, Produkt und Angaben zu allfälligem Elektro-Einsatz
- Erneuerbare Energieträger: Sonnenkollektoren und Fotovoltaik
- Wärmeverteilung: Art der Wärmeverteilung und Leitungsdämmung

Die Daten der Beleuchtung sind für Wohnbauten nicht relevant. Im Kanton St.Gallen werden bei geförderten Objekten für die Haustechnik die Leistungsgarantien nach EnergieSchweiz verlangt. Sie sind für die Einhaltung des MINERGIE-Standards ebenfalls nicht relevant.

7.1.2 Kontrollierte Objekte

Im Rahmen dieser Studie wurden aus dem Kanton St.Gallen insgesamt 20 Objekte (19 EFH und ein MFH) in die Untersuchungen einbezogen. Davon wurde bei 13 Objekten (12 EFH und ein MFH) eine Ausführungskontrolle durchgeführt. Die nachfolgenden Aussagen stützen sich auf die entsprechenden Protokolle ab.

7.1.3 Zeitpunkt und Anzahl der Kontrollen

Die Ausführungskontrollen wurden in der Regel kurz vor oder nach dem Bezug der Bauten durchgeführt. Das hat den Vorteil, dass zum Zeitpunkt der Kontrolle die Lüftungsanlage und die Wärmeerzeugung bereits in Betrieb sind. Nachteilig ist hingegen, dass die Wärmedämmungen nicht mehr zugänglich sind und für die Kontrolle zusätzlich Lieferscheine oder Detailpläne herangezogen werden müssen.

Bei den 12 Einfamilienhäusern wurde je eine einzige Kontrolle durchgeführt, beim Mehrfamilienhaus hingegen zwei (eine im Rohbau und eine kurz vor Bezug).

7.2 Resultate der Ausführungskontrollen

7.2.1 Gebäudehülle

Die folgende Tabelle zeigt die Abweichungen im Bereich Gebäudehülle, welche anlässlich der Ausführungskontrollen im Vergleich mit dem Antrag für das MINERGIE-Label festgestellt wurden.

Obj. Nr.	Wärmedämmung	Fenster	Wärmebrücken
1	Boden zu unbeheizt: 2 cm stärkere Wärmedämmung, Verbesserung U-Wert von 0.23 W/m ² K auf 0.20 W/m ² K	--	--
2	--	--	--
3	Aussenwand: von Ständerbauweise auf Massivbauweise geändert, U-Wert unverändert 0.13 W/m ² K	--	--
4	--	U-Wert Glas von 1.0 W/m ² K auf 0.9 W/m ² K verbessert	--
5	--	--	--
6	--	--	--
7	--	--	--
8	--	--	--
9	--	--	--
10	Dach: Dämmung zwischen den Sparren geändert von 22 cm auf 20 cm, jedoch zusätzlich 4 cm vollflächig. Verbesserung U-Wert von 0.19 W/m ² K auf 0.18 W/m ² K	--	--
11	--	Rahmenmaterial von Holz auf Kunststoff gewechselt	--
12	--	--	--
13	--	--	--

Tabelle 2: Resultate Ausführungskontrollen Gebäudehülle

Beim Objekt Nr. 6 wurde der Label-Antrag erst nach Bezug des Gebäudes gestellt. Die Kontrolle der Wärmedämmungen wurde deshalb durch die zuständige Fachperson der Gemeinde durchgeführt.

7.2.2 Lüftungsanlagen

Die folgende Tabelle zeigt die Abweichungen im Bereich Lüftungsanlagen, welche anlässlich der Ausführungskontrollen im Vergleich mit dem Antrag für das MINERGIE-Label festgestellt wurden.

Obj. Nr.	Art des Lüftungssystems	Lüftungsgerät	Kenndaten ⁷
1	--	--	--
2	--	--	--
3	--	--	--
4	--	Produkt geändert	--
5	--	--	--
6	--	Produkt geändert	--
7	--	--	--
8	--	Produkt geändert	--
9	--	--	--
10	--	--	--
11	--	--	--
12	--	--	--
13	--	Produkt geändert	--

Tabelle 3: Resultate Ausführungskontrolle Lüftungsanlagen

⁷ Luftmengen, Ventilatorleistungen, WRG-Wirkungsgrad

7.2.3 Wärmeezeugung

Die folgende Tabelle zeigt die Abweichungen im Bereich Wärmeezeugung, welche anlässlich der Ausführungskontrollen im Vergleich mit dem Antrag für das MINERGIE-Label festgestellt wurden.

Obj. Nr.	Heizung	Warmwasser	Erneuerbare Energieträger, Wärmeverteilung
1	--	--	--
2	Produkt Wärmeezeugung geändert	Produkt Wärmeezeugung geändert	--
3	--	--	--
4	Produkt Wärmeezeugung bei Label-Antrag noch nicht bekannt	Produkt Wärmeezeugung bei Label-Antrag noch nicht bekannt	--
5	--	--	--
6	--	--	--
7	--	--	--
8	Produkt Wärmeezeugung geändert	Produkt Wärmeezeugung geändert	--
9	--	--	--
10	--	--	--
11	Produkt Wärmeezeugung bei Label-Antrag noch nicht bekannt	Produkt Wärmeezeugung bei Label-Antrag noch nicht bekannt	--
12	--	--	--
13	Produkt Wärmeezeugung bei Label-Antrag noch nicht bekannt	Produkt Wärmeezeugung bei Label-Antrag noch nicht bekannt	--

Tabelle 4: Resultate Ausführungskontrolle Wärmeezeugung

7.3 Auswirkungen der Abweichungen auf Heizwärmebedarf und MINERGIE-Standard

7.3.1 Gebäudehülle

Die festgestellten Abweichungen bei Wärmedämmungen und Fenstern bewirken eine Reduktion des Heizwärmebedarfs von bis zu 6 MJ/m²a beziehungsweise eine Reduktion der MINERGIE-Rechenwerte von bis zu 1.0 kWh/m²a. Die meisten festgestellten Abweichungen haben jedoch einen geringeren positiven oder keinen Einfluss auf den Heizwärmebedarf bzw. den MINERGIE-Rechenwert. Abweichungen, welche einen negativen Einfluss zur Folge hätten, wurden nicht festgestellt. Bezüglich der bekannten Schwachstelle von beheizten, aber nicht wärmegeprägten Räumen im Untergeschoss wurden keine Feststellungen gemacht.

7.3.2 Lüftungsanlagen

Das Lüftungssystem wurde bei keinem einzigen Objekt geändert. Hingegen wurde bei vier Objekten (beinahe einem Drittel der Objekte) das Produkt des Lüftungsgerätes geändert. Gemäss den Protokollen der Ausführungskontrolle wurden gegenüber den Angaben im MINERGIE-Nachweis technisch gleichwertige Geräte eingebaut. Es wurden somit keine Abweichungen festgestellt, welche einen Einfluss auf den MINERGIE-Rechenwert hätten.

7.3.3 Wärmeerzeugung

Bei drei Bauten wurde im Label-Antrag kein Produkt angegeben, sondern lediglich die Art der Wärmeerzeugung (Wärmepumpe mit Erdsonde) festgelegt. Im Nachweis wurden für die Jahresarbeitszahlen die Standardwerte gemäss MINERGIE-Reglement eingesetzt, welche in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur der Wärmeverteilung und der Warmwassertemperatur festgelegt sind. Die entsprechenden Temperaturen stimmen bei allen drei Objekten mit den Angaben im Nachweis überein.

Gemäss den Protokollen wurde zudem bei zwei Bauten das Produkt des Wärmeerzeugers gewechselt. Es betrifft in beiden Fällen kondensierende Gaskessel, welche der im Nachweis geforderten technischen Qualität entsprechen.

Auch bei den Wärmeerzeugungen wurden also keine Abweichungen festgestellt, welche einen Einfluss auf den MINERGIE-Rechenwert hätten.

8 Begleitung der Ausführungsphase von ausgewählten MINERGIE-Objekten

8.1 Vorgehen und Ziele

Im Rahmen einer Semesterarbeit wurde die Ausführungsphase von einigen MINERGIE-Objekten begleitet, die erkannten Probleme festgehalten und analysiert sowie – basierend auf den vorangegangenen Schritten – eine Checkliste für Bauträgerschaften erarbeitet, welche als Hilfsmittel für einen reibungsloseren Planungs- und Bauablauf dienen soll.

Für die Begleitung der Ausführungsphase wurden fünf MINERGIE-Objekte ausgewählt, welche sich bereits im Bau befanden und innert vernünftiger Zeit erreichbar waren. Es handelt sich um vier Einfamilienhäuser und eine Überbauung mit Mehrfamilienhäusern. Drei Einfamilienhäuser wurden als Holzelementbauten konzipiert, ein EFH wurde in Mischbauweise (massiv/Holzelemente) erstellt. Die Mehrfamilienhäuser besitzen eine massive Tragstruktur mit äusserer Wärmedämmung. Die Baustellen wurden zwischen ein- und viermal besucht, um typische Schwierigkeiten in der Umsetzung feststellen zu können.

Weiter wurden Gespräche mit den involvierten Planenden und Unternehmenden der fünf ausgewählten Bauten sowie von einem zusätzlichen Objekt durchgeführt. Absicht war, speziell auf technische Bereiche näher eingehen zu können, welche bei der breiten Befragung der beteiligten Akteure (Kapitel 5) nicht erfasst werden konnten. Damit eine einheitliche Fragestellung und Auswertung erfolgen konnte, wurde ein Fragenkatalog zusammengestellt (Anhang 16.6).

8.2 Baustellenbesuche

Insgesamt wurden 11 Baustellenbesuche durchgeführt und protokolliert. Gleichzeitig wurde der Baufortschritt und Ausführungsdetails fotografisch festgehalten. Aufgrund der geringen Anzahl der besuchten Baustellen lassen sich keine statistisch erhärteten Aussagen machen. Trotzdem lassen sich anhand der Feststellungen Tendenzen erkennen.

Wie die Baustellenbesuche zeigten, bestehen bei MINERGIE-Bauten aus technischer Sicht kaum Unterschiede gegenüber konventionellen Bauten. In einigen Fällen war es den Handwerkern sogar nicht bekannt, dass es sich um ein MINERGIE-Gebäude handelt. Dementsprechend wurden nur wenige Punkte gefunden, welche in Zusammenhang mit MINERGIE erwähnenswert sind.

8.2.1 Gebäudehülle

Verschiedentlich wurden Durchdringungen der Luftdichtigkeitsschicht (z.B. durch Elektroinstallationen) festgestellt. Da bei MINERGIE-Bauten aus energetischen Überlegungen verstärkt auf die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle geachtet werden sollte, stellen Verletzungen der Luftdichtigkeitsschicht ein Problem dar, auf welches bei der Planung und der Ausführung verstärkt geachtet werden muss.

Bei Holzelementbauten wurde erkannt, dass der Anschluss der Dämmungen von Untergeschoss (Massiv) und Holzelementen teilweise unsauber ausgeführt wurde. Zumindest ist diese Stelle gut zu planen und genau zu kontrollieren.

Ein weiteres erkanntes Problem stellen die Schwächungen der Wärmedämmebene durch Installationen dar. Besonders auf dem Boden gegen das unbeheizte Untergeschoss werden oft Leitungen mit grossen Querschnitten (z.B. Lüftung) in der Dämmebene verlegt, was zu bedeutenden Wärmeverlusten führen kann.

Ebenfalls identifiziert wurden Durchdringungen der Dämmebene durch Teile der Tragkonstruktion, was auch zu erhöhten Wärmeverlusten führt.

8.2.2 Lüftungsanlage

Angetroffen wurden vereinzelte Zu- oder Abluftleitungen, welche innerhalb der Dämmebene nahe der „kalten“ Seite installiert wurden. Da auf diese Weise eine Abkühlung der Luftströme erfolgen kann, besteht die Gefahr eines höheren Energieverbrauchs und einer reduzierten Behaglichkeit.

In einem Fall konnten bereits auf der Baustelle störende Geräusche der Lüftungsanlage festgestellt werden.

8.3 Befragung von Fachplanenden und Unternehmenden

Insgesamt wurden 12 Personen befragt, welche bei 6 MINERGIE-Objekten beteiligt waren. Die Interviews wurden jeweils anhand eines Fragenkatalogs (Anhang 16.6) geführt, die Antworten protokolliert und anschliessend ausgewertet.

8.3.1 Planung / Projektierung

Bezüglich wichtiger Prinzipien beim Gebäudekonzept (Fragen 4 und 5) wurde am Häufigsten die Orientierung genannt, gefolgt von der Leitungsführung und der Kompaktheit. Allerdings wurde auch mehrfach erwähnt, dass die Orientierung durch äussere Umstände bereits gegeben war.

Angesprochen auf die Unterschiede im Planungsprozess wurden die höheren Anforderungen an die Konstruktionen (Wärmedämmung, Luftdichtigkeit) und die frühere Planung erwähnt. Da es sich bei der Mehrzahl der untersuchten Objekte um Holzelementbauten handelt, ist allerdings eine sorgfältige, frühzeitige Planung unumgänglich.

Die Wahl der Konstruktionsweise wurde mehrheitlich mit der Wirtschaftlichkeit begründet. Bei Holzelementbauten wurde ebenfalls die platzsparende Bauweise erwähnt, da dort Wärmedämmung und Tragstruktur in derselben Ebene angeordnet werden können. Weitere Argumente waren die Ökologie und subjektive Gründe (Ästhetik, Behaglichkeit).

Auf die Frage, ob die Detailplanung eines MINERGIE-Hauses schwieriger als bei konventionellen Bauten sei, antwortete die überwiegende Zahl der Befragten mit Nein. Lediglich zwei Personen gaben an, dass die Optimierung der Konstruktionen einen grösseren Aufwand bedinge. Auch die Ausschreibung wurde einhellig als nicht aufwändiger beurteilt.

Bezüglich den Abweichungen zwischen Ausführungs- und Projektplanung wurden weitaus am häufigsten die Installationen (im Speziellen die Lüftungsleitungen) erwähnt.

8.3.2 Ausführung / Bauablauf

Eine weitere Frage widmete sich dem Stand der Planung zum Zeitpunkt des Baubeginns. Die Mehrheit der Befragten sagte aus, dass mit Ausnahme des Ausbaus bereits alle Pläne beim Spatenstich vorhanden gewesen seien. Dies dürfte aber eher auf die grosse Zahl an Holzelementbauten zurückzuführen sein, bei welchen eine frühzeitige Planung aufgrund der Vorfertigung Bedingung ist. Allerdings sagte ein Unternehmer (im Widerspruch zu den Planenden) aus, dass die Planung der Ausführung hinterherhinkte.

Als Unterschiede zum üblichen Bauablauf wurde mehrheitlich der erhöhte Koordinationsbedarf aufgrund der Lüftungsinstallationen erwähnt. Die übrigen Befragten waren der Meinung, dass es keine Unterschiede gebe.

Die Frage, ob bei MINERGIE-Bauten vermehrte Kontrollen notwendig seien, bejahte die überwiegende Zahl der Befragten und begründete dies mit den erhöhten Anforderungen an die Luftdichtigkeit.

Dickere Wärmedämmschichten und die damit verbundenen Anschlüsse verursachten keine Probleme. Nur in einem Fall wurde erwähnt, dass in gewissen Fällen mehrschichtige Wärmedämmungen notwendig seien, da das Sortiment bei grossen Dicken eingeschränkt sei. Der Aufwand seitens der Handwerker bei MINERGIE-Bauten wurde – abgesehen vom grösse-

ren Materialaufwand bei den Wärmedämmungen und der Lüftungsanlage – als gleich hoch wie bei konventionellen Bauten eingeschätzt.

Die Luftdichtigkeit scheint bei MINERGIE-Bauten ein wichtiges Thema zu sein, da alle Befragten aussagten, dass die Luftdichtigkeit in der Planung speziell berücksichtigt und in der Ausschreibung erwähnt worden sei. Die Kontrolle erfolgt während der Bauphase ausschliesslich optisch durch die Bauleitung. Bei einem Objekt erfolgte keine Kontrolle; der beteiligte Unternehmer äusserte sich denn auch kritisch. Eine abschliessende Kontrolle mittels Blower-Door-Messung wurde nur bei zwei Objekten (Zeitpunkt: Ende Rohbau) durchgeführt. Einer der Befragten sagte aus, dass keine Messung durchgeführt wurde, weil dies MINERGIE nicht fordere.

8.3.3 Wärmeerzeugung

In 5 der 6 untersuchten Objekten kommen Wärmepumpen zum Einsatz, wovon zwei als Luft-Wasser-Wärmepumpe und drei als Sole-Wasser-Wärmepumpen konzipiert sind. In einem Objekt wurde eine Holzheizung installiert. Begründet wurde die Wahl der Wärmeerzeugung fast einmütig mit wirtschaftlichen Aspekten. In zweiter Linie waren die technischen Eigenschaften (Leistung, Effizienz) entscheidend. Zwei Befragte erwähnten zudem den Platzbedarf.

Schwierigkeiten traten in der Ausführungsplanung lediglich bei den zwei Luft-Wasser-Wärmepumpen auf, wo die Leitungscoordination anspruchsvoll war. Auf Abweichungen gegenüber der Planung angesprochen, sagte die Mehrheit aus, dass es keine Änderungen gegeben habe. In einem Fall wurde aufgrund der Optimierung der Gebäudehülle der Einsatz eines kleineren Geräts möglich, und bei einem Objekt wurde ein anderes Produkt eingesetzt. Die Ausführung verursachte nirgends Probleme.

8.3.4 Lüftung

Bei allen Objekten wurde eine Komfortlüftungs-Anlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut. Die Hälfte der Anlagen wurde mit einem Erdluftregister ausgestattet. Als Kriterien für die Wahl des Systems und für die Konzeption der Anlage wurden (in absteigender Reihenfolge) die Geräuscharmut, der Preis, die Bedienungsfreundlichkeit, die Montagefreundlichkeit, der Platzbedarf, die Zuverlässigkeit und die Filter angegeben.

Die Schwierigkeiten bei der Planung liegen vor allem bei der Integration der Luftverteilleitungen in die Holzbauelemente, der Platzierung der Luftauslässe und der Koordination mit den übrigen Installationen. Abweichungen zwischen Planung und Ausführung wurden nur in einem Fall festge-

stellt. Probleme in der Ausführung gab es lediglich bei zwei Objekten (Lüftungsgeräusche, Konflikte Leitungsführung).

Inbetriebnahmen fanden bei allen fünf untersuchten Objekten statt. Als Teilnehmende werden jedoch ganz unterschiedliche Akteure angegeben. Am häufigsten wurden die Installierenden angeführt, gefolgt von den Fachplanenden, den Architekturschaffenden, und den Bauträgerschaften. Als Zeitpunkt für die Inbetriebnahme wurde mit einer Ausnahme (Anfang Ausbau) die Baufertigstellung genannt. Ebenfalls mit einer Ausnahme bestätigten alle Befragten, dass jeweils ein Protokoll erstellt wurde.

Die Frage, ob und wann eine Einregulierung der Anlage erfolge, wurde sehr unterschiedlich – auch von Beteiligten desselben Objekts – beantwortet. Die Mehrzahl der Befragten sagte aus, dass eine Einregulierung bei der Inbetriebnahme und zu einem späteren Zeitpunkt eine Feineinstellung erfolge. In einem Fall erfolgte eine Einstellung durch den Fachplaner mittels Rauchtests, und in einem weiteren Fall wird die Einstellung der Bauträgerschaft überlassen. Bei einem Objekt gingen die Antworten zwischen keiner Einregulierung und Grob- sowie Feinregulierung auseinander. Die Bauträgerschaft wird über den Betrieb und Unterhalt der Lüftungsanlage meist durch die Installierenden instruiert und ihr eine Anlagendokumentation übergeben. Bei zwei Objekten erfolgte die Instruktion durch den Systemhersteller.

8.3.5 Benutzung und Unterhalt des Gebäudes

Bei allen untersuchten Objekten erfolgte vor dem Bezug eine Instruktion der Nutzenden über den Betrieb und den Unterhalt des Gebäudes. Im Fall der Mehrfamilienhäuser wurde an Stelle der Nutzenden der Hauswart instruiert. Bei einem Objekt erfolgte die Instruktion in zwei Schritten (Grobinfo, Feininfo). Betreffend dem Unterhaltsplan wurden unterschiedliche Antworten gegeben. Bei vier Objekten wird offenbar ein solcher Plan erstellt, bei einem wird kein Unterhaltsplan erarbeitet und bei einem Objekt sind sich die Befragten nicht einig, ob ein Unterhaltsplan erstellt wurde.

8.3.6 Erfahrungen mit MINERGIE

Zuletzt wurde nach den Erfahrungen mit MINERGIE gefragt. Die überwiegende Mehrzahl der Befragten äusserte sich dazu positiv bis sehr positiv. Kritik wurde am Stopp der Förderungsgelder, den gestalterischen Einschränkungen, den zu dicken Wärmedämmschichten gegen das Erdreich und der Verschmutzung der Lüftungsleitungen geübt. Beim nächsten MINERGIE-Bau würden die Meisten nichts anders machen. Drei Befragte würden die Information unter den Fachplanenden verbessern und zwei würden versuchen, die Detailplanung frühzeitiger voranzutreiben.

8.4 Interpretation

8.4.1 Planung / Projektierung

Das Gebäudekonzept scheint durch MINERGIE kaum beeinflusst zu werden; auch die Orientierung der Gebäude dürfte gegenüber konventionellen Bauten kaum anders sein. Ausnahme bildet die Lüftungsinstallation, welche aufgrund der recht grossen Querschnitte bereits im Projekt eine Planung der Leitungsführung erfordert. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Konstruktion, der Detailplanung und der Ausschreibung - Unterschiede bestehen kaum. Dass die Konstruktionen wärmetechnisch optimiert werden und daraus ein gewisser Aufwand entsteht, sollte an sich selbstverständlich sein, ob es sich um ein MINERGIE-Objekt handelt oder nicht. Bereits eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung würde solches Tun erfordern.

8.4.2 Ausführung / Bauablauf

Auch bezüglich der Ausführung und dem Bauablauf gibt es bei MINERGIE-Bauten trotz dickerer Wärmedämmschichten kaum Unterschiede gegenüber konventioneller Bauweise. Sowohl in der Vorbereitung wie auch in der Ausführung entstehen keine besonderen Probleme. Anders ist jedoch wiederum die Lüftungsinstallation, welche eine intensivere Koordination erfordert. Ebenfalls bestehen Differenzen gegenüber dem üblichen Vorgehen bezüglich der Luftdichtigkeit, welche offenbar bei MINERGIE – obwohl MINERGIE keine besonderen Anforderungen kennt (siehe auch Abschnitt 9.2.2) - verstärkt beachtet wird. Sie wird auch als Hauptgrund für den höheren Kontrollbedarf erwähnt. Erstaunlich ist, dass trotzdem kaum Blower-Door-Messungen durchgeführt werden. Sie würden es erlauben, Leckstellen ausfindig zu machen und abzudichten.

8.4.3 Haustechnik

Dasselbe Ergebnis bei der Haustechnik: MINERGIE bringt fast nur im Bereich der Lüftungsinstallation Abweichungen vom Üblichen. Bei der Wärmeerzeugung werden etwas häufiger Wärmepumpen eingesetzt, diese werden aber hauptsächlich aufgrund wirtschaftlicher Kriterien gewählt. Sie sind in diesem Leistungsbereich als industriell hergestellte Standardprodukte erhältlich und gegenüber Feuerungsanlagen absolut konkurrenzfähig. Probleme traten ausschliesslich mit den Luft-Wasser-Wärmepumpen auf, weil deren Luftleitungen grosse Querschnitte besitzen und deshalb einen gewissen Koordinationsbedarf auslösen.

Bei den Lüftungsanlagen haben sich die Komfortlüftungen mit Wärmerückgewinnung durchgesetzt, ebenso wie die Erkenntnisse, dass Schall-

probleme durch gute Planung vermieden werden können. Bezüglich der Inbetriebnahme, der Einregulierung und der Instruktion der Nutzenden scheint noch Unsicherheit zu bestehen. Diese äussert sich zum einen darin, dass unterschiedliche Akteure dafür verantwortlich sind, zum andern, dass offenbar unterschiedliche Auffassungen über deren Notwendigkeit, den Zeitpunkt und die Art der Durchführung bestehen. Erfahrungsgemäss wird die Einregulierung kaum ordentlich gemacht, weil die dazu notwendigen Aufwendungen nicht im Angebot einkalkuliert werden.

Die grössten Probleme bei MINERGIE entstehen im Spannungsfeld zwischen erhöhtem Koordinationsbedarf und unzureichender Kommunikation unter den Planenden. Die Koordination mit den übrigen Gewerken wird sich allerdings vereinfachen lassen, wenn die Erfahrung der Unternehmenden mit Komfortlüftungen zunimmt und dieselben Installierenden verschiedene Gewerke ausführen.

8.4.4 Benutzung und Unterhalt des Gebäudes

Abweichungen gegenüber konventioneller Bauweise bestehen auch im Bereich der Nutzendeninstruktion nicht: Sie werden in aller Regel durchgeführt. Weniger etabliert sind Unterhaltspläne. Da die Lüftung einen zusätzlichen Unterhaltsaufwand verursacht, machen Wartungspläne gerade bei MINERGIE-Bauten Sinn. Vorlage dafür könnte die Suissetec-Richtlinie 95-2 „Instandhaltung Lüftungstechnischer Anlagen“ sein.

8.4.5 Erfahrungen mit MINERGIE

Das fast durchgehend positive Bild von MINERGIE wird nur durch gestalterische Einschränkungen und der eingeschränkten Hygiene aufgrund der Lüftungsleitungen leicht getrübt. Beide Aussagen würden allerdings einer objektiven Betrachtung kaum standhalten. Die Kritik an den Förderungsgeldern zielt auf die kantonalen Regelungen, und die Dämmstärken im UG sind nicht von MINERGIE-Bestimmungen abhängig. Eine Anwendung der EN 13370 ist auch gemäss SIA 380/1 zulässig und würde sehr wohl eine vernünftige Dimensionierung der Wärmedämmung erlauben.

8.5 Checkliste für Bauträgerschaften

8.5.1 Zweck der Checkliste

Zielgruppe der Checkliste sind Bauträgerschaften von MINERGIE-Wohnbauten.

Im Laufe des Planungs- und Baufortschrittes eines MINERGIE-Gebäudes müssen laufend Bestandteile des MINERGIE-Konzeptes definiert und umgesetzt werden. Dazu sind Abklärungen aller Beteiligten und insbesondere Entscheide der Bauträgerschaft erforderlich. Die Checkliste vermittelt einen Überblick über die Arbeitsschritte bei

- Informationsbeschaffung
- Planungskriterien
- Umsetzung des Konzeptes
- Hinweis auf Kriterien der Ausführung und Nutzung

Diese Arbeitsschritte werden der entsprechenden Phase, zwischen Planung und Nutzung, zugeordnet.

Die Checkliste soll die Kommunikation zwischen den Beteiligten, insbesondere zwischen den Architekturschaffenden und der Bauträgerschaft, unterstützen.

8.5.2 Aufbau der Checkliste

Die Liste ist in 20 Themenschwerpunkte eingeteilt. In der ersten Spalte sind diese Themenschwerpunkte genauer erläutert. Die blauen Balken (Spalten 2 bis 6) stellen die Positionierung im zeitlichen Ablauf (in Anlehnung an SIA 112) dar; die Abkürzung VP steht für Vorprojekt, BP für Bauprojekt, AUS für Ausschreibung und AUF für Ausführung. Weiter sind den einzelnen Themenschwerpunkten Literaturangaben zugeordnet (Spalte 7). Die letzte Spalte ist für eigene Bemerkungen vorgesehen.

8.5.3 Vorschlag Checkliste

Themenschwerpunkte	Projektierung		Realisierung		Nutzung	Literatur Nr.	Bemerkungen
	VP	BP	AUS	AUF			
<p>1. MINERGIE - Standard Lassen Sie sich das MINERGIE-Konzept erläutern. Es ist wichtig, Nutzen und Charakteristik eines MINERGIE-Wohngebäudes zu kennen: Lüftung, generelle Auswirkung auf die Gebäudehülle, Wärmeerzeugung und Raumklima.</p>						A	
<p>2. Referenzobjekte und Veranstaltungen Besichtigen Sie ein MINERGIE-Gebäude, sprechen Sie mit seinen Bewohnern, besuchen Sie eine Informationsveranstaltung in Ihrer Nähe, informieren Sie sich auf den Internet-Seiten von MINERGIE (www.minergie.ch).</p>						A	
<p>3. Standortbedingungen Beachten Sie wichtige Kriterien, welche das Konzept und den Standort des Gebäudes beeinflussen: Besonnung, Ausrichtung, Windexposition, Schallimmissionen, Baureglement, Radonbelastung etc.</p>						B G	
<p>4. Gebäudekonzept Informieren Sie sich über MINERGIE-relevante Teile des Gebäudekonzeptes: Kompaktheit, Fensterorientierung, Fensteranteil, passive Solarnutzung, sommerlicher Wärmeschutz und Verschattung.</p>						B F	
<p>5. Energieträger Lassen Sie die Verfügbarkeit der leitungsgebundenen Energieträger (z.B. Gas, Fernwärme) und die Einsatzmöglichkeiten von erneuerbarer Energie (thermische Solaranlagen, Fotovoltaik, Erdsonden oder Grundwasser für Wärmepumpen, Holzschnitzel-, Stückholz- oder Pelletfeuerung) abklären.</p>						A B	

Themenschwerpunkte	Projektierung		Realisierung		Nutzung	Literatur Nr.	Bemerkungen
	VP	BP	AUS	AUF			
6. Lüftungssystem Lassen Sie sich die sechs MINERGIE-tauglichen Lüftungssysteme mit deren Vor- und Nachteilen erläutern. Wichtige Themen sind Energieeffizienz, Funktion und Nutzen eines Erdregisters, Raumluftfeuchtigkeit und Hinweise für die Benutzung.	■					B C D E	
7. Spezielle Anforderungen Lüftung Definieren Sie die speziellen Anforderungen an die Lüftungsanlage: Filterqualität, akustische Anforderungen, Bedienung und Regulierung, Platzierung Luftfassung (Aussen) und Luftauslässe für Zu- und Abluft (im Gebäude), Sommerbetrieb, Zugänglichkeit und Reinigungsfähigkeit der Installationen etc.		■■■■■				D E	
8. Wärmedämmperimeter Beachten Sie den Verlauf des Wärmedämmperimeters: Einfache geschlossene Form, alle beheizte Räume innerhalb des Dämmperimeters (beheizte Räume im Untergeschoss beachten!), keine Durchdringungen, Wärmebrücken etc.	■				■	B F	
9. Gebäudehülle Lassen Sie sich die Bauteile der Gebäudehülle, insbesondere die Wärmedämmmaterialien und -dicken, die Anschlussdetails und die Massnahmen zur Luftdichtigkeit erklären und fragen Sie nach den Gründen für den Vorschlag.		■■■■■				B	
10. Fenster Informieren Sie sich über die Konstruktionsart der Fenster, U-Wert (Fenster, Glas und Rahmen), kondensatfreier Glasrandverbund, Rahmenanteil, Gesamtenergiedurchlassgrad, Sonnenschutz und Einbauart (Wärmebrücken bei Anschlag).		■■■■■				B	
11. Wärmeerzeugung Lassen Sie sich über die zur Auswahl stehenden Wärmeerzeugungsanlagen, deren Vor- und Nachteile sowie deren Investitions-, Wartungs- und Betriebskosten informieren.	■					A B	

Themenschwerpunkte	Projektierung		Realisierung		Nutzung	Literatur Nr.	Bemerkungen
	VP	BP	AUS	AUF			
12. Wärmeabgabe Fragen Sie nach Vor- und Nachteilen der verschiedenen Wärmeabgabesysteme. Klären Sie ab, welche Systeme eine effiziente Energienutzung ermöglichen.	■■■■■■■■■■					A B	
13. MINERGIE-Konzept Fragen Sie nach den Gründen für das gewählte Konzept von Gebäudehülle und Haustechnik; insbesondere Wärmedämmung, Fenster, Lüftung, Wärmeerzeugung und -abgabe sowie Energieträger.		■■■■■■■■■■					
14. MINERGIE-Labelantrag Beachten Sie, dass der Labelantrag mit allen notwendigen Unterlagen rechtzeitig (vor Baubeginn) der Zertifizierungsstelle zugestellt wird. Klären Sie die Zuständigkeiten und die Aufgaben der Beteiligten rechtzeitig ab.		■■■■■■■■■■				A	
15. Ausschreibung und Vergabe Lassen Sie sich bestätigen, dass die Angaben in den Leistungsbeschrieben (Devis) mit dem MINERGIE-Nachweis übereinstimmen.			■■■■■■■■■■				
16. Baustelle Vergewissern Sie sich, dass die Zuständigkeiten und die notwendigen Kontrollen bestimmt sind und der Informationsaustausch unter den Beteiligten funktioniert.			■■■■■■■■■■				
17. Luftdichtigkeit Lassen Sie die Gebäudehülle auf Luftdichtigkeit prüfen, beispielsweise mit einer Luftdichtigkeitsmessung. Lassen Sie gleichzeitig undichte Stellen abdichten.				■■■■■■■■■■			

Themenschwerpunkte	Projektierung		Realisierung		Nutzung	Literatur Nr.	Bemerkungen
	VP	BP	AUS	AUF			
<p>18. Inbetriebnahme und Instruktion Achten Sie auf eine einwandfreie Inbetriebnahme: Reinigung und Einregulierung der Anlagen für Wärmeerzeugung und Lüftung. Lassen Sie sich die Bedienung und Wartung der Anlagen (Filterersatz, Reinigung Wärmetauscher etc.) genau erklären. Verlangen Sie die dazu gehörigen Dokumentationen. Lassen Sie sich über den optimalen Umgang mit dem Gebäude informieren.</p>					■		
<p>19. Baubestätigung Achten Sie darauf, dass Ihnen die Baubestätigung der Zertifizierungsstelle zugestellt wird. Daraufhin erhalten Sie das MINERGIE-Zertifikat und die Plakette.</p>					■		
<p>20. Unterhalt Verlangen Sie einen Unterhaltsplan für das Gebäude. Veranlassen Sie zum richtigen Zeitpunkt die erforderlichen Arbeiten.</p>		■	■	■	■		

Literaturliste / Informationen

A) www.minergie.ch

Wissenswertes und aktuelles zu MINERGIE. Informationen und Veranstaltungen, Zertifizierungsunterlagen. Viele Dokumente stehen zum Download bereit.

B) Das MINERGIE-Haus, Planungshilfe für Baufachleute

Verein MINERGIE, www.minergie.ch/download/

C) Standard-Lüftungssysteme

Verein MINERGIE, www.minergie.ch/download/

D) Qualitäts-Sicherungspaket Komfortlüftungen für die Bauherrschaft

Energie Schweiz, Verein MINERGIE, www.minergie.ch/service

E) Planer-KIT für Architekten – Komfortlüftung für Wohnbauten

Energie Schweiz, Verein MINERGIE, www.minergie.ch/service

F) Untergeschosse besser dämmen

Energie Schweiz, www.energie-schweiz.ch/Infomaterial

G) Informationsbroschüre Radon, Bundesamt für Gesundheit

www.bag.admin.ch/strahlen

9 Luftdichtigkeitsmessungen bei 16 ausgewählten Ein- und Doppelfamilienhäusern

9.1 Vorgehen

9.1.1 Objektauswahl

9.1.1.1 Bestimmung der Objekte

An insgesamt 16 Objekten wurden zwischen dem 13. Juni und dem 4. Juli 2003 Luftdichtigkeitsprüfungen durchgeführt. Bei der Auswahl der Objekte wurde auf die Verteilung nach Kantonen und Bauweise geachtet. Es wurden nur Einfamilien- bzw. Doppelfamilienhäuser berücksichtigt.

9.1.1.2 Aufteilung der Objekte

Die geographische Verteilung der Objekte setzt sich wie folgt zusammen:

Kanton	Anzahl Objekte
Appenzell Ausserrhoden	2
Glarus	keine
St. Gallen	8
Thurgau	2
Zürich	4

Aufteilung nach Bauweise:

Bauweise	Anzahl Objekte
Massivbau	6
Leichtbauweise	10

Aufteilung nach Lüftungssystem:

Lüftungssystem	Anzahl Objekte
Komfortlüftung, mit Wärmerückgewinnung oder Wärmepumpe	14
Abluftanlage	2

9.1.2 Durchführung der Luftdichtigkeitsprüfung

Mit der Durchführung der Luftdichtigkeitsprüfungen wurde die Clicon AG, Rorschacherberg, beauftragt. Für jedes Objekt wurde ein Messprotokoll mit Angaben zu Objekt, Messverfahren und den Resultaten erstellt.

Die Messungen vor Ort wurden von Christoph Tanner, EMPA Dübendorf, begleitet. Die EMPA wird die Messresultate sowie die durch EMPA und BFE finanzierten zusätzlichen Messungen an den ausgewählten Objekten im separaten Projekt „Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern“ auswerten. Die Publikation des entsprechenden Schlussberichts ist für 2004 vorgesehen; jährliche Zwischenberichte sind ebenfalls verfügbar (Internet: www.empa-ren.ch).

9.1.3 Vorgehen Messung

Mittels eines in eine spezielle Türe eingebauten Ventilators (Blower Door) wurde im Gebäudeinnern je ein Unterdruck und Überdruck von 50 Pascal erzeugt. Damit wird ein Winddruck auf die Gebäudehülle entsprechend einer Windgeschwindigkeit von 8.0 bis 10.7 m/s (entspricht einer Windstärke von 4.8 bis 5.0 nach Beaufort-Skala) simuliert. Gemessen wurde das aufgrund des Unter- bzw. Überdrucks aus bzw. in das Gebäude strömende Luftvolumen (Leckagerate) sowie weitere Kennwerte wie Windgeschwindigkeit etc, welche die Ergebnisse beeinflussen können. Um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen, wurde eine Kennlinie mit mehreren Messpunkten bei unterschiedlichen Differenzdrücken aufgenommen.

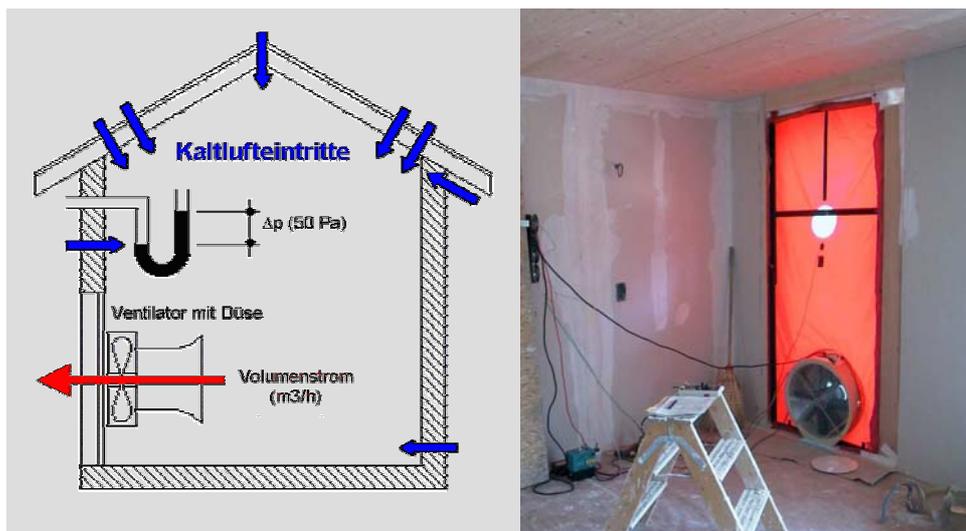


Abbildung 3: Schema n_{50} -Messung (links) und Bild Blower-Door (rechts)

Die in den Gebäuden installierten Lüftungsanlagen beeinflussten die Messergebnisse beträchtlich. Um Aussagen zu der optimalen Präparation

der Gebäude zu erhalten, wurden zwei verschiedene Arten der Behandlung der Lüftungsanlagen (Verschluss der Fort- und Aussenluftöffnungen, Verschluss der Zu- und Abluftöffnungen) angewendet und jeweils separate sowie kombinierte Messungen durchgeführt. Genauere Ergebnisse dieser Untersuchungen können dem Schlussbericht des vorerwähnten EMPA-Projekts entnommen werden. Die in diesem Bericht publizierten Ergebnisse wurden unter grösstmöglichem Ausschluss dieser Einflüsse ermittelt.

Bei Luftdichtigkeitsmessungen können grössere Undichtigkeiten mit Räucherstäbchen bzw. Nebel (Luftzug) oder bei ausreichender Temperaturdifferenz von innen nach aussen mit einer Infrarotkamera sichtbar gemacht werden. Bei diesen Messungen war ein solches Vorgehen aber nicht notwendig, da der Fokus auf eine Aussage über die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle und nicht auf die Ursachen der Undichtigkeiten gelegt wurde.

9.2 Anforderungen an die Luftdichtigkeit

9.2.1 Normative Anforderungen

9.2.1.1 SIA Norm 180 (Ausgabe 1988): Wärmeschutz im Hochbau

Im Anhang der SIA Norm 180 (Ausgabe 1988) [20] werden folgende Anforderungen an die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle definiert (der $n_{L,50}$ -Wert entspricht dem Luftwechsel bei einer Druckdifferenz von 50 Pascal):

Bezeichnung	$n_{L,50}$ [h^{-1}]	
	Unterer Grenzwert	Oberer Grenzwert
Wohnbauten mit Fensterlüftung	2	4.5
Wohnbauten mit Abluftanlage	2	3
Wohnbauten mit Zuluft- /Abluftanlagen oder Klimaanlage	-	1

Mit diesen Anforderungen werden mehrere Ziele verfolgt. Zum einen ist der Energieverbrauch zu nennen, welcher durch die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle massgeblich beeinflusst wird. Zum andern können aber auch bauphysikalische Risiken (Konvektions-Kondensat in Konstruktion), Luftschallprobleme, Geruchsimmissionen oder lästige Zuglufterscheinungen mit einer Luftdichtigkeit, welche den SIA-Grenzwerten entspricht, minimiert werden.

9.2.1.2 SIA-Norm 180 (Ausgabe 1999): Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau

Die „neue“ SIA-Norm 180 (Ausgabe 1999) [21] ersetzt die Ausgabe von 1988. Die überarbeitete Norm definiert ebenfalls Anforderungen an die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle.

Für die Beurteilung der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle im geschlossenen Zustand gelten folgende Grenz- und Zielwerte (Der $v_{a4,max}$ -Wert entspricht dem Volumenstrom bei 4 Pascal Druckdifferenz in m^3/h pro m^2 Hüllfläche):

Bezeichnung	$v_{a4, max} [m^3/h \cdot m^2]$	
	Grenzwert	Zielwert
Neubauten	0.75	0.50
Umbauten, Erneuerungen	1.50	1.00

Bei Bauten mit mechanischer Zu- und Abluftanlage sind die Zielwerte einzuhalten.

In der Praxis haben sich die Anforderungen nach „neuer“ SIA 180 aus verschiedenen Gründen nicht durchsetzen können. Zum einen wird der $v_{a4,max}$ -Wert seit dessen Entstehung von verschiedenen Fachleuten kritisiert. Zum anderen ist in der Zwischenzeit die EN 13829 [22] in Kraft getreten, die bezüglich Messverfahren andere Prioritäten als die „neue“ SIA 180 setzt und die Bezugsgrössen anders definiert.

Die Luftdichtigkeits-Anforderungen an das Passivhaus sowie an MINERGIE-P-Bauten werden als n_{50} -Werte (neue Bezeichnung für $n_{L,50}$) angegeben.

Messungen nach „neuer“ SIA 180 müssen zudem gemäss EN 13829 im Messverfahren B durchgeführt werden. Dieses Verfahren bedingt eine aufwändige Behandlung aller Öffnungen (neben Fenstern und Türen) wie Abzugshauben, Cheminées etc., um ausschliesslich Aussagen über die Gebäudehülle zu erhalten. Damit ergeben sich aber zwangsläufig keine praxisbezogenen Messwerte sowie hohe Kosten. Deshalb werden in der Regel Luftdichtigkeitsmessungen nach dem Messverfahren A durchgeführt, welches die Messung im Nutzerzustand zulässt.

Aus diesen Gründen entschied sich die Projektleitung, die Luftdichtigkeitsmessungen nach „alter“ SIA 180 (Messverfahren A) durchzuführen.

9.2.2 MINERGIE-Anforderungen

9.2.2.1 Nutzungsreglement

Im MINERGIE-Nutzungsreglement [23] werden keine quantitativen Anforderungen an die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle von MINERGIE-zertifizierten Bauten definiert. Im Anhang C des Reglements sind lediglich die MINERGIE-Grundsätze aufgeführt: „Es werden hohe Anforderungen an das Komfortangebot, wie tiefe Heizungsvorlauftemperaturen, Luft und Oberflächentemperaturen, Luftfeuchtigkeit, Luftschadstoffe im Innenraum, Schutz gegen Aussenlärm, Vermeidung von Zuglufterscheinungen, Bedienungsaufwand, Benutzerinformationen sowie an Wirtschaftlichkeit und Ästhetik gestellt.“

9.2.2.2 Flyer „Das MINERGIE-Haus“

Im Flyer „Das MINERGIE-Haus“ [24] vom Verein MINERGIE sind die drei wichtigsten Voraussetzungen, um den MINERGIE-Standard zu erreichen, qualitativ bestimmt. Dies sind:

- Eine dichte Hülle
- Eine dicke Wärmedämmung
- Ein gutes Belüftungssystem

Auch hier sind keine weiteren Anforderungen bezüglich Luftdichtigkeit der Gebäudehülle definiert.

Damit gilt auch für MINERGIE-Bauten der Stand der Technik, welcher im Bereich der Luftdichtigkeit mittels der SIA-Norm 180 definiert wird. Trotzdem ist zu überlegen, ob bei einer zukünftigen Anpassung des MINERGIE-Reglements Bestimmungen zur Luftdichtigkeit aufgenommen werden sollen, welche entweder ausdrücklich auf die SIA-Normen hinweisen oder sogar über deren Anforderungen hinausgehen. Bei den Bestimmungen zu MINERGIE-P wurde dieser Schritt ja bereits getan.

9.2.2.3 Berücksichtigung der Luftdichtigkeit in MINERGIE-Berechnungen

Der Einfluss des natürlichen Luftwechsels wird auch in der Berechnung des MINERGIE-Grenzwerts berücksichtigt.

Bei der Weiterentwicklung des Standards im Jahr 2002 wurde zuerst versucht, den Wert objektspezifisch mit Näherungsformeln zu berechnen. Aufgrund fehlender Grundlagen wurde dann aber entschieden, einen pauschalen Wert ($0.15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$) einzusetzen.

In EN 832 [11] ist ein Ansatz beschrieben, wie der mittlere Luftvolumenstrom (zusätzlich zum durch die Lüftungsanlage verursachten Luftvolu-

menstrom) in Funktion des n_{50} -Werts, der Windexposition und den mechanisch geförderten Luftmengen berechnet werden kann. Für übliche Mittelland-Verhältnisse, einen n_{50} -Wert von 1 und den bei dieser Studie ermittelten durchschnittlichen Gebäudevolumen und –flächen ergibt die Formel ungefähr einen Volumenstrom im Bereich von $0.15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ (siehe Anhang 16.6). Es muss aber erwähnt werden, dass dieser Berechnungsansatz von einigen Fachleuten in Zweifel gezogen wird, da er aus energetischer Sicht unbefriedigende Resultate liefert und nur zwei von vielen möglichen Einflussfaktoren berücksichtigt.

Da momentan keine präziseren Verfahren zur Verfügung stehen, kann davon ausgegangen werden, dass die im MINERGIE-Berechnungsverfahren getroffene Annahme – eine ausreichend dichte Gebäudehülle vorausgesetzt – im heutigen Zeitpunkt für Einfamilienhäuser einen sinnvollen Wert darstellt. Trotzdem muss in diesem Bereich noch Forschungsarbeit geleistet werden, um die weiteren, wichtigen Einflussfaktoren sowie andere Nutzungen einigermaßen korrekt erfassen zu können.

9.3 Resultate

9.3.1 Messresultate

9.3.1.1 Luftwechselraten n_{50}

Objekt	Bauweise	Mittelwert mit Lüftung n_{50} [h^{-1}]	Nur Gebäu- dehülle n_{50} [h^{-1}]	Unsicherheit Messung ⁸ [\pm %]
1	Holzbau	1.30	1.30	11
2	Holzbau	2.40	2.00	11
3	Massivbau	0.77	0.77	11
4	Massivbau	1.20	1.00	17
5	Massivbau	1.01	1.01	14
6	Massivbau	1.49	1.50	14
7	Massivbau	1.70	1.70	12
8	Massivbau	0.72	0.72	12
9	Leichtbau	1.50	1.50	11
10	Leichtbau	1.00	1.00	11
11	Leichtbau	1.30	1.30	14
12	Leichtbau	1.40	1.40	11
13	Leichtbau	1.10	0.80	12
14	Leichtbau	1.24	1.15	12
15	Leichtbau	1.20	1.20	11
16	Leichtbau	1.10	1.10	11

Tabelle 5: Messwerte der Luftwechselraten n_{50}

Zu obigen Messwerten ist zu bemerken, dass bei Objekt Nr. 2 (Hausteil eines Doppel­einfamilienhauses) zum Zeitpunkt der Messung beim zweiten Hausteil die Ausbaurbeiten noch nicht abgeschlossen waren. Bei den Objekten Nr. 13 und 14 handelt es sich um Hausteile von Doppel­einfamilienhäusern derselben Siedlung, d.h. sie weisen baugleiche Gebäu­dehüllen auf. Es sind zudem die einzigen Bauten mit Abluftanlagen.

⁸ Theoretischer Messfehler (Ungenauigkeit der Messinstrumente, das Raumvolumen sowie die Windgeschwindigkeit), ohne Einflüsse durch die Vorbehandlung der Objekte.

9.3.1.2 Messunsicherheiten und weitere Einflüsse auf die Messergebnisse

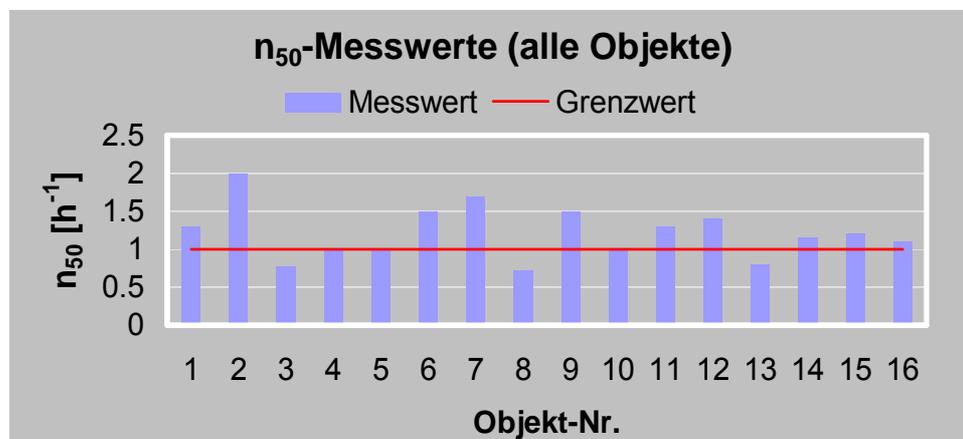
Die Messunsicherheiten wurden in vorstehender Tabelle für jedes Objekt separat errechnet. Hinzu kommen aber noch weitere Faktoren, die Gegenstand der von der EMPA durchgeführten Untersuchungen sind. Allen voran ist die Behandlung der Lüftungsanlage zu nennen. Bei den Messungen wurden drei verschiedene Behandlungsweisen angewendet: Abkleben der äusseren Öffnungen (Aussen- und Fortluft), Abkleben der inneren Öffnungen (Zu- und Abluft) sowie eine Kombination beider Methoden. Besonders zu erwähnen ist dabei, dass die Zugänglichkeit der Gebäudehüllen-Durchdringungen der Lüftungsanlage bei vielen Objekten nicht gewährleistet war, sodass die Öffnungen nicht immer zuverlässig verschlossen werden konnten. Weiter existieren Unklarheiten bei der Berechnung des Bezugsvolumens (bzw. der Hüllfläche bei den v_{a4} -Werten).

Die kumulierten Mess- und Berechnungsunsicherheiten haben einen je nach Objekt sehr unterschiedlichen Einfluss auf die Resultate; die Extrema betragen maximal rund 100% und minimal um 10%. Vor diesem Hintergrund ist die nachfolgende Diskussion über die Einhaltung der Grenzwerte zu sehen.

9.3.1.3 Vergleich mit den Anforderungen nach „alter“ SIA 180

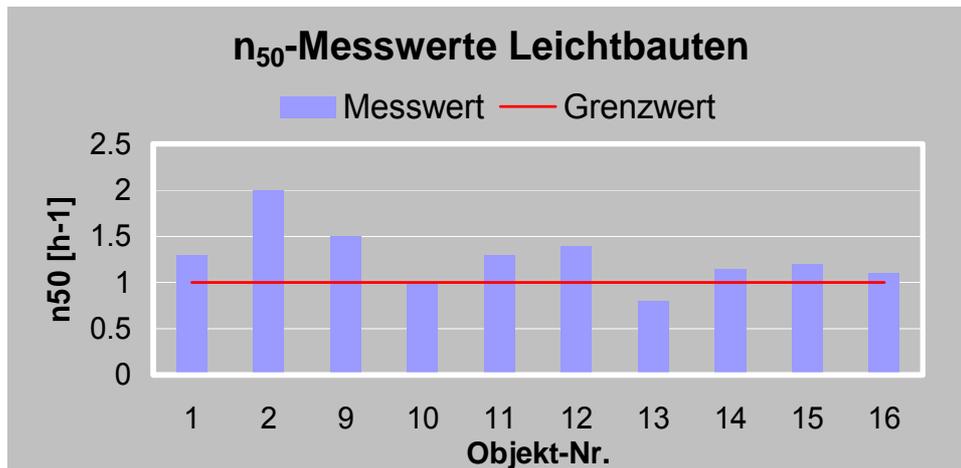
Die gemessenen Werte können mit den Anforderungen nach „alter“ SIA 180 verglichen werden, welche für den n_{L50} einen maximalen Luftwechsel von 1.0 h^{-1} für Wohnbauten mit mechanischer Lüftungsanlage fordert.

Wie die Grafik 102 zeigt, überschreiten die Messwerte bei 10 von 16 Objekten (63% der Objekte) den Grenzwert; deutliche Überschreitungen (50% und mehr) sind bei 4 Objekten (25% aller Objekte) festzustellen; der höchste davon rund um Faktor 2. Allerdings wird beim tiefsten Messwert mit 0.72 h^{-1} der Grenzwert ebenfalls deutlich unterschritten.



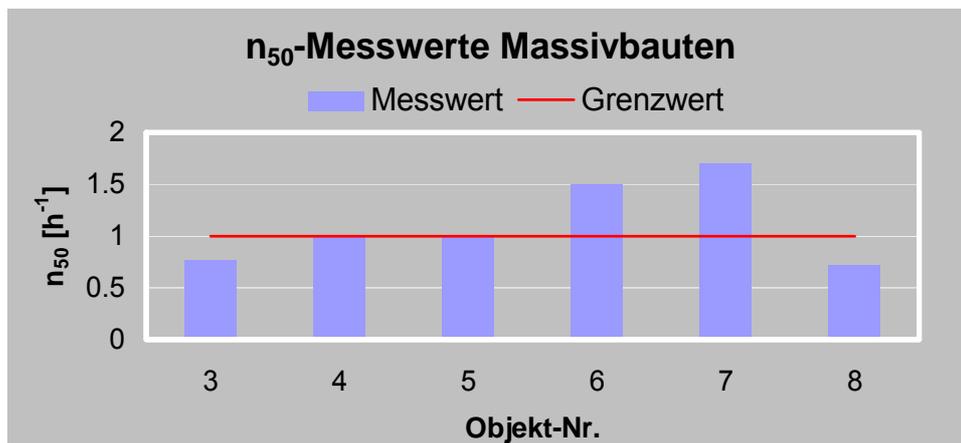
Grafik 102: n_{50} -Messwerte aller gemessenen Objekte (nur Gebäudehülle, ohne Lüftung)

Aus Grafik 103 kann entnommen werden, dass bei den 10 untersuchten Leichtbauten der n_{50} -Grenzwert lediglich in zwei Fällen eingehalten wird. Bei 80% der Objekte wird er überschritten, allerdings nur bei zwei Objekten (20% der Leichtbauten) um 50% und mehr.



Grafik 103: n_{50} -Messwerte der gemessenen Leichtbauten

Anders sieht es bei den Massivbauten aus (Grafik 104). Bei den 6 gemessenen Objekten erfüllen 4 die SIA-Norm; bei 2 Objekten oder 33% wird der Grenzwert deutlich überschritten.

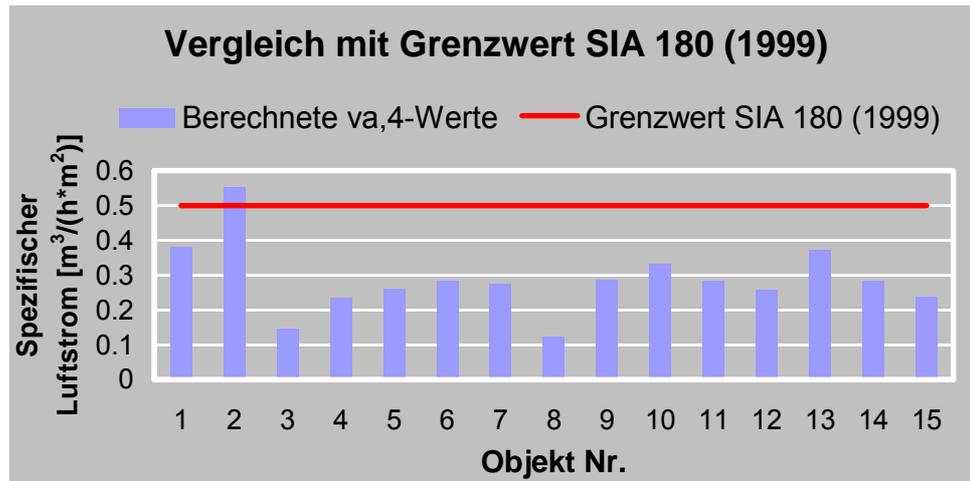


Grafik 104: n_{50} -Messwerte der gemessenen Massivbauten

9.3.1.4 Vergleich mit den Anforderungen nach „neuer“ SIA 180

Obwohl Messungen gemäss SIA 180 Ausgabe 1999 mit einem abweichenden Verfahren durchgeführt werden müssen (welches tendenziell tiefere Werte ergibt), ist ein Vergleich mit den auf den v_{a4} -Wert umgerechneten Ergebnissen interessant. Aufgrund von fehlenden Angaben und

Messunsicherheiten konnte der v_{a4} -Wert zwar nicht für alle Objekte errechnet werden; zudem bestehen gewisse Unsicherheiten bezüglich der Berechnung der Hüllflächen. Mit einer Ausnahme würden aber alle Objekte den entsprechenden Anforderungen (Zielwert v_{a4} für mechanisch belüftete Neubauten: $0.5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) genügen. Dies stellt einen völligen Gegensatz zu den Anforderungen bzw. der Beurteilung nach „alter“ SIA 180 dar.



Grafik 105: Vergleich der auf v_{a4} umgerechneten Messergebnisse mit dem Grenzwert gemäss SIA 180 (1999) für mechanisch belüftete Einfamilienhäuser

9.3.2 Bewertung des n_{50} -Wertes hinsichtlich des Energieverbrauchs

Ein physikalisch korrekter Bezug zwischen n_{50} und Energieverbrauch lässt sich nicht direkt herstellen, da viele zusätzliche, gebäudespezifische Einflussfaktoren (Stack-Effekt, Gebäudeform, Windexposition, Lüftungsanlage, Bewohnerverhalten etc.) eine Rolle spielen.

Im Buch „Bauphysik“ [25] wird eine relativ einfache Methode präsentiert, mit welcher, ausgehend von einem n_{50} -Wert, ein mittlerer Luftwechsel abgeschätzt werden kann. Für Einfamilienhäuser in wenig exponierter Lage (für die meisten untersuchten Bauten zutreffend) entspricht ein n_{50} -Wert von 1 h^{-1} einem mittleren Luftwechsel n_L von ca. 0.05 h^{-1} ; ein n_{50} -Wert von 2 h^{-1} würde einem mittleren Luftwechsel n_L von ca. 0.1 h^{-1} entsprechen. Unter Annahme eines netto-Raumvolumens von 550 m^3 (Durchschnitt der gemessenen Objekte) und 3717 Heizgradtagen (Klimastation Zürich SMA) entspricht diese Differenz einer Energiemenge von etwa 650 kWh/a oder (bei einer Nettofläche von 180 m^2) etwa $3.6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Diese Angaben beruhen aber auf groben Schätzungen und dienen nur zur Verdeutlichung der Grössenordnung des energetischen Einflusses der Luftdichtigkeit.

Trotzdem ist festzuhalten, dass von den 52 in diesem Projekt untersuchten Objekten bei 26 (rund 50%) die Differenz zwischen Grenzwert und Rechenwert innerhalb der vorerwähnten Grössenordnung liegt.

9.3.3 Interpretation der Ergebnisse

9.3.3.1 Messverfahren

Leider erlauben die im Verlauf der Messungen festgestellten grossen Verfahrensunsicherheiten kaum griffige Aussagen über die Luftwechselzahl der untersuchten Objekte. Da die Messungen aber unter Anwendung eines identischen Vorgehens durchgeführt wurden, sind Angaben über die Unterschiede zwischen den Objekten trotzdem möglich.

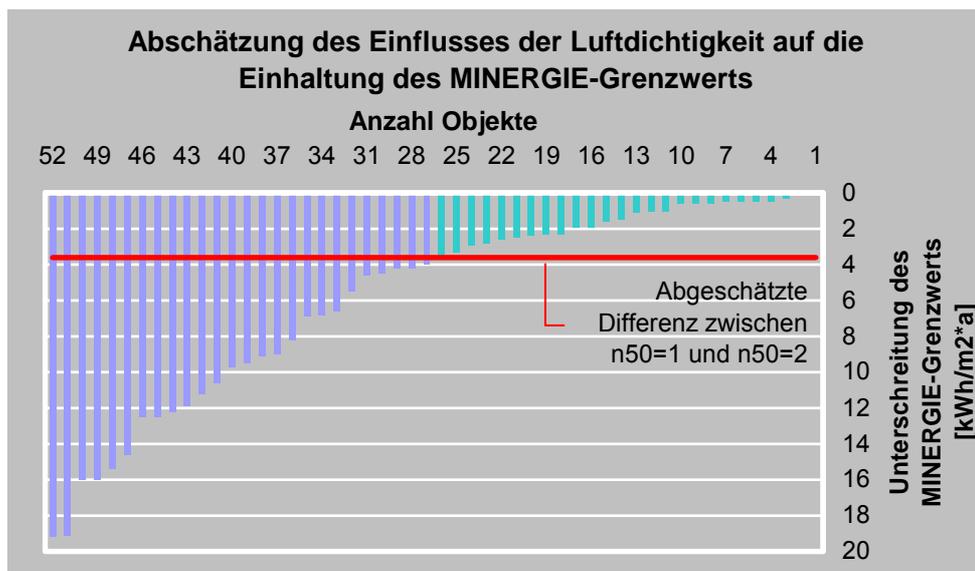
Bezüglich des Messvorgehens und der Raumvolumenberechnung bestehen noch Unklarheiten, welche zu grossen Unterschieden in den Resultaten führen und im Sinne der Vergleichbarkeit von Messergebnissen raschmöglichst ausgeräumt werden müssen. Das Projekt zeigte ausserdem, dass bei Gebäuden mit mechanischen Lüftungsanlagen erhebliche, durch die Installationen verursachte Leckagen zu finden sind. Hier ist Verbesserungspotential vorhanden und Information für die Lüftungsbranche dringend notwendig. Das von der EMPA durchgeführte Projekt (siehe Abschnitt 3.2.5) nimmt sich diesen Fragen an und sollte 2004 abgeschlossen werden können. Aufgrund der erwähnten Unsicherheiten ist die Aussagekraft von n_{50} -Messungen hinsichtlich der Luftwechselrate momentan ungenügend; trotzdem ist nach Abschluss der Rohbauphase eine Messung zur Ortung und Behebung von Leckstellen zu empfehlen.

9.3.3.2 Messergebnisse

Die Beurteilung der Messergebnisse nach „alter“ SIA 180 (1988) und aktueller SIA 180 (1999) klappt weit auseinander: während bei rund zwei Drittel der Objekte der Grenzwert (n_{L50}) nach „alter“ SIA 180 überschritten wird, erfüllen sämtliche Objekte rechnerisch den Grenzwert (v_{a4}) der „neuen“ SIA 180 bei weitem. Obwohl bei sinkenden Transmissions-Wärmeverlusten (aufgrund strengerer Vorschriften wie z.B. Höchstanteilregelung nicht erneuerbarer Energien) der Lüftungswärmeverlust eine zunehmende Bedeutung erlangt, ist der Beurteilungsmassstab der „neuen“ SIA 180 offenbar bedeutend lascher. Deshalb muss hinter den v_{a4} -Wert aufgrund der Ergebnisse dieser Studie ein Fragezeichen gesetzt werden.

9.3.3.3 Relevanz für die Energiekennzahl

MINERGIE stellt (mit Ausnahme der Bestimmungen für MINERGIE P) gegenüber den SIA-Normen keine erhöhten Anforderungen an die Luftdichtigkeit von Gebäuden. Aufgrund der bei MINERGIE-Bauten vorhandenen Lüftungsanlagen sind aber die SIA-Zielwerte bzw. Grenzwerte einzuhalten.



Grafik 106: Abschätzung des Einflusses der Luftdichtigkeit auf die Einhaltung des MINERGIE-Grenzwerts

Die durchgeführte rechnerische Abschätzung (Grafik 106) zeigt, dass eine deutliche Überschreitung der „alten“ SIA-Grenzwerte bei rund einem Drittel der untersuchten Objekte zu einer Überschreitung der MINERGIE-Grenzwerte führen würde. Deshalb sollte dem Thema Luftdichtigkeit in Zukunft bei der Information der Beteiligten mehr Gewicht beigemessen werden. Ebenfalls zu überlegen ist, ob – nach Eliminierung der methodischen Unsicherheiten – mittels Stichproben die Luftdichtigkeit von MINERGIE-Bauten überprüft werden soll.

10 Erhebung der Energiekennzahlen von über 500 MINERGIE-Bauten

10.1 Ausgangslage und Ziel

Ende November 2003 wurde der erste Teil des Projekts Praxistest MINERGIE abgeschlossen. Zur Ergänzung der Studie wurde die Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit St.Gallen (FHS) von der Konferenz Kantonalen Energiefachstellen und vom Verein MINERGIE beauftragt, mittels einer Umfrage die gewichtete Energiekennzahl von MINERGIE-Wohnbauten zu erheben und mit den entsprechenden MINERGIE-Grenzwerten zu vergleichen. Gleichzeitig sollte in Erfahrung gebracht werden, ob die zertifizierten Objekte tatsächlich ausgeführt worden seien⁹ und wie zufrieden die Nutzenden mit „ihren“ MINERGIE-Bauten sind.

10.2 Methodisches Vorgehen für die Befragung

10.2.1 Auswahl der Objekte

Es wurden nur Wohnbauten untersucht, da für die vorgesehene Methode eine genügende Anzahl Bauten zur Verfügung stehen musste. Ausserdem wäre bei anderen Nutzungsarten der Aufwand für die Auswertung und Interpretation von speziellen Haustechnikkomponenten wie Kühlanlagen zu gross.

Die Adressen der in die Umfrage einbezogenen Objekte wurden von den Energiefachstellen der Kantone geliefert. Die Bauten wurden nach Datum des Labelantrags selektiert. Ziel dieses Vorgehens war, sicherzustellen, dass die meisten Gebäude zwischenzeitlich realisiert worden sind.

10.2.2 Einbezug vorhandener Messungen

Wo Messwerte vorlagen, wurden die genauen Energieverbräuche übernommen und auf den Versand von Fragebogen verzichtet. Auf diese Weise wurden 35 Objekte mit einer totalen Energiebezugsfläche von 10'122 m² berücksichtigt.

⁹ Die Zertifizierungsstellen beobachteten, dass etliche Objekte zwar zertifiziert, aber entweder nicht realisiert oder nicht als MINERGIE-Baute ausgeführt wurden.

Während der flächengewichtete Mittelwert der einbezogenen Einfamilienhaus-Neubauten mit 52 MJ/m²*a deutlich unter demjenigen aller EFH-Neubauten liegt¹⁰, bewegt sich die Energiekennzahl des einbezogenen Mehrfamilienhaus-Neubaus innerhalb des Mittelwerts der Nutzungskategorie. Eine Liste der erfassten Objekte ist in Anhang 16.9 aufgeführt.

10.2.3 Vorgehen für die Befragung der Auskunftspersonen

10.2.3.1 Datenerfassung und -Übernahme

Die Energiefachstellen lieferten die Daten der angeschriebenen Objekte wie Adresse, Energiebezugsfläche, Klimastation etc. an die FHS.

10.2.3.2 Erstellung und Versand der Unterlagen

Zur Befragung der Auskunftspersonen wurde ein Fragebogen (Anhang 16.10) sowie ein Begleitbrief (Anhang 16.11) erstellt. Mit dem Formular wurden die folgenden Angaben für jedes Objekt erhoben:

- Name, Adresse, Telefon, eMail Auskunftsperson
- Objektbezeichnung, Nutzungsart
- Monat des Bezugs
- Anzahl Bewohner
- Realisierung des Objekts im MINERGIE-Standard
- Zufriedenheit mit dem Objekt¹¹
- Tabelle zur Angabe von Energieträger, Einheit, Menge, Periode des Verbrauchs, Verwendungszweck
- Erlaubnis zur weiteren Verwendung der Angaben

Auf der Rückseite des Begleitbriefs wurde eine Anleitung für das Ausfüllen der Energieträger-Verbrauchstabelle aufgedruckt, während sich auf der Rückseite des Erfassungsformulars ein Beispiel für eine ausgefüllte Tabelle befand. Den Unterlagen wurde ein adressiertes und frankiertes Rückantwortcouvert beigelegt. Der Versand der Fragebogen wurde zwischen Januar und März 2004 durchgeführt.

Aufgrund des über Erwartungen hohen Rücklaufs konnte auf ein Nachfassen bei denjenigen Personen, welche bis zum angegebenen Datum den Fragebogen nicht retournierten, verzichtet werden.

¹⁰ Dieser tiefe Wert wird massgeblich durch die Siedlung „am Chräbsbach“, Winterthur, geprägt. Weitere Informationen zu einer Untersuchung der Energiekennzahlen dieser Siedlung können dem Abschnitt 3.2.2 entnommen werden.

¹¹ Nur bei einem Teil der Fragebogen.

10.2.3.3 Datenschutz

Den Umfrage-Teilnehmenden wurde eine vertrauliche Behandlung ihrer Daten durch die FHS zugesichert, weshalb in diesem Bericht keine Objektdaten publiziert werden können.

10.2.4 Erfassung der Daten

10.2.4.1 Rücklauf der Fragebogen

Von den insgesamt 1080 versandten Fragebogen wurden 546 retourniert. Das entspricht einer Rücklaufquote von gut 50%, was als hervorragend bezeichnet werden kann.

10.2.4.2 Ausscheidung nicht auswertbarer Fragebogen

Total 75 Fragebogen (ca. 14%) enthielten keine Angaben zu den Energieverbräuchen oder konnten aus anderen Gründen wie unplausible Verbrauchsangaben¹² oder nicht auswertbare Nutzungskategorie¹³ für die Erhebung der Energiekennzahlen nicht verwendet werden. Sie wurden jedoch – falls die Fragen zur Zufriedenheit mit dem Objekt (siehe Abschnitt 11) beantwortet worden waren – diesem Teil der Auswertung zugeführt.

10.2.4.3 Erfassung der Fragebogen

Der Kanton St.Gallen hat bereits vor gut zwei Jahren - in Anlehnung an eine Untersuchung der Energiekennzahlen von Neubauten in der Schweiz - ein Auswertungstool erstellen lassen, welches auf Basis der Energieträgerverbräuche und der Klimadaten eine Abschätzung der Energiekennzahl erlaubte. Dieses Werkzeug diente als Grundlage für die Erfassung der Daten und deren Auswertung. Eine erste Plausibilitätsprüfung der Eingabedaten wurde innerhalb der Applikation durchgeführt; eine weitere Kontrolle der Daten fand durch die Erfassenden statt. Offensichtliche Fehler wie z.B. Schreibfehler in der Angabe der Periode wurden dabei korrigiert, während zweifelhafte Verbrauchsangaben bei grösseren Objekten durch Rückfragen überprüft wurden. Zusammen mit den 35 Bauten, deren Energieverbräuche bereits gemessen wurden, wurden 506 Objekte mit einer Energiebezugsfläche von total 184'747 m² erfasst.

¹² Es wurden nur Fragebogen mit offensichtlichen Fehlangaben wie z.B. ein Holzverbrauch von über 200 Ster pro Jahr (für ein EFH) von der Auswertung ausgeschlossen.

¹³ z.B. Bauten mit überwiegender Flächenanteil Dienstleistung

10.2.5 Rückmeldung an die Teilnehmenden der Umfrage

Es ist vorgesehen, nach Redaktionsschluss des Schlussberichtes den Umfrageteilnehmenden eine Kurzfassung des Teilberichts über die energetische Erfolgskontrolle zukommen zu lassen und ihnen gleichzeitig einen Anhaltspunkt für die ermittelte Energiekennzahl ihres Objektes zu geben. Den Nutzenden derjenigen Gebäude, für welche eine übermässig hohe Energiekennzahl ermittelt wurde, wird überdies Hilfe zur Verifizierung der angegebenen Energieträgerverbräuche angeboten.

10.3 Methodik Auswertung

Die den Fragebogen entnommenen Angaben wurden so verarbeitet, dass ein vergleichbarer Wert mit hoher Aussagekraft resultierte. Deshalb wurden die klimatischen Bedingungen (Klimanormierung) und die Dauer des erfassten Verbrauchs (Periodennormierung) standardisiert. Die generellen Berechnungsschritte wurden in Abbildung 4 dargestellt.

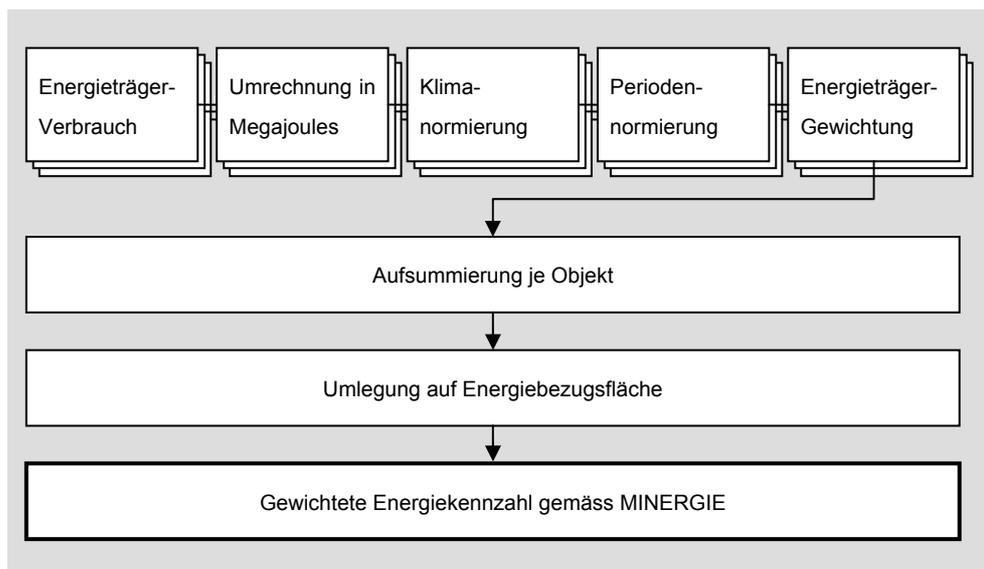


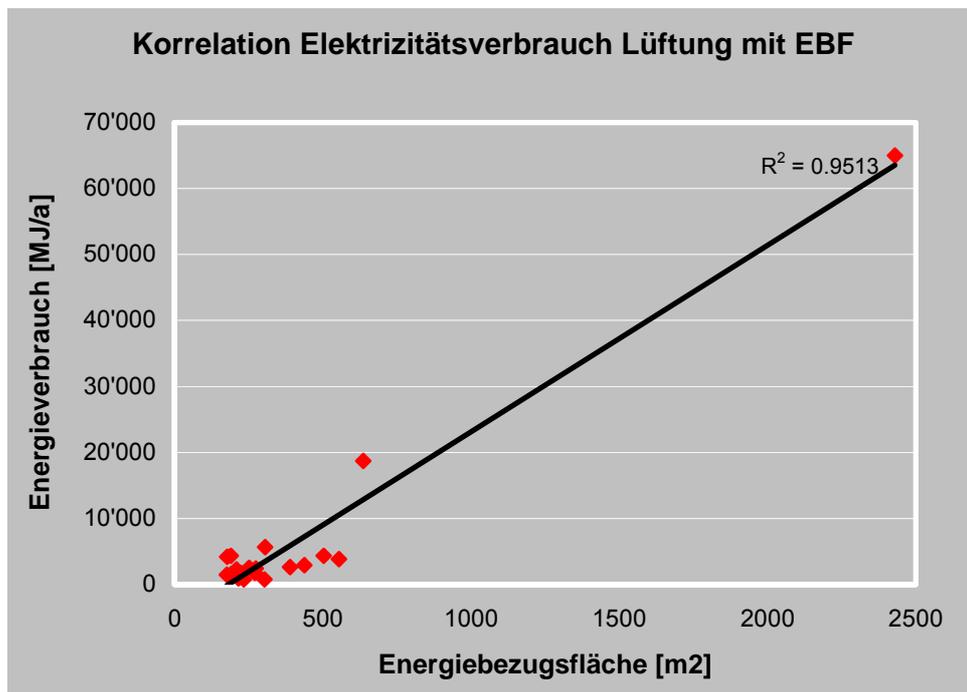
Abbildung 4: Generelle Berechnungsschritte der gewählten Auswertungsmethodik

Die einzelnen Berechnungsschritte und die angewandten Rechenwerte werden in Anhang 16.12 detailliert erläutert.

10.4 Ergebnisse Auswertung Energieträger-Verbräuche

10.4.1 Elektrizitätsverbrauch der Lüftungsanlage

Bei 20 der ausgewerteten Objekte wurde der Energieverbrauch für die Lüftungsanlage separat erfasst. Das nachfolgende Diagramm zeigt die Korrelation zwischen der Energiebezugsfläche und dem auf ein Jahr umgerechneten Energieverbrauch auf:



Grafik 107: Korrelation zwischen Elektrizitätsverbrauch Lüftung und Energiebezugsfläche

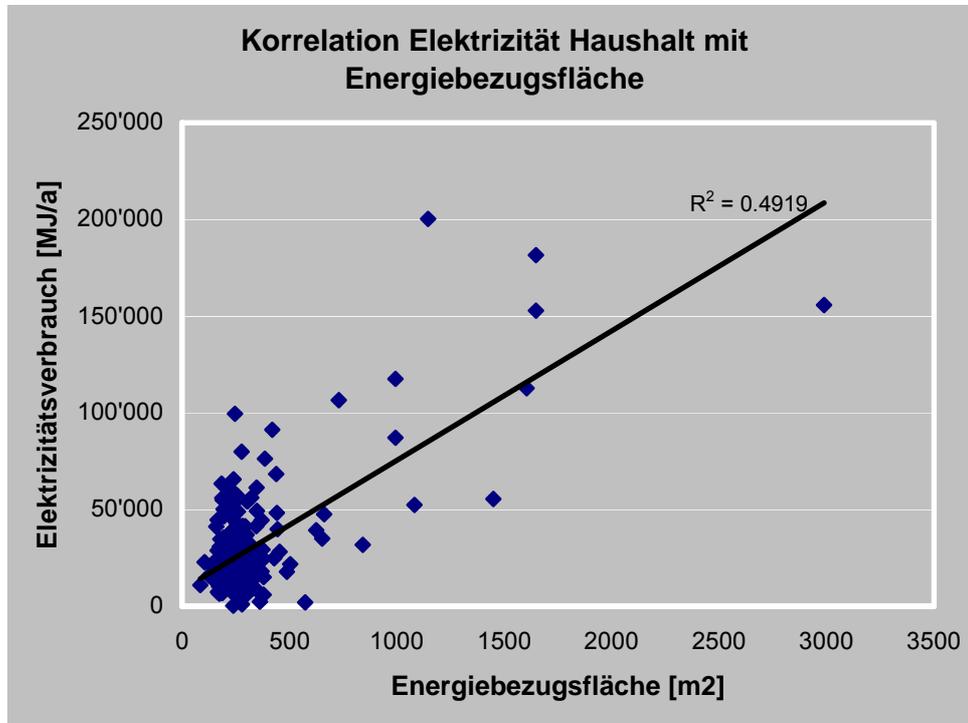
Das Bestimmtheitsmass von 0.95 zeigt, dass ein enger Bezug zwischen Energiebezugsfläche und Lüftungs-Energieverbrauch besteht. Der Mittelwert der untersuchten Objekte liegt bei 11.4 MJ/m²*a, der Median bei 8.3 MJ/m²*a. Damit liegt der Median nahe beim oftmals für Berechnungen angenommenen Energieverbrauch für die Lüftung von 9 MJ/m²*a.

10.4.2 Elektrizitätsverbräuche für Haushalt / Haushalt und Lüftung

Bei 207 Objekten wurde der Elektrizitätsverbrauch für Haushalt bzw. für Haushalt und Lüftung separat erfasst¹⁴. Die für Haushalt und Lüftung gemeinsam gemessenen Verbräuche wurden um den in Abschnitt 10.4.1

¹⁴ Objekte, bei denen die Wassererwärmung ebenfalls im Haushaltsstrom enthalten ist, wurden dabei nicht berücksichtigt.

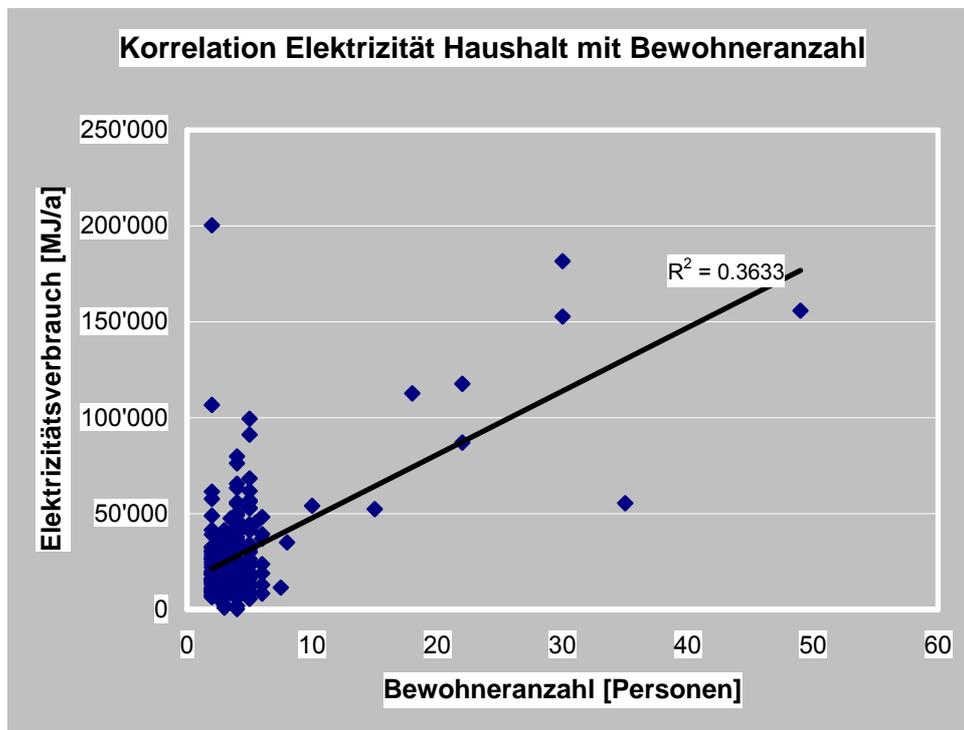
erwähnten Elektrizitätsbedarf für Lüftung, anhand der Objekt-Fläche objektspezifisch berechnet, korrigiert und auf ein Jahr umgerechnet.



Grafik 108: Korrelation zwischen Elektrizitätsverbrauch für Haushalt und Energiebezugsfläche

Wie aus Grafik 108 entnommen werden kann, gibt es eine befriedigende Korrelation zwischen dem Elektrizitätsverbrauch für Haushalt und der Energiebezugsfläche. Die Korrelation mit der Personenanzahl ist geringfügig schlechter (siehe Grafik 109), weshalb in den Berechnungen die Energiebezugsfläche als Bezugsgrösse für den Haushaltsstromverbrauch verwendet wurde. Wie Vergleichsberechnungen gezeigt haben, hat die Wahl der Bezugsgrösse allerdings einen zu vernachlässigenden Einfluss auf die Gesamtergebnisse.

Der grosse Streubereich der Haushaltsstromverbräuche zeigt aber, dass die Ergebnisse der Energiekennzahlen auf Ebene von einzelnen Objekten - vor allem bei Gebäuden, welche mit einer Wärmepumpe versehen sind und lediglich über *einen* Elektrizitätszähler verfügen – keine grosse Genauigkeit besitzen, da der für MINERGIE relevante Energieverbrauch nur mit den vorgängig erwähnten Korrekturen ermittelt werden kann. Auf Ebene der Gesamtheit der Objekte spielen diese Abweichungen hingegen keine Rolle, da sich durch die grosse Zahl an Objekten diese Ungenauigkeiten wieder gegenseitig ausgleichen.



Grafik 109: Korrelation zwischen Elektrizitätsverbrauch für Haushalt und Bewohneranzahl

Weitergehende Überlegungen zum Elektrizitätsverbrauch für Haushalt befinden sich im Anhang 16.13.

10.4.3 Flächengewichtete Mittelwerte und Mediane der Energiekennzahlen gemäss MINERGIE

Aufgrund der gewählten Vorgehensweise können nur dann gesicherte Aussagen gemacht werden, wenn eine genügende Anzahl Objekte innerhalb der Nutzungskategorien für die Auswertung zur Verfügung stehen. Während in den Kategorien EFH Neubau und MFH Neubau diese Forderung erfüllt wird, ist die Anzahl der ausgewerteten Objekte in den Kategorien EFH Sanierung und MFH Sanierung relativ gering, sodass die Sicherheit für Schlüsse auf die Gesamtheit der MINERGIE-Sanierungsbauten bereits etwas eingeschränkt ist.

Aus Tabelle 6 können die nach Nutzungskategorien aufgeschlüsselten Mittelwerte und Mediane¹⁵ der MINERGIE-Energiekennzahlen der erfassten Objekte entnommen werden.

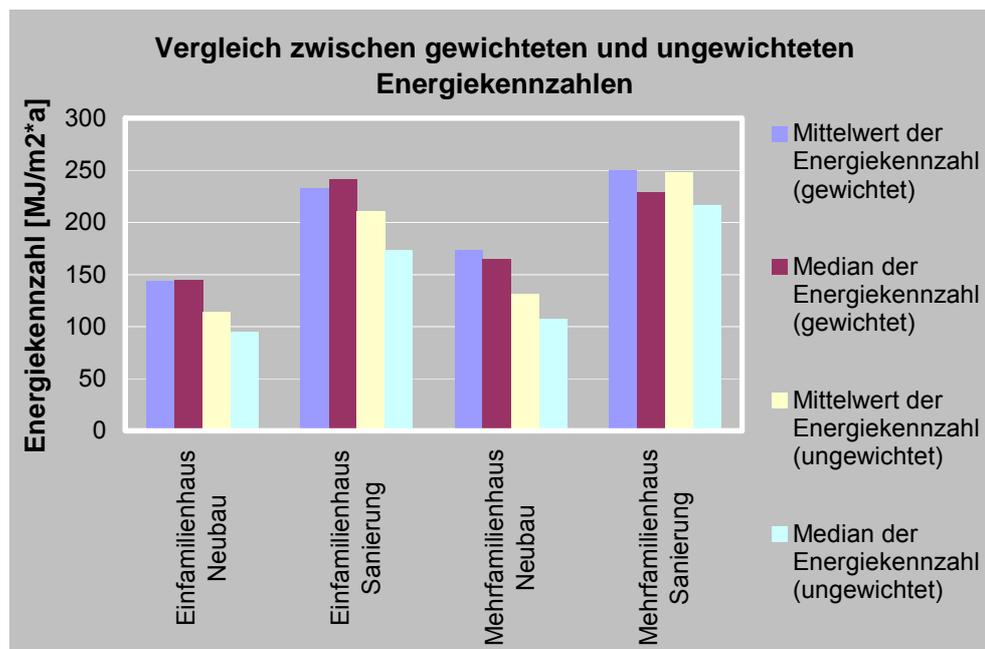
¹⁵ Der Median (auch geometrisches Mittel genannt) bezeichnet denjenigen Wert, welcher in der Mitte auf einer der Grösse nach sortierten Liste steht.

Anzahl Objekte	Nutzungs-Bezeichnung	Mittelwert der Energiekennzahl	Median der Energiekennzahl
440	Einfamilienhaus Neubau	144 MJ/m ² *a	145 MJ/m ² *a
12	Einfamilienhaus Sanierung	233 MJ/m ² *a	241 MJ/m ² *a
42	Mehrfamilienhaus Neubau	174 MJ/m ² *a	165 MJ/m ² *a
12	Mehrfamilienhaus Sanierung	250 MJ/m ² *a	229 MJ/m ² *a

Tabelle 6: Flächengewichtete Mittelwerte und Mediane der MINERGIE-Energiekennzahlen, nach Nutzungskategorien gruppiert

In den Kategorien mit grosser Objektanzahl liegen die Mittelwerte und die Median-Werte sehr nahe beieinander. Die Abweichungen zwischen den zwei Berechnungsweisen sind durch einige wenige „Ausreisser“ begründet, welche auf die Median-Werte keinen Einfluss haben. Generell sind deshalb die Median-Werte – eine genügend grosse Objektanzahl vorausgesetzt - als etwas zuverlässiger anzusehen.

Der Einfluss der Gewichtung der Energieträger ist aus Grafik 110 ersichtlich. Die höheren ungewichteten Werte bei den sanierten Bauten sind plausibel, da diese Objekte mehrheitlich mit Holz beheizt werden und dieser Energieträger in den MINERGIE-Berechnungen mit dem Faktor 0.6 bewertet wird.



Grafik 110: Vergleich zwischen Energieträger-gewichteten und ungewichteten Energiekennzahlen

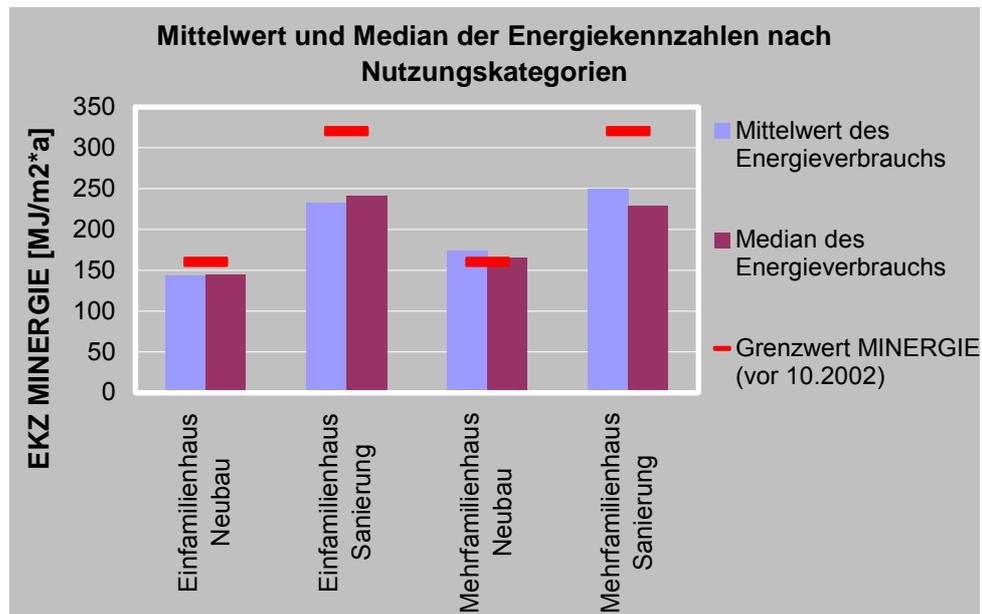
10.4.4 Vergleich Energiekennzahlen mit MINERGIE-Grenzwerten

Die Tabelle 7 enthält eine Gegenüberstellung der ermittelten Energiekennzahlen mit den entsprechenden MINERGIE-Grenzwerten.

Nutzungs-Bezeichnung	Median Energiekennzahl	Grenzwert MINERGIE ¹⁶
Einfamilienhaus Neubau	145 MJ/m ² *a	160 MJ/m ² *a
Einfamilienhaus Sanierung	241 MJ/m ² *a	320 MJ/m ² *a
Mehrfamilienhaus Neubau	165 MJ/m ² *a	160 MJ/m ² *a
Mehrfamilienhaus Sanierung	229 MJ/m ² *a	320 MJ/m ² *a

Tabelle 7: Gegenüberstellung von Median Energiekennzahl und MINERGIE-Grenzwerten

In Grafik 111 wurden die ermittelten Werte den entsprechenden Grenzwerten gegenübergestellt. Mit Ausnahme der Mehrfamilienhaus-Neubauten liegen die ermittelten Energiekennzahlen unter den entsprechenden MINERGIE-Grenzwerten.



Grafik 111: Mittel- und Medianwerte der Energiekennzahlen, aufgeschlüsselt nach Nutzungskategorien

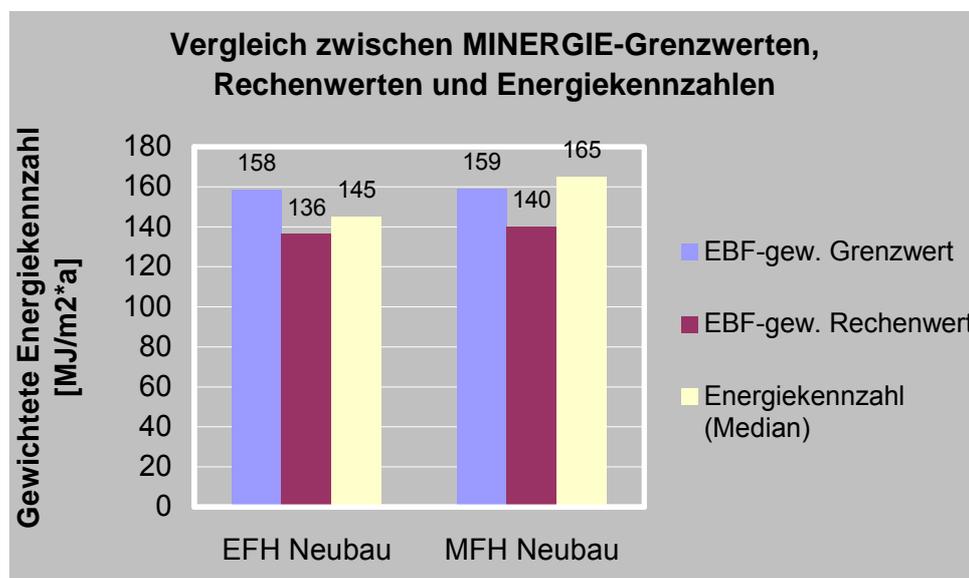
¹⁶ Im Oktober 2002 wurde der MINERGIE-Berechnungsgang auf die revidierte SIA-Norm 380/1 (2001) abgestimmt und die MINERGIE-Grenzwerte entsprechend angepasst. Eine Abschätzung anhand der Bezugsdaten zeigte, dass die neuen MINERGIE-Grenzwerte nur für 17 der untersuchten 506 Objekte gelten.

Die Ursache für die – wenn auch nur geringfügige – Überschreitung kann anhand der Untersuchungsergebnisse nicht eruiert werden.

Eine Erklärungsmöglichkeit besteht im Verhalten der Bewohnenden. Bei den Einfamilienhäusern bewohnen diejenigen Personen, welche den Anstoss zu einem MINERGIE-Gebäude gegeben haben (und bereit waren, die höheren Investitionskosten zu tragen), das Objekt in der Regel selbst. Deshalb ist davon auszugehen, dass bei Einfamilienhäusern die Übereinstimmung der Bewohnenden mit den Zielen von MINERGIE im Vergleich mit Mehrfamilienhäusern und dadurch auch das Benutzerverhalten besser ist. Zudem gibt es bei EFH's keinen „Verteileffekt“ der nicht individuell erhobenen Energieverbräuche unter allen Mietenden.

Auch unter Berücksichtigung der eingeschränkten Aussagekraft bei den Sanierungsobjekten unterschreiten die erhobenen Energiekennzahlen die Anforderungen recht deutlich.

Auf einen exakten Vergleich mit den für die Zertifizierung errechneten Energiekennzahlen der Objekte musste verzichtet werden, da diese Daten nicht zur Verfügung standen.



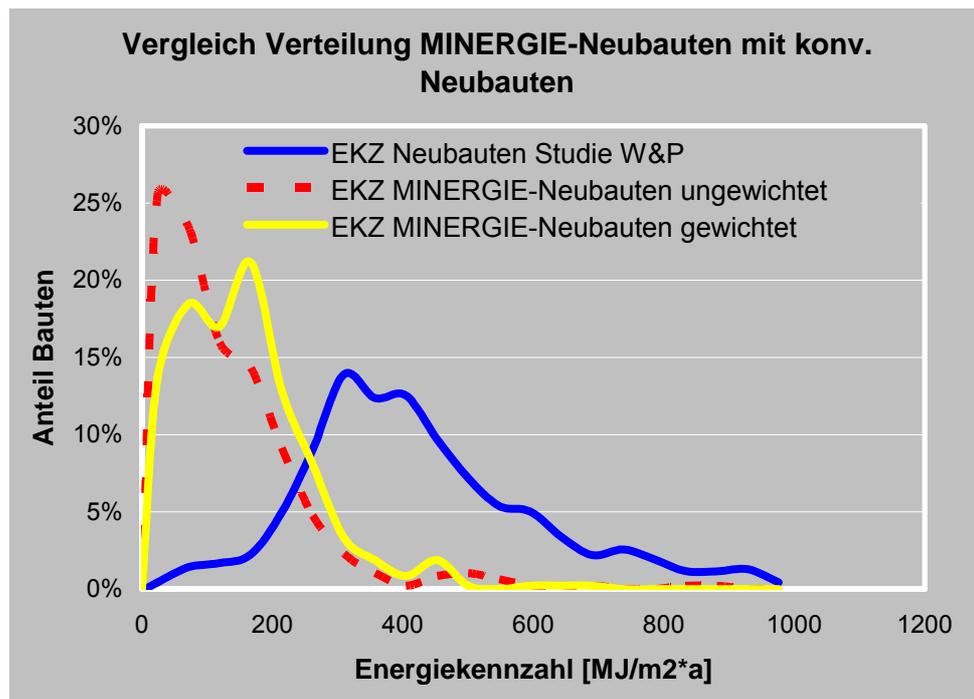
Grafik 112: Vergleich zwischen Grenzwert, Rechenwert und Energiekennzahl für EFH- u. MFH-Neubauten

Wie jedoch aus der Untersuchung der Nachweise (Abschnitt 4) hervorgeht, unterschreiten die MINERGIE-Rechenwerte für EFH-Neubauten die Grenzwerte im Durchschnitt um etwa 14%. In der Praxis – wie sie diese Untersuchung der Energiekennzahlen aufzeigt – schrumpft dieser Abstand auf rund 8% (Median bzw. Mittelwert). Bei den MFH-Neubauten liegt der Rechenwert 12% unter dem Grenzwert, der Median der Energiekenn-

zahl jedoch 3% darüber. Trotzdem kann gesagt werden, dass die Übereinstimmung zwischen den Rechenwerten und den ermittelten Energiekennzahlen erstaunlich gut ist, vor allem, wenn man sie mit ähnlichen Untersuchungen an Passivhäusern (siehe Abschnitt 3.2.3) vergleicht, wo die Abweichungen im Durchschnitt 36% betragen.

10.4.4.1 Vergleich mit Auswertungen von konventionellen Neubauten

Es gibt verschiedene Studien, welche über den energetischen Stand bei Neubauten Auskunft geben. Für einen Vergleich mit den in dieser Arbeit erhobenen Energiekennzahlen eignet sich die Studie „Erklärung der kantonalen Unterschiede von Energiekennzahlen bei Neubauten“ [13] aus dem Jahr 2003 am besten, weil sie mit einer sehr ähnlichen Methodik arbeitete. In der erwähnten Untersuchung wurden – neben vielen anderen behandelten Themen – die Energiekennzahlen von EFH- und MFH-Neubauten aus den Jahren 1998 bis 2000¹⁷ erhoben.



Grafik 113: Vergleich zwischen MINERGIE-Bauten und konventionellen Bauten anhand der Verteilung der Energiekennzahl auf Grössen Kategorien

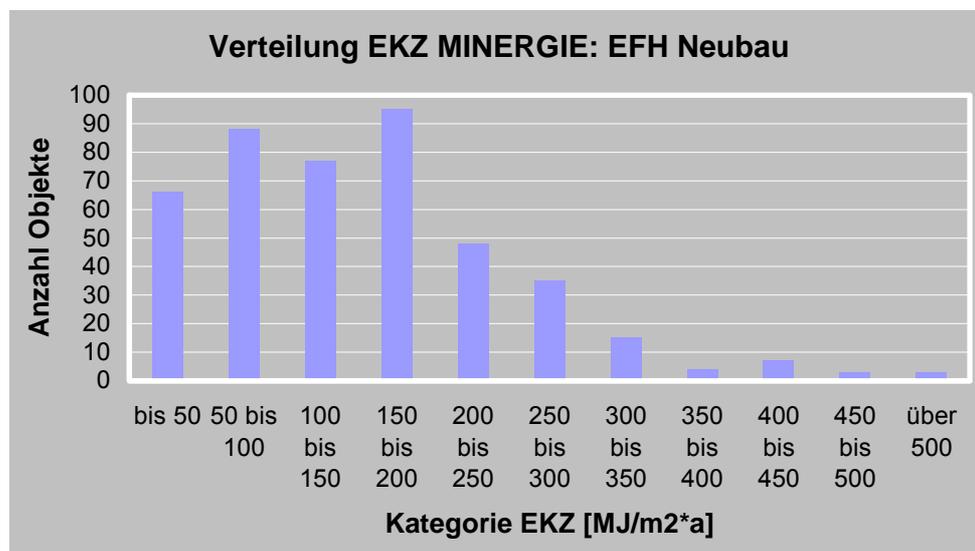
¹⁷ Datum der Baugesuchs-Einreichung.

Die für die Kantone TG, AR, SG, AG, ZH, VS, FR, NE und VD¹⁸ gemittelte Energiekennzahl¹⁹ beträgt 384 MJ/m²*a. Demgegenüber beträgt der ungewichtete Median aller in dieser Studie untersuchten Neubauten 96 MJ/m²*a, also nur 25% davon. Betrachtet man die Verteilung der Energiekennzahlen auf Grössenkatgorien (Grafik 113), so wird im Vergleich zwischen MINERGIE-Bauten und konventionellen Bauten sofort klar, dass MINERGIE-Objekte ganz wesentlich tiefere Energiekennzahlen aufweisen.

Auch unter der Berücksichtigung des leichten zeitlichen Versatzes der beiden Untersuchungen kann festgestellt werden, dass MINERGIE-Neubauten deutlich weniger als die Hälfte der Energie von vergleichbaren konventionellen Neubauten verbrauchen. Durch die Einführung des Höchstanteils nicht erneuerbarer Energien in vielen Kantonen stellt sich die Situation aktuell allerdings leicht anders dar.

10.4.4.2 Auswertung der Energiekennzahlen nach Grössenkatgorien

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse wurde die Verteilung der Objekte nach ihrer Energiekennzahl in Histogrammen dargestellt.



Grafik 114: Histogramm der Energiekennzahlen für Einfamilienhaus-Neubauten

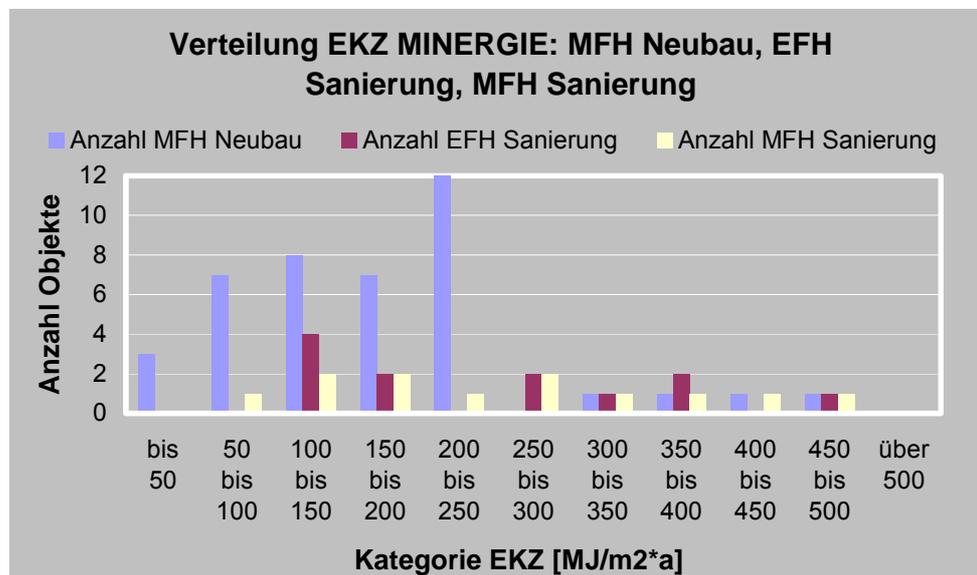
¹⁸ Auswahl entspricht der gemeinsamen Menge der in beide Studien einbezogenen Kantone.

¹⁹ Dieser Wert entspricht dem Mittelwert der für die Kantone berechneten Mediane und ist nicht flächenkorrigiert, da die entsprechenden Angaben fehlten. Zudem ist in diesen Werten der bei MINERGIE enthaltene Elektrizitätsverbrauch für die Lüftung nicht enthalten.

Wie aus Grafik 114 entnommen werden kann, liegen die Energiekennzahlen der meisten der untersuchten Einfamilienhäuser im Bereich bis 200 MJ/m²*a, d.h. deutlich unter bis leicht über dem Grenzwert. Erstaunlich ist die doch noch recht hohe Anzahl von Bauten im Bereich zwischen 200 und 300 MJ/m²*a, während sich nur noch wenige Objekte in den Kategorien über 300 MJ/m²*a befinden. Die Gründe für diese hohen Energieverbräuche konnten im Rahmen dieser Studie nicht festgestellt werden. Beispielsweise könnte ein hoher Warmwasserverbrauch, eine ineffiziente oder mangelbehaftete Heizungsanlage zu einem hohen Resultat geführt haben. Möglich sind jedoch auch Erfassungsfehler oder Fehler in den Objektdaten.

Beispielsweise wurde bei zwei Objekten festgestellt, dass ihre Heizungsanlage auch die Wärme für das Nachbarhaus bereitstellt. In einem andern Fall wurde ermittelt, dass irrtümlicherweise nur die halbe Energiebezugsfläche angegeben wurde, und in mehreren Fällen wurde die von der Wärmepumpe abgegebene Wärmeenergie anstatt die aufgenommene Elektrizität angegeben²⁰.

Ebenso hohe oder teilweise sogar noch höhere Energiekennzahlen wurden auch in den Studien zur Energiekennzahl bei Schweizer Neubauten [13], [14] sowie bei Passivhäusern [15], [16] festgestellt.



Grafik 115: Histogramm der Energiekennzahlen für Mehrfamilienhaus-Neubauten, Einfamilienhaus-Sanierungen und Mehrfamilienhaus-Sanierungen

²⁰ Diese festgestellten Fehler wurden für die Auswertungen bereits korrigiert.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Mehrfamilienhaus-Neubauten (Grafik 115). Hier liegen fast alle Gebäude im Bereich bis 250 MJ/m²*a; nur 4 Objekte liegen in den Kategorien zwischen 300 und 500 MJ/m²*a.

Die etwas dünne Datenbasis für die sanierten Bauten zeigt sich in den Histogrammen deutlich. Erfreulich ist aber die hohe Anzahl bei den EFH-Sanierungen in der Kategorie 100 bis 150 MJ/m²*a. Dies zeigt, dass auch mit sanierten Bauten durchwegs Energiekennzahlen erreicht werden können, die den Vergleich mit Neubauten nicht zu scheuen brauchen.

Wiederum ähnlich stellt sich das Bild bei den sanierten Mehrfamilienhäusern dar: trotz schmaler Datenbasis zeigt sich, dass energetisch gute Lösungen machbar sind.

10.4.4.3 Auswertung der Objekte nach Haupt-Energieträgern

Interessante Erkenntnisse liefert die Auswertung der Energiekennzahlen nach den hauptsächlich eingesetzten Energieträgern. Zur Ermittlung des Haupt-Energieträgers wurden die periodennormierten Energieverbräuche je Energieträger aufsummiert, für jedes Objekt den maximalen Wert berechnet und den dazugehörigen Energieträger als Haupt-Energieträger bestimmt²¹.

Nutzungs- Bezeichnung	Elektrizität (WP)		Fossile Brenn- stoffe		Holzenergie		Andere
	Anz.	EKZ	Anz.	EKZ	Anz.	EKZ	
Einfamilienhaus Neubau	304	135	54	225	82	142	1
Mehrfamilienhaus Neubau	26	166	11	213	3	108	2
Einfamilienhaus Sanierung	5	215	4	252	3	285	0
Mehrfamilienhaus Sanierung	2	108	8	303	2	197	0

Tabelle 8: Mittelwerte der Energiekennzahlen, nach Haupt-Energieträgern aufgeschlüsselt

²¹ Da bei dieser Methode auch die Energieträger für Warmwasser und Lüftung einbezogen werden, kann es sein, dass in Grenzfällen nicht der für Heizzwecke hauptsächlich eingesetzte Energieträger bestimmt wurde. Die Fehlerquote und der Einfluss auf die Resultate dürften jedoch klein sein.

Aus Tabelle 8 kann entnommen werden, dass Objekte mit Wärmepumpen (Energieträger Elektrizität) deutlich tiefere Energiekennzahlen aufweisen als solche mit Energieerzeugungsanlagen, welche auf fossilen Brennstoffen basieren – und dies trotz der doppelten Gewichtung von Elektrizität. Da die oft eingesetzten Sole-Wasser-Wärmepumpen Arbeitszahlen von 3.5 bis 4 besitzen, können sie diese „Benachteiligung“ ohne weiteres mehr als kompensieren.

Die durchwegs hohen Energiekennzahlen der mit fossilen Brennstoffen beheizten Bauten lassen sich auf den ersten Blick nicht erklären. Die Abweichungen vom deklarierten Wirkungsgrad der Anlagen dürften sich eigentlich nur im Bereich von wenigen Prozenten bewegen.

Trotz Gewichtungsfaktor von 0.6 liegen die Energiekennzahlen der Objekte mit Holzheizungen im Mittel deutlich über denjenigen der Objekte mit Wärmepumpen. Die Gründe dafür sind ebenfalls unklar.

10.4.4.4 Auswertung der Objekte nach Bezugsdatum

Um den Einfluss der Bauaustrocknung und der Einregulierung der Haus-technikanlagen untersuchen zu können, wurden diejenigen Objekte, welche nach dem 1. Juni 2003²² bezogen wurden, separat ausgewertet. Ein Vergleich zwischen den flächengewichteten Mittelwerten zeigt dabei ein sehr uneinheitliches Bild:

Anzahl Objekte	Nutzungs-Bezeichnung	Mittelwert der Energiekennzahl Bezug nach 1.6.03	Mittelwert der Energiekennzahl Bezug vor 1.6.03
21 / 419	Einfamilienhaus Neubau	222 MJ/m ² *a	142 MJ/m ² *a
1 / 11	Einfamilienhaus Sanierung	463 MJ/m ² *a	225 MJ/m ² *a
2 / 40	Mehrfamilienhaus Neubau	100 MJ/m ² *a	182 MJ/m ² *a
2 / 10	Mehrfamilienhaus Sanierung	229 MJ/m ² *a	257 MJ/m ² *a

Tabelle 9: Vergleich der gewichteten Energiekennzahlen nach Bezugsdatum

Während bei den Einfamilienhäusern - aufgrund der genügenden Anzahl ist nur für die Neubauten eine einigermaßen gesicherte Aussage möglich – aufgezeigt werden kann, dass neu bezogene Bauten deutlich mehr Energie als bereits seit einiger Zeit bewohnte Gebäude brauchen, scheint

²² Beginn des Heizjahrs

es bei den Mehrfamilienhäusern gerade umgekehrt zu sein. Allerdings ist eine zuverlässige Aussage nicht möglich, da lediglich vier Objekte (Neubauten und Sanierungen zusammen) nach dem 1. Juni 2003 bezogen wurden.

11 Befragung von Nutzenden zum Thema Zufriedenheit mit der MINERGIE-Baute

11.1 Ausgangslage

Im Zuge der Erhebung der Energieverbräuche bot sich die Gelegenheit, eine grosse Zahl an Nutzenden zu ihren Erfahrungen mit dem MINERGIE-Standard zu befragen. Da in der Befragung der Bauträger-schaften/Nutzenden (Abschnitt 5.3) die meisten Fragen bereits gestellt und ausgewertet wurden, beschränkte man sich hier auf Kantone, in denen bisher noch keine Umfrage durchgeführt wurde.

11.2 Vorgehen

11.2.1 Integration von qualitativen Fragen in die Umfrage Energieverbrauch

Die Befragung zum Thema Zufriedenheit wurde in 560 der insgesamt 1080 verschickten Umfrage-Formulare integriert. Von den total 546 re-tournierten Bogen konnten 291 ausgewertet werden.

In einigen Kantonen wurden noch weitere, kantonsspezifische Fragen zur Zufriedenheit gestellt. Diese werden separat ausgewertet und daher in dieser Studie nicht weiter erwähnt.

11.2.2 Zielsetzung

Die Nutzenden wurden gezielt nach ihrem MINERGIE-Objekt befragt, wobei vor allem die Zufriedenheit hinsichtlich verschiedener Aspekte interessierte. Die folgenden Kriterien sollten anhand der Fragen geklärt werden:

- Zufriedenheit bezüglich des Wohnkomforts
- Zufriedenheit bezüglich der Lüftungsanlage
- Erfüllung der Erwartungen
- Beurteilung des Kosten / Nutzen-Verhältnisses
- Weiterempfehlung des MINERGIE-Standards und die Gründe dazu.

Im Weiteren konnten individuelle Kommentare zu den Fragen abgegeben werden.

11.3 Auswertung der Antworten

11.3.1 Zufriedenheit mit dem Wohnkomfort

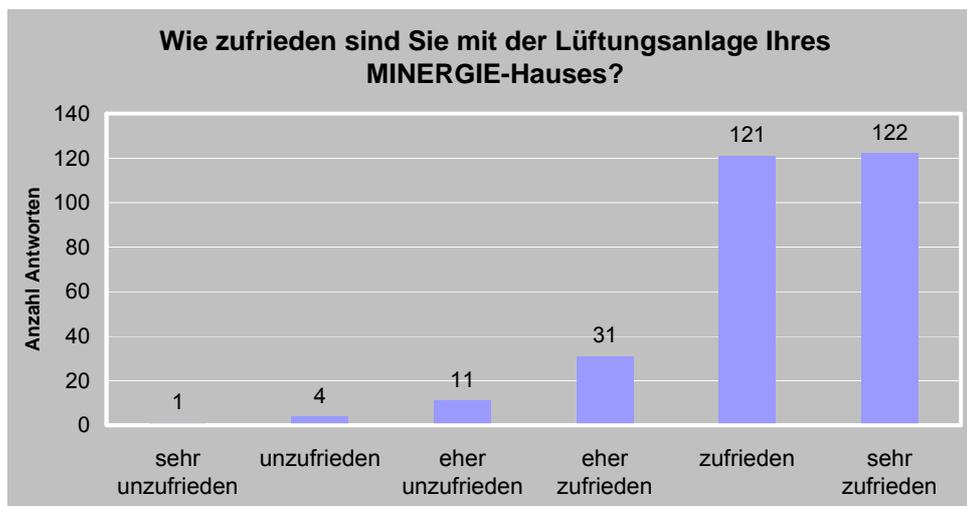


Grafik 116: Zufriedenheit mit dem Wohnkomfort

Aus Grafik 116 ist ersichtlich, dass 207 der Befragten (71 %) mit dem Wohnkomfort ihres MINERGIE-Gebäudes sehr zufrieden sind, 81 (28 %) sind zufrieden bzw. eher zufrieden und lediglich 3 Befragte (1%) sind mit dem Wohnkomfort eher unzufrieden bis sehr unzufrieden.

Beim Kommentar zur Nennung „sehr unzufrieden“ wird erwähnt, dass die mangelhafte Haustechnik für die negative Beurteilung entscheidend war.

11.3.2 Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage



Grafik 117: Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage

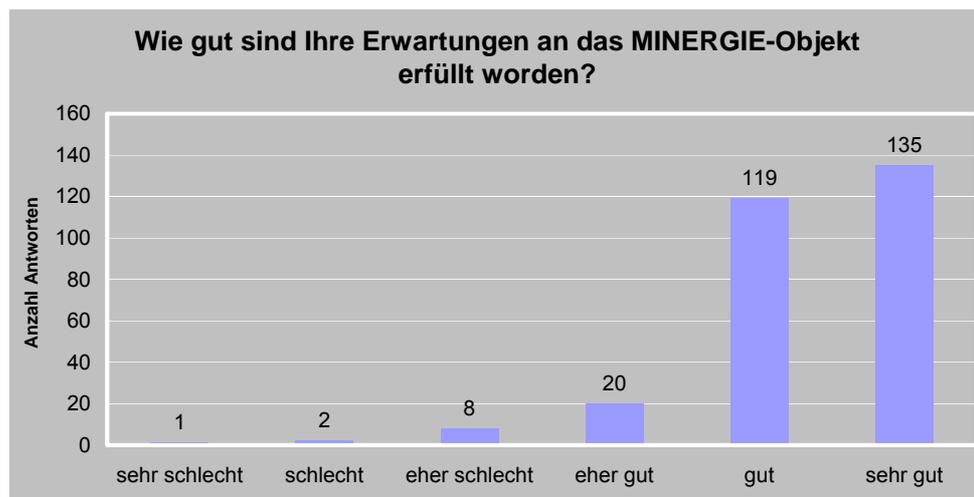
Wie Grafik 117 zeigt, sind 122 der Befragten (42%) mit der Lüftungsanlage ihres Hauses sehr zufrieden und 121 (42%) zufrieden.

Bei den Nennungen „sehr unzufrieden“ respektive „unzufrieden“ wird in einem Fragebogen erwähnt, dass das MINERGIE-Label nur mit anderer Lüftung weiterempfohlen wird. Weitere Bemerkungen wurden nicht festgehalten.

Ein Fragebogen enthält keine Angaben zur Lüftungsanlage.

Der Vergleich mit der Grafik 116 (Zufriedenheit mit dem Wohnkomfort) zeigt, dass die Zufriedenheit mit der Lüftungsanlage etwas weniger gut beurteilt wird: während 97% der Befragten mit dem Wohnkomfort sehr zufrieden oder zufrieden sind, geben nur 84% der Befragten bei der Lüftungsanlage dieselbe Beurteilung ab.

11.3.3 Erfüllung der Erwartungen an das MINERGIE-Objekt



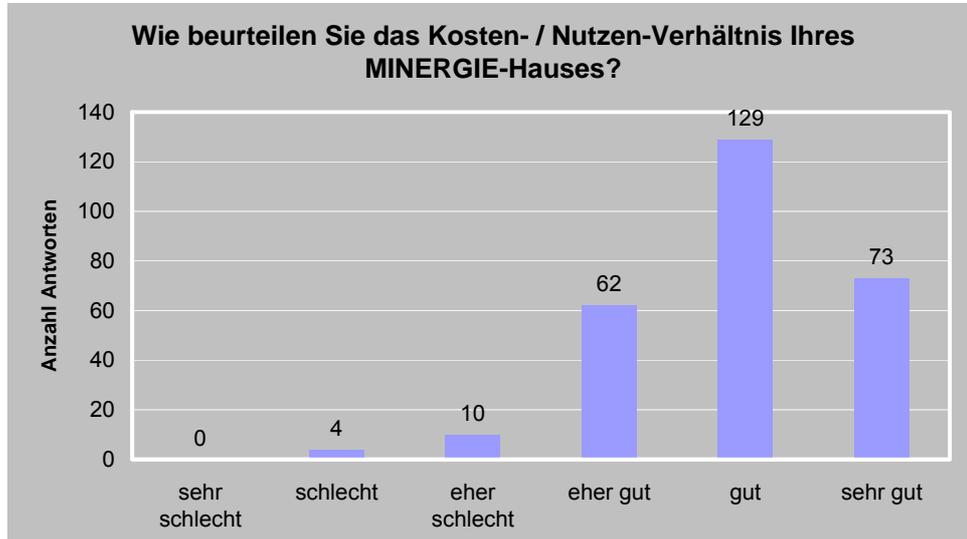
Grafik 118: Erfüllungen der Erwartungen an das MINERGIE-Objekt

Insgesamt geben 135 der Befragten (46%) an, dass ihre Erwartungen an das MINERGIE-Objekt sehr gut erfüllt wurden, 119 (41%) bezeichnen die Erwartungen als gut erfüllt (Grafik 118).

Bei den Nennungen schlecht erfüllter Erwartungen kann den Fragebogen entnommen werden, dass die Planenden ihre Versprechungen nicht einhalten würden. Dabei wurden allerdings die Versprechungen nicht genauer erläutert.

Insgesamt enthalten sechs Fragebogen keine Angaben zu den Erwartungen.

11.3.4 Beurteilung des Kosten- / Nutzen-Verhältnisses

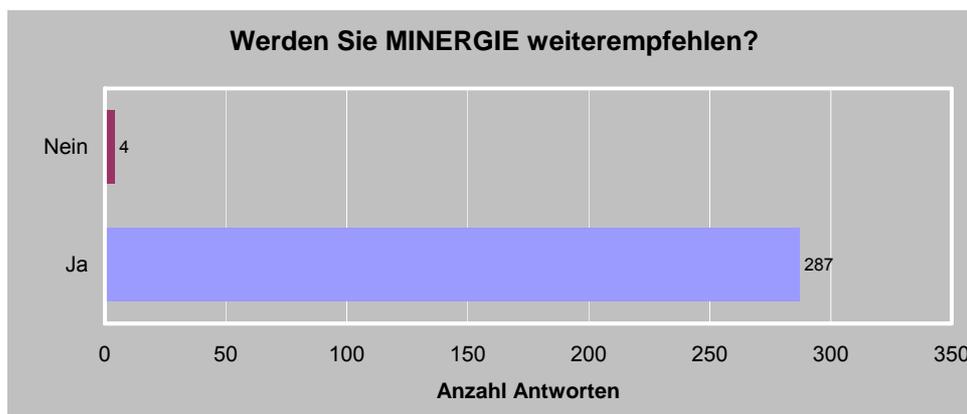


Grafik 119: Beurteilung des Kosten- / Nutzen-Verhältnisses

Beim Kosten- / Nutzen-Verhältnis (Grafik 119) geben 73 der Befragten (25%) an, dass sie das Verhältnis als sehr gut bewerten. Die Beurteilung „gut“ geben 129 oder 44% der Befragten ab. Lediglich 14 der Befragten (5%) finden, dass das Kosten / Nutzen Verhältnis ihres MINERGIE-Objektes eher schlecht bzw. schlecht ist.

Drei Fragebogen enthalten keine Aussage zum Kosten- / Nutzen-Verhältnis.

11.3.5 Weiterempfehlung von MINERGIE

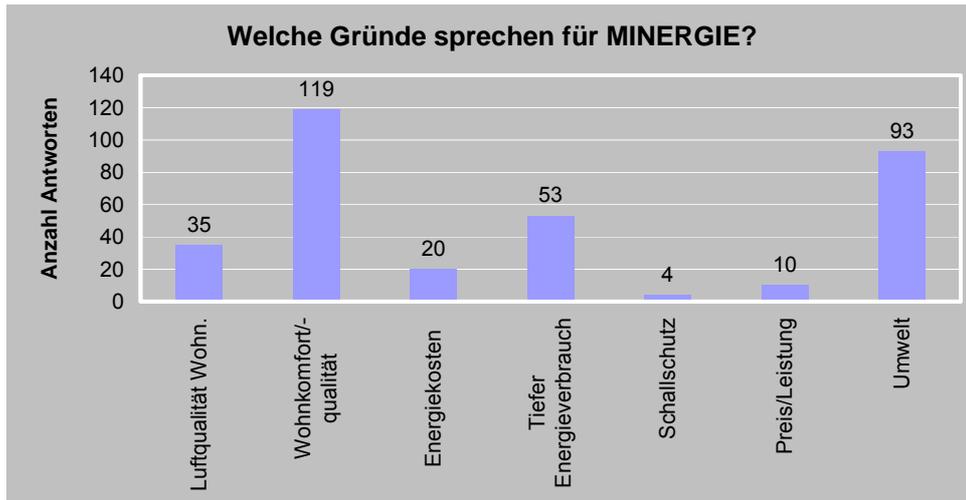


Grafik 120: Weiterempfehlung von MINERGIE

Eine überwältigende Mehrheit der Befragten ist von MINERGIE überzeugt: 287 von ihnen (98%) geben an, MINERGIE weiterzuempfehlen.

Bei den 2% der Befragten, welche den MINERGIE-Standard nicht weiterempfehlen, wurde die Frage teilweise auch mit „Jein“ beantwortet.

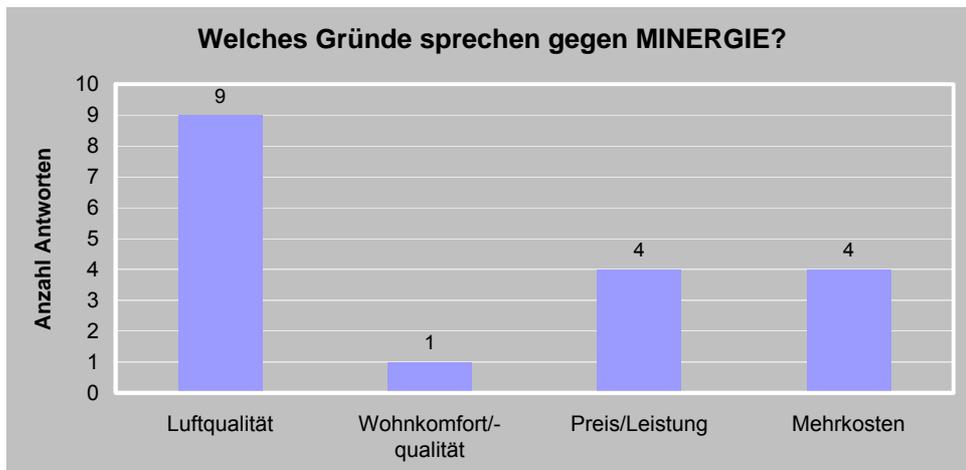
Befragte, welche MINERGIE nicht weiterempfehlen, haben die vorgehenden Fragen bereits mit sehr schlecht, schlecht, sehr unzufrieden oder unzufrieden beantwortet.



Grafik 121: Gründe, welche für MINERGIE sprechen

Bei den positiven Gründen für die Weiterempfehlung von MINERGIE sind mehrere Argumente pro Fragebogen möglich. Einige Fragebogen enthalten keine Begründungen. Den 291 ausgefüllten Fragebogen konnten 334 Argumente für das Weiterempfehlen von MINERGIE entnommen werden.

Die Argumente lassen sich folgendermassen einteilen: 47% umschreiben den Komfort, 44% die Ökologie und 9% die Ökonomie.



Grafik 122: Gründe, welche gegen MINERGIE sprechen

Auch bei den negativen Gründen sind mehrere Argumente pro Fragebogen möglich. Lediglich 6% der Fragebogen enthalten negative Argumente. Die negativen Gründe betreffen zu 56% den Komfort und zu 44% die Ökonomie.

12 Grundlagen für Optimierungsmassnahmen

12.1 Grundsätzliche Erkenntnisse aus dem Projekt

In der Presse wurden verschiedentlich Artikel publiziert, welche sich kritisch mit MINERGIE auseinandersetzen. Die Hauptvorwürfe betrafen die Differenzen zwischen MINERGIE-Rechenwerten und den tatsächlichen Energieverbräuchen [9], die mangelnde Kontrolle, die Möglichkeit zur Zielerreichung ausschliesslich mit haustechnischen Massnahmen bzw. mit erneuerbarer Energie (z.B. mittels Wärmepumpe) und bauphysikalische Probleme [8]. Die grosse Anzahl an Fehlern in den Nachweisen erweckte zudem bei den Fachpersonen der Zertifizierungsstellen den Eindruck, dass MINERGIE-Bauten in der Praxis erhebliche Mängel zeigen.

Diese Vorwürfe liessen sich anhand der Untersuchungsergebnisse nicht bestätigen. Die Kontrollen der Zertifizierungsstellen erwiesen sich bei den Nachweisen als effektiv, und bei den Ausführungskontrollen wurden keine nennenswerten Abweichungen gegenüber den Nachweisen festgestellt. Anhand der Angaben in den Nachweisen konnte festgestellt werden, dass die Gebäudekonzepte in der überwiegenden Zahl sinnvoll und ausgewogen sind. Auch die Untersuchung der Energiekennzahl von über 500 Bauten zeigte, dass in der Praxis der tiefe Energieverbrauch erreicht wird.

Wie die Untersuchungen zeigen, sind MINERGIE-Bauten zwar besser wärmegeklämt und besitzen Wärmeerzeugungsanlagen, welche in grösserem Umfang erneuerbare Energien nutzen als konventionelle Gebäude. Bezüglich Planung und Ausführung sind sie aber nicht wesentlich anders.

Den grössten Unterschied macht die Lüftungsanlage aus, welche eine verstärkte Koordination unter den Planenden erfordert. Gerade in diesem Punkt bestehen aber generell Probleme: Wie die Umfrage gezeigt hat, erfolgt die Information unter den Akteuren entweder zu spärlich oder zu langsam. Auch haben die Planenden wenig gegenseitiges Vertrauen, was das Fachwissen angeht.

Deshalb muss bei den Optimierungsmassnahmen das Schwergewicht auf die Kommunikation unter den Beteiligten und die Verbesserung des Fachwissens gelegt werden; dementsprechend zielen fast alle Vorschläge auf die gegenseitige Information und die Schulung der Akteure ab.

Es kann aber gesagt werden, dass der MINERGIE-Standard weder in der Planung noch in der Ausführung oder der Nutzung von Wohnbauten neue Probleme verursacht. Vielmehr werden durch teilweise höhere Qualitätsanforderungen bereits vorhandene Konfliktpunkte akzentuiert.

12.2 MINERGIE-Organe / Zertifizierungsstellen

12.2.1 Informationsaustausch Zertifizierungsstellen / MINERGIE

Um die Erfahrungen auszutauschen und gemeinsame Probleme zu besprechen, sollte der Informationsaustausch unter den Zertifizierungsstellen intensiviert werden. Dabei steht vor allem ein periodisches Treffen der für die Zertifizierung verantwortlichen Personen im Vordergrund. Zudem sollte der bisher jährliche Kontakt zwischen der MINERGIE-Agentur und den Zertifizierungsstellen öfters stattfinden, um den Informationsaustausch über die aktuelle Entwicklung des Standards einerseits und über die Verbesserungsvorschläge aus der Praxis andererseits zu gewährleisten.

12.2.2 Newsletter

Ein periodischer Informationsfluss zwischen dem Verein MINERGIE und den Planenden würde es erlauben, verschiedene erkannte Probleme (Abschnitt 5.5.2.10) zu beseitigen. Zwar gibt es bereits heute einen Newsletter, aber die damit erreichte Personengruppe ist viel zu klein (nur Fachpartner und Vereinsmitglieder). Anzustreben wäre eine Registrierung der in den eingereichten Formularen aufgeführten Beteiligten, aber auch eine Bestellmöglichkeit des Newsletters auf der MINERGIE-Homepage. Aufgrund unterschiedlicher Interessen sollte die Informationsschrift für die unterschiedlichen Zielgruppen (Bauherrschaft, Nutzende, Planende) separat verfasst werden. Der Vertrieb sollte in elektronischer wie gedruckter Form erfolgen. Themen des Newsletters könnten z.B. die Publikation aktualisierter Formulare, von Broschüren, Tools, Informationsveranstaltungen, Tage der offenen Türe, Schulungen etc. sein.

12.2.3 Formular Stichprobe

Das „Qualitätssicherungssystem des Vereins MINERGIE für Gebäudelaibel“ [7] enthält einen einfachen Vorschlag einer Checkliste für Stichproben. Diese Arbeitshilfe definiert jedoch nur wenige Punkte (siehe Abschnitt 7.1.1). In Abschnitt 7.3 wurde zwar erwähnt, dass die Ausführungskontrollen keine energetisch relevanten Abweichungen zu Tage förderten. Trotzdem sollte im Sinn einer effizienten Qualitätskontrolle ein einheitliches, erweitertes Formular, welches auf die Nutzung der Baute abgestimmt ist, entwickelt und angewandt werden. Dies würde in Zukunft auch eine systematische Auswertung der Kontrollen ermöglichen. Ein Beispiel aus dem Kanton St.Gallen ist im Anhang (16.5) abgebildet.

12.2.4 Klassifizierung von Lüftungs- und Wärmeerzeugungsanlagen

Im Interesse eines unkomplizierten Nachweises, einer verbesserten Flexibilität bei der Produktwahl sowie einer einfachen Ausführungskontrolle ist die Einführung von Labeln / Prüfatesten für einzelne Haustechnik-Komponenten - wie beispielsweise das Lüftungsgerät oder die Wärmepumpe – wünschenswert. Als Vorlage könnte die europäische Energieetikette dienen. Beispielsweise könnte im Nachweis ein Gerät mit Einstufung A aufgeführt werden, ohne dass das genaue Produkt bereits bekannt sein muss. In der Ausschreibung wird diese Anforderung wiederum aufgeführt, sodass der Unternehmer ein alternatives Produkt der Klasse A einkalkulieren kann. Bei der Ausführungskontrolle lässt sich anschliessend leicht feststellen, ob das eingesetzte Gerät den Angaben im Nachweis (Klasse A) entspricht.

Ein Projekt, das die Klassifizierung von Lüftungsgeräten vorsieht, ist bereits seit geraumer Zeit in Arbeit. Ein Abschluss und die praktische Umsetzung dieses Projekts ist dringend notwendig.

12.3 Nutzende

12.3.1 Einbezug der Nutzenden in die Konzeption der Lüftungsanlage

Relativ oft wurden in der Befragung der Nutzenden Probleme mit der Lüftungsanlage festgestellt (Abschnitt 5.3.2.6). Diese können teilweise auf falsche Erwartungen seitens der Nutzenden, auf mangelhafte Planung bzw. Ausführung oder auf Bedienungsfehler zurückgeführt werden.

Darum sollten die Nutzenden über die Vor- und Nachteile einer kontrollierten Lüftung sowie über die technischen Möglichkeiten informiert und die Projektierung auf die entsprechenden Bedürfnisse abgestützt werden.

12.3.2 Information der Nutzenden

Wie aus der Umfrage hervorging, ist das Verhalten der Nutzenden, z.B. hinsichtlich des Lüftungsverhaltens (siehe Abschnitt 5.3.2), aus energetischer Sicht nicht optimal. Der Verein MINERGIE sollte deshalb die Vorlage für ein Handbuch erstellen, welches die wichtigsten Angaben über das richtige Verhalten der Nutzenden (z.B. Umgang mit der Lüftung im Sommer) und notwendige Unterhaltsarbeiten (z.B. Filter des Lüftungsgeräts wechseln, Reinigung der Lüftungskanäle etc.) enthält. Diese Vorlage könnte anschliessend durch die Planenden für das von ihnen betreute Objekt angepasst bzw. ergänzt werden.

12.3.3 Einführung der Nutzenden in den Gebrauch des Objekts

SIA 382/1 und SIA 384/1 legen das Vorgehen für die Abnahme der Lüftungs- bzw. Heizungsanlagen fest und geben Hinweise für die Betriebsdokumentation. Trotzdem werden aufgrund unklarer Regelung der Verantwortlichkeit die Nutzenden meist ungenügend in den optimalen Gebrauch ihres Objektes eingeführt (siehe Abschnitt 5.3.2). Deshalb sollte – falls dieser Punkt nicht generell geregelt werden kann – spätestens im Verlauf des Zertifizierungsprozesses die dafür verantwortliche Partei bestimmt werden. Zudem wäre es hilfreich, die aus Sicht von MINERGIE sinnvollen Themen bezüglich der Einführung der Nutzenden aufzulisten.

12.4 Planende

12.4.1 Schulungsangebote

Anhand der ausgewerteten Fragebogen lässt sich feststellen, dass es bei der Zusammenarbeit unter den Parteien zu Problemen kommt: Jede Partei wirft der anderen mangelndes Fachwissen sowie ungenügende Kommunikation vor (Abschnitte 5.4.2.4, 5.5.2.5). Zwar kommen solche Probleme nicht nur bei MINERGIE-Bauten, sondern auch bei konventionellen Objekten vor. Aufgrund der höheren technischen und qualitativen Ansprüche von MINERGIE sollte dieser Punkt trotzdem beachtet werden.

Mittels eines breiten Schulungsangebots könnte das Fachwissen der Planenden und das gegenseitige Verständnis verbessert werden. Mögliche Themenkreise sind z.B. das Erstellen eines MINERGIE-Nachweises, kontrollierte Lüftung (für Architekturschaffenden, ähnlich Kurs Forum Energie Zürich), Wärmedämm- und Luftdichtigkeitskonzepte oder der Einsatz erneuerbarer Energien. Aber auch der frühzeitige Einbezug der Haustechnikplanenden sollte angesprochen werden, da dies ein verbreitetes Problem darstellt.

Schliesslich soll das vorhandene Kursangebot von Energiefachstellen, Fachverbänden, Privatpersonen und Fachhochschulen besser koordiniert werden. Zwar wird auf den Internet-Seiten von MINERGIE auf einen grossen Teil des Schulungsangebots hingewiesen. Wie aber aus der Umfrage hervorgeht (Abschnitt 5.5.2), sind beim Fachpublikum die MINERGIE-Internetseiten kaum bekannt. Darum sollte der Koordination des Kursangebots, der Bekanntmachung der MINERGIE-Website und der Internet-unabhängigen Vermarktung der Kurse grösseres Gewicht verliehen werden.

12.5 Ausführende / Herstellende

12.5.1 MINERGIE-Module

MINERGIE-Bauten sind in der Regel besser wärmegeklämt als konventionelle Bauten (siehe Abschnitt 4.3.3.4). Darum sind teilweise etwas andere Konstruktionsdetails notwendig. Bisher haben die Hersteller nur bedingt darauf reagiert und entsprechend angepasste Varianten in ihre Sammlungen von Konstruktionszeichnungen und Ausschreibungstexten aufgenommen. Eine verbesserte Unterstützung durch die Hersteller würde die Unsicherheiten der Planenden reduzieren helfen.

12.5.2 Verbesserte Inbetriebnahme

Wie im Gespräch mit Nutzenden und Planenden festgestellt wurde, besteht ein Problem bei MINERGIE-Bauten in der mangelhaften Inbetriebnahme der Haustechnik-Komponenten. Deshalb sind die Unternehmen nicht nur darauf hinzuweisen, dass eine korrekte Inbetriebnahme zu erfolgen hat; vielmehr sollten die zuständigen Planenden sowie die Bauleitung daran teilnehmen und die entsprechenden Protokolle visieren. Eine Checkliste würde dabei eine wertvolle Hilfe darstellen.

13 Vorschläge für Folgeprojekte

13.1 Schulungsunterlagen MINERGIE

Anhand der aus dem Praxistest MINERGIE gewonnenen Erkenntnisse können bestehende Schulungsunterlagen ergänzt oder neue Materialien erarbeitet werden. Diese Unterlagen sollen als Grundlage für Kurse, welche sich an Planende richten, dienen. Das Projekt gliedert sich in die Kurskonzeption, die Aufarbeitung der Inhalte in Folien und Übungen sowie das Erstellen der Kursunterlagen für Dozierende und Teilnehmende.

13.2 Merkblatt Luftdichtigkeit bei MINERGIE-Bauten

Wie die Messungen (Abschnitt 9.3.3) gezeigt haben, stellt die mangelhafte Luftdichtigkeit ein häufiges Problem bei MINERGIE-Häusern dar. Mit einem Merkblatt sollen deshalb den Planenden Hinweise für eine korrekte Planung und Ausführung gegeben werden. Die auszuführenden Arbeitsschritte umfassen die Suche und das Zusammenstellen der Quellen, die Redaktion und Illustration, die grafische Umsetzung und den Druck bzw. die Publikation.

13.3 Merkblatt EBF-Berechnung in Dach- und Untergeschossen

Die heute geltende Berechnung der Energiebezugsfläche in Dachgeschossen widerspricht dem Grundsatz der Nutzbarkeit solcher Flächen (siehe Abschnitt 4.3.5.4). Auch in Untergeschossen wurden ähnliche Schwierigkeiten (z.B. UG im Dämmperimeter, aber nicht beheizt und nicht in EBF eingerechnet) festgestellt. Deshalb soll in einem Folgeprojekt untersucht werden, welche Messweisen sinnvolle Resultate liefern und wie gross die Abweichungen der Ergebnisse zu denjenigen der bestehenden Normen sind. Auch sollte die einfache Handhabbarkeit in die Erwägungen einbezogen werden. Als Resultat wird ein Merkblatt vorgesehen, welches von den Kantonalen Energiefachstellen und der MINERGIE-Agentur abgegeben wird. Als Arbeitsschritte wurden das Sammeln von Informationen, die Erarbeitung von verschiedenen Messweisen, die Durchführung von Modellrechnungen, die Redaktion und Illustration, die grafische Umsetzung und den Druck bzw. die Publikation festgelegt.

14 Abkürzungsverzeichnis

APA	American Psychological Association
BFE	Bundesamt für Energie
dB	Dezibel
EBF	Energiebezugsfläche, höhenkorrigiert (bei grossen Raumhöhen)
EBF ₀	Energiebezugsfläche, unkorrigiert
EFH	Einfamilienhaus
EKZ	Energiekennzahl
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
EN	Europäische Norm
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
FHS	Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit, St.Gallen
EU	Europäische Union
IQB	Institut für Qualitätsmanagement und angewandte Betriebswirtschaft
MFH	Mehrfamilienhaus
MPU4	Methodengestützter Projektunterricht im 4. Semester der FHS, Abt. Wirtschaft
MW	Mittelwert
n ₅₀	Luftwechselzahl bei einem Differenzdruck von 50 Pascal (identisch mit n _{L50})
o.D.	ohne Datum
PR	Public Relations
REFH	Reihen-Einfamilienhaus
RL	Rücklauf (Heizungsinstallation)
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils
VL	Vorlauf (Heizungsinstallation)
WE	Wohneinheit
WP	Wärmepumpe
WRG	Wärmerückgewinnung (z.B. Wärmetauscher bei Lüftungsanlagen)
WTT	Wissenstransferstelle der FHS

15 Literaturverzeichnis

- [1] Keller, L., Maillard, S. et al.: Akzeptanz von Komfortlüftungen im Wohnungsbereich. Hrsg. Bundesamt für Energie, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, August 2001. Format A4, 42 S.
- [2] Linder Kommunikation AG/Frauenfelder, Sven: Marketing- und PR-Strategie MINERGIE und Passivhaus. Bundesamt für Energie, Juni 2002. Format A4, 61 S.
- [3] Hässig W., Lalive d'Epinau A., Fotsch P., Steinle P.: Gesundheitliche und ökologische Aspekte von Komfortlüftungen im Wohnungsbereich. Schlussberichte der Phasen 1 und 2, Mai 2003. Format A4, 108 S.
- [4] Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser: Qualitätssicherung beim Bau von Passivhäusern. Dezember 1999. Format A4, 116 S.
- [5] Flückiger B., Lüthy P., Wanner H.-U.: Mikrobielle Untersuchungen von Luftansaug-Erdregistern. EMPA/KWH, Dübendorf, 1997.
- [6] SIA / EnergieSchweiz: Anhang zu Berechnungstool SIA 380/4. eTeam et al., September 2003. Bezug auf www.energycodes.ch.
- [7] Verein MINERGIE: Qualitätssicherungssystem des Vereins MINERGIE für Gebäudelabel. MINERGIE-Agentur Bau, Juni 2003.
- [8] Wohlwend L.: MINERGIE-Standard – der Supergau im Bauwesen? Ostschweizer News vom 27. Februar 2003.
- [9] Guggenbühl H.-P.: Das 4-Liter-Haus bleibt Theorie. Basler Zeitung vom 19. Februar 2003 (derselbe Artikel erschien auch in der Berner Zeitung, dem St.Galler Tagblatt und dem Tages-Anzeiger).
- [10] De Lainsecq, Margrit: Wegweisende Würfel am Sonnenhang: die Solarsiedlung am Chräbsbach in Winterthur. In: Schweizer Energiefachbuch 1999, Seiten 38-39.
- [11] Europäisches Komitee für Normung CEN / Schweizer Ingenieur- und Architektenverband SIA: EN 832 / SIA-Norm 380.101. Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs – Wohngebäude. 1998.
- [12] Europäisches Komitee für Normung CEN: EN 13370. Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren. 1998.

- [13] Bundesamt für Energie: Erklärung der kantonalen Unterschiede von Energiekennzahlen bei Neubauten. Econcept AG, Juli 2003. Format A4, 174 S.
- [14] Bundesamt für Energie: Erhebung der durchschnittlichen Energiekennzahlen für Neubauten in 13 Kantonen. Wüest&Partner AG, September 2000. Format A4, 34 S.
- [15] Feist W.: 4. Passivhaustagung. Passivhaus Institut Darmstadt, 1997.
- [16] Feist, W.: Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Protokollband Nr. 9: Nutzerverhalten. Passivhaus Institut Darmstadt, November 1997.
- [17] Amt für Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL): Stichprobenkontrolle 2002. Eine Untersuchung von 200 zufällig ausgewählten Ausschreibungen von Neubauten. Arbeitsgemeinschaft G&P + IPA + Büro fgk, 2003.
- [18] EnergieSchweiz: Untergeschosse besser dämmen. Januar 2003, Faltblatt Format A4 (BBL-Nummer 805.150.3 d).
- [19] Amt für Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL): Reduktion der Wärmeverluste bei Aufzugsanlagen. Januar 2002, Merkblatt, 4 Seiten A4.
- [20] Schweizer Ingenieur- und Architektenverband SIA: Norm SIA 180 „Wärmeschutz im Hochbau“, 1988.
- [21] Schweizer Ingenieur- und Architektenverband SIA: Norm SIA 180 „Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau“, 1999.
- [22] Europäisches Komitee für Normung CEN: EN 13829 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren“, November 2000.
- [23] Verein MINERGIE: Nutzungsreglement MINERGIE, Ausgabe Juni 2003.
- [24] Verein MINERGIE: Das MINERGIE-Haus. Faltblatt, 2001.
- [25] Zürcher Christoph, Frank Thomas: Bau und Energie, Band 2: Bauphysik. vdf Verlag, Zürich, 1997.
- [26] Arnet M. (2003, 18. Februar). Strom sparen und effizienter anwenden. St. Galler Tagblatt. Gefunden am 5. März 2003 unter <http://www.tagblatt.ch>.

- [27] Beleuchtung (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/standard-4.7htm>.
- [28] Der Weg zum Label (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/service-4.htm>.
- [29] Fenster (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/standards-4.2.htm>.
- [30] FHS Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit St. Gallen (2002). Praxistest MINERGIE. Erfahrungen aus Planung, Realisierung und Nutzung von MINERGIEbauten. Projektbeschrieb. St. Gallen, FHS.
- [31] Frauenfelder, S. (2003). MINERGIE- und PR-Strategie. Zürich: Linder Kommunikation.
- [32] Gebäudetechnik (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/standard-4.htm>.
- [33] Geräte (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/standard-4.8htm>.
- [34] Klimatisierung (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/standards-4.6.htm>.
- [35] Lüfterneuerung (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/standards-4.5.htm>.
- [36] MINERGIE – das Wichtigste (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/marke-0.htm>.
- [37] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2001). Ordnung SIA 112 2001 Leistungsmodell (1. Aufl). Muttenz: Schwabe.
- [38] Standards – MINERGIE definiert fünf Anforderungen an ein Gebäude (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/standards-0.htm>.
- [39] Stromerzeugung (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/standards-4.9.htm>.
- [40] Wand- und Dachkonstruktionen (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/standards-4.1.htm>.
- [41] Wärmeerzeugung für Raumheizung, Raumkühlung und Wassererwärmung (o.D.). Gefunden am 14. April 2003 unter <http://www.minergie.ch/standards-4.3.htm>.

16 Anhang

16.1 Auswahlkriterien der für die Auswertung der Nachweise erfassten Objekte

16.1.1 Kanton Thurgau

- Bewohnte Bauten, Gesuchsjahr 1998 bis 2000
- Unterschiedliche Wärmeerzeugung
- Aufteilung in Holzbau und Massivbau
- Alle Berechnungen nach SIA 380/1, Ausgabe 1988.

16.1.2 Kanton Appenzell AR

- Bewohnte Bauten, Gesuchsjahr 2000 bis 2002
- Unterschiedliche Wärmeerzeugung, jedoch mehrheitlich Holz mit Solar
- Mehrheitlich Holzbauten
- 4 Berechnungen nach SIA 380/1, Ausgabe 1988
1 Berechnung nach SIA 380/1, Ausgabe 2001

16.1.3 Kanton SG

- Bewohnte Bauten, Gesuchsjahr 2001 bis 2002
- Bauten auf den ganzen Kanton verteilt
- Unterschiedliche Wärmeerzeugung
- Unterschiedliche Lüftungssysteme
- 10 Berechnungen nach SIA 380/1, Ausgabe 1988
10 Berechnung nach SIA 380/1, Ausgabe 2001

16.1.4 Kanton ZH

- Bewohnte Bauten, Gesuchsjahr 1998 bis 2002
- Mehrfamilienhausbauten oder Überbauung REFH / DEFH
- Unterschiedliche Wärmeerzeugung
- Unterschiedliche Lüftungssysteme
- 17 Berechnungen nach SIA 380/1, Ausgabe 1988
3 Berechnungen nach SIA 380/1, Ausgabe 2001

16.1.5 Kanton GL

- Die Auswahl wurde durch den Kantonsvertreter getroffen, Gesuchsjahr 2002
- Ein Massivbau und ein Holzbau
- Unterschiedliche Wärmeerzeugung
- Beide Berechnungen nach SIA 380/1, 2001

16.3 Expertenverzeichnis Umfrage

Peter Forrer, SIAG, Institut für Bautechnologie, St. Gallen

Marcel Gamweger, AFU SG, Sektion Energieberatung, St. Gallen

Silvia Gemperle, FHS St.Gallen, Abteilung Bauwissenschaften, St. Gallen

Andreas Haltiner, Haltiner Energietechnik GmbH, Ingenieurbüro für Energietechnik, St. Gallen

16.4 Fragebogen Umfrage

16.4.1 Bauträgerschaft/Nutzende

Praxistest MINERGIE													
Fragebogen	Nr. 1XX												
<p>Wir freuen uns, dass Sie sich für das Ausfüllen des Fragebogens entschieden haben!</p> <p>Fragen, bei denen mehrere Antworten angekreuzt werden können, sind speziell gekennzeichnet. Ansonsten bitte wir Sie, nur eine Auswahl zu treffen. Die Personalien dienen lediglich als Hilfe für die interne Kontrolle. Ihre Angaben werden vertraulich behandelt und fliessen anonym in die Gesamtauswertung ein.</p> <p>Bitte geben Sie Ihre Personalien an:</p>													
Personalien													
Name:	Objekt:												
Vorname:	Adresse:												
Bewohner des Objektes: <input type="checkbox"/> Nutzer <input type="checkbox"/> Bauherr/Nutzer	PLZ / Ort:												
Baujahr des Objektes:													
Einstiegsfragen													
<p>1. Wie sind Sie auf MINERGIE aufmerksam geworden? (Mehrfachnennungen möglich)</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/>₁ Fachzeitschriften</td> <td><input type="checkbox"/>₂ Informationsbroschüren des Vereins MINERGIE</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₃ Internetseite http://www.minergie.ch</td> <td><input type="checkbox"/>₄ Fachmessen</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₅ Bauherrenseminare</td> <td><input type="checkbox"/>₆ Tag der offenen Türe</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₇ Referenzobjekte</td> <td><input type="checkbox"/>₈ kantonales Förderungsprogramm</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₉ Mund-zu-Mund-Propaganda</td> <td><input type="checkbox"/>₁₀ andere:</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> ₁ Fachzeitschriften	<input type="checkbox"/> ₂ Informationsbroschüren des Vereins MINERGIE	<input type="checkbox"/> ₃ Internetseite http://www.minergie.ch	<input type="checkbox"/> ₄ Fachmessen	<input type="checkbox"/> ₅ Bauherrenseminare	<input type="checkbox"/> ₆ Tag der offenen Türe	<input type="checkbox"/> ₇ Referenzobjekte	<input type="checkbox"/> ₈ kantonales Förderungsprogramm	<input type="checkbox"/> ₉ Mund-zu-Mund-Propaganda	<input type="checkbox"/> ₁₀ andere:		
<input type="checkbox"/> ₁ Fachzeitschriften	<input type="checkbox"/> ₂ Informationsbroschüren des Vereins MINERGIE												
<input type="checkbox"/> ₃ Internetseite http://www.minergie.ch	<input type="checkbox"/> ₄ Fachmessen												
<input type="checkbox"/> ₅ Bauherrenseminare	<input type="checkbox"/> ₆ Tag der offenen Türe												
<input type="checkbox"/> ₇ Referenzobjekte	<input type="checkbox"/> ₈ kantonales Förderungsprogramm												
<input type="checkbox"/> ₉ Mund-zu-Mund-Propaganda	<input type="checkbox"/> ₁₀ andere:												
<p>2. Wer gab den Anstoss zum Bau Ihres Hauses nach dem MINERGIE-Standard?</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/>₁ Nutzer</td> <td><input type="checkbox"/>₂ Bauherr</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₃ Architekt</td> <td><input type="checkbox"/>₄ Haustechnik-Planer</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₅ andere:</td> <td></td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> ₁ Nutzer	<input type="checkbox"/> ₂ Bauherr	<input type="checkbox"/> ₃ Architekt	<input type="checkbox"/> ₄ Haustechnik-Planer	<input type="checkbox"/> ₅ andere:							
<input type="checkbox"/> ₁ Nutzer	<input type="checkbox"/> ₂ Bauherr												
<input type="checkbox"/> ₃ Architekt	<input type="checkbox"/> ₄ Haustechnik-Planer												
<input type="checkbox"/> ₅ andere:													
<p>3. Was war Ihre Motivation für ein MINERGIE-Projekt? (Mehrfachnennungen möglich)</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/>₁ höherer Wohnkomfort</td> <td><input type="checkbox"/>₂ Lärmschutz</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₃ höhere Werterhaltung</td> <td><input type="checkbox"/>₄ bessere Luftqualität durch die kontrollierte Lüftung</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₅ ökologische Faktoren</td> <td><input type="checkbox"/>₆ Förderungsgelder</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₇ niedrigere Unterhaltskosten</td> <td><input type="checkbox"/>₈ tiefere Hypothekarzinsätze</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₉ zukunftsgerichtetes Bauen</td> <td><input type="checkbox"/>₁₀ technische Herausforderung</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₁₁ Trend / Modernität</td> <td><input type="checkbox"/>₁₂ andere:</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> ₁ höherer Wohnkomfort	<input type="checkbox"/> ₂ Lärmschutz	<input type="checkbox"/> ₃ höhere Werterhaltung	<input type="checkbox"/> ₄ bessere Luftqualität durch die kontrollierte Lüftung	<input type="checkbox"/> ₅ ökologische Faktoren	<input type="checkbox"/> ₆ Förderungsgelder	<input type="checkbox"/> ₇ niedrigere Unterhaltskosten	<input type="checkbox"/> ₈ tiefere Hypothekarzinsätze	<input type="checkbox"/> ₉ zukunftsgerichtetes Bauen	<input type="checkbox"/> ₁₀ technische Herausforderung	<input type="checkbox"/> ₁₁ Trend / Modernität	<input type="checkbox"/> ₁₂ andere:
<input type="checkbox"/> ₁ höherer Wohnkomfort	<input type="checkbox"/> ₂ Lärmschutz												
<input type="checkbox"/> ₃ höhere Werterhaltung	<input type="checkbox"/> ₄ bessere Luftqualität durch die kontrollierte Lüftung												
<input type="checkbox"/> ₅ ökologische Faktoren	<input type="checkbox"/> ₆ Förderungsgelder												
<input type="checkbox"/> ₇ niedrigere Unterhaltskosten	<input type="checkbox"/> ₈ tiefere Hypothekarzinsätze												
<input type="checkbox"/> ₉ zukunftsgerichtetes Bauen	<input type="checkbox"/> ₁₀ technische Herausforderung												
<input type="checkbox"/> ₁₁ Trend / Modernität	<input type="checkbox"/> ₁₂ andere:												
Seite 1													

Bauprozess							
	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	eher gut	gut	sehr gut	nicht beurteilbar
4. Wie stufen Sie die Zusammenarbeit mit folgenden Parteien ein?							
4.1 Architekt	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
4.2 Haustechnik-Planer (Bereich Lüftung)	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
4.3 Haustechnik-Planer (Bereich Heizung)	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
4.4 Bauleiter	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
4.5 Kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
4.6 Systemhersteller von Heizung, Lüftung und Gebäudehülle	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
5. Mit welchen Parteien gab es beim Erstellungsprozess Probleme und worin bestanden diese? <i>(Mehrfachnennungen möglich)</i>							
5.1 Architekt	<input type="checkbox"/> ₁ Keine Probleme beim Erstellungsprozess <input type="checkbox"/> ₂ Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/> ₃ mangelnder Kommunikation <input type="checkbox"/> ₄ Terminüberschreitungen <input type="checkbox"/> ₅ mangelndem Fachwissen <input type="checkbox"/> ₆ Kostenüberschreitungen <input type="checkbox"/> ₇ Qualitätsmängeln <input type="checkbox"/> ₈ technischen Bereichen <input type="checkbox"/> ₉ anderem:				
5.2 Haustechnik-Planer (Bereich Lüftung)	<input type="checkbox"/> ₁ Keine Probleme beim Erstellungsprozess <input type="checkbox"/> ₂ Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/> ₃ mangelnder Kommunikation <input type="checkbox"/> ₄ Terminüberschreitungen <input type="checkbox"/> ₅ mangelndem Fachwissen <input type="checkbox"/> ₆ Kostenüberschreitungen <input type="checkbox"/> ₇ Qualitätsmängeln <input type="checkbox"/> ₈ technischen Bereichen <input type="checkbox"/> ₉ anderem:				
5.3 Haustechnik-Planer (Bereich Heizung)	<input type="checkbox"/> ₁ Keine Probleme beim Erstellungsprozess <input type="checkbox"/> ₂ Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/> ₃ mangelnder Kommunikation <input type="checkbox"/> ₄ Terminüberschreitungen <input type="checkbox"/> ₅ mangelndem Fachwissen <input type="checkbox"/> ₆ Kostenüberschreitungen <input type="checkbox"/> ₇ Qualitätsmängeln <input type="checkbox"/> ₈ technischen Bereichen <input type="checkbox"/> ₉ anderem:				
5.4 Bauleiter	<input type="checkbox"/> ₁ Keine Probleme beim Erstellungsprozess <input type="checkbox"/> ₂ Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/> ₃ mangelnder Kommunikation <input type="checkbox"/> ₄ Terminüberschreitungen <input type="checkbox"/> ₅ mangelndem Fachwissen <input type="checkbox"/> ₆ Kostenüberschreitungen <input type="checkbox"/> ₇ Qualitätsmängeln <input type="checkbox"/> ₈ technischen Bereichen <input type="checkbox"/> ₉ anderem:				

5.5 **Kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle** ₁ Keine Probleme beim Erstellungsprozess
₂ Ja, Probleme bestanden in: ₃ langen Bearbeitungszeiten
₄ schlechter Erreichbarkeit
₅ mangelndem Fachwissen
₆ ungenügender Flexibilität
₇ anderem:

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	eher gut	gut	sehr gut	keine Einführung erhalten
--	---------------	----------	---------------	----------	-----	----------	---------------------------

6. Wie gut wurden Sie in die optimale Nutzung Ihres Objektes eingeführt? ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆ ₇

7. Wie gut wurden Sie über den Gebrauch und über die Wartung der kontrollierten Lüftung informiert? ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆ ₇

8. Wurden Sie in die Lüftungsplanung miteinbezogen? (Geräuschproblematik, Luftauslässe, Luftzugerscheinungen, Schalldämpfungen)
₁ Ja ₂ Nein

Nutzung

	sehr unzufrieden	unzufrieden	eher unzufrieden	eher zufrieden	zufrieden	sehr zufrieden
--	------------------	-------------	------------------	----------------	-----------	----------------

9. Wie zufrieden sind Sie mit dem Wohnkomfort Ihres MINERGIE-Hauses bezüglich folgender Punkte?

9.1 Lüfthygiene ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆

9.2 Luftfeuchtigkeit ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆

9.3 Luftzug ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆

9.4 Aussenlärm ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆

9.5 Geräuschpegel der kontrollierten Lüftung ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆

9.6 Bedienbarkeit der kontrollierten Lüftung ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆

9.7 Innenlärm vom Nachbar (Nur bei Mehrfamilienhaus ankreuzen) ₁ ₂ ₃ ₄ ₅ ₆

Seite 3

	kein Aufwand	tief	angemessen	hoch	sehr hoch	nicht beurteilbar
10. Wie hoch ist der Wartungsaufwand der kontrollierten Lüftung?	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> _{nb}
11. Schalten Sie die kontrollierte Lüftung gelegentlich aus?						
	<input type="checkbox"/> ₁ Ja		<input type="checkbox"/> ₂ Nein <small>(weiter zu Frage 12)</small>			
11.1 Wenn ja, weshalb?					
12. Wie oft betreiben Sie Fensterlüftung während der Heizperiode?						
	<input type="checkbox"/> ₁ nie <small>(weiter zu Frage 13)</small>		<input type="checkbox"/> ₂ gelegentlich		<input type="checkbox"/> ₃ täglich	
12.1 Weshalb? (Mehrfachnennungen möglich)						
	<input type="checkbox"/> ₁ schlechte Luft		<input type="checkbox"/> ₂ Temperaturregulierung		<input type="checkbox"/> ₃ Gewohnheit	
	<input type="checkbox"/> ₄ andere Gründe:					
	gar nicht	schwach	eher schwach	eher stark	stark	sehr stark
13. Wie stark achten Sie im Alltag auf einen tiefen Energieverbrauch?	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆
	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	eher gut	gut	sehr gut
14. Wie gut sind Ihre Erwartungen an das MINERGIE-Objekt erfüllt worden?	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆
15. Gibt es Einschränkungen in Bezug auf den Wohnkomfort, die durch den MINERGIE-Standard verursacht werden?						
	<input type="checkbox"/> ₁ Ja		<input type="checkbox"/> ₂ Nein <small>(weiter zu Frage 16)</small>			
15.1 Wenn ja, weshalb?					

Abschlussfragen

16. **Wo im Erstellungsprozess einer MINERGIE-Baute sehen Sie Verbesserungsmöglichkeiten?**

.....
.....
.....
.....

17. **Gibt es weitere Bemerkungen, die Ihnen im Zusammenhang mit MINERGIE wichtig erscheinen und die mit diesem Fragebogen nicht abgedeckt werden?**

.....
.....
.....
.....

18. **Werden Sie MINERGIE weiterempfehlen?**

₁ Ja ₂ Nein

18.1 **Warum?**

.....
.....
.....
.....

**Vielen Dank, dass Sie den Fragebogen ausgefüllt haben.
Ihr Beitrag hilft uns, eine aussagekräftige Studie zu erstellen.**

Bitte senden Sie den Fragebogen bis Dienstag, **7. Mai 2003** mit beiliegendem Briefumschlag an:

FHS Hochschule für Technik, Wirtschaft
und Soziale Arbeit
c/o Patricia Ehrenzeller
Sonnenbergstrasse 81
9030 Abtwil
Fax 071 311 18 09
patricia.ehrenzeller@student.fhsg.ch

16.4.2 Architekturschaffende

Praxistest MINERGIE													
Fragebogen	Nr. 2XX												
<p>Wir freuen uns, dass Sie sich für das Ausfüllen des Fragebogens entschieden haben!</p> <p>Fragen, bei denen mehrere Antworten angekreuzt werden können, sind speziell gekennzeichnet. Ansonsten bitte wir Sie, nur eine Auswahl zu treffen. Die Personalien dienen lediglich als Hilfe für die interne Kontrolle. Ihre Angaben werden vertraulich behandelt und fliessen anonym in die Gesamtauswertung ein.</p> <p>Bitte geben Sie Ihre Personalien an:</p>													
Personalien													
Firma:												
Name:												
Vorname:												
Adresse:												
PLZ / Ort:												
Einstiegsfragen													
1.	<p>Wie sind Sie auf MINERGIE aufmerksam geworden? (Mehrfachnennungen möglich)</p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/>₁ Fachzeitschriften</td> <td><input type="checkbox"/>₂ Informationsbroschüren des Vereins MINERGIE</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₃ Internetseite http://www.minergie.ch</td> <td><input type="checkbox"/>₄ Fachmessen</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₅ Bauherrenseminare</td> <td><input type="checkbox"/>₆ Tag der offenen Türe</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₇ Referenzobjekte</td> <td><input type="checkbox"/>₈ kantonales Förderungsprogramm</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₉ Mund-zu-Mund-Propaganda</td> <td><input type="checkbox"/>₁₀ andere:</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> ₁ Fachzeitschriften	<input type="checkbox"/> ₂ Informationsbroschüren des Vereins MINERGIE	<input type="checkbox"/> ₃ Internetseite http://www.minergie.ch	<input type="checkbox"/> ₄ Fachmessen	<input type="checkbox"/> ₅ Bauherrenseminare	<input type="checkbox"/> ₆ Tag der offenen Türe	<input type="checkbox"/> ₇ Referenzobjekte	<input type="checkbox"/> ₈ kantonales Förderungsprogramm	<input type="checkbox"/> ₉ Mund-zu-Mund-Propaganda	<input type="checkbox"/> ₁₀ andere:		
<input type="checkbox"/> ₁ Fachzeitschriften	<input type="checkbox"/> ₂ Informationsbroschüren des Vereins MINERGIE												
<input type="checkbox"/> ₃ Internetseite http://www.minergie.ch	<input type="checkbox"/> ₄ Fachmessen												
<input type="checkbox"/> ₅ Bauherrenseminare	<input type="checkbox"/> ₆ Tag der offenen Türe												
<input type="checkbox"/> ₇ Referenzobjekte	<input type="checkbox"/> ₈ kantonales Förderungsprogramm												
<input type="checkbox"/> ₉ Mund-zu-Mund-Propaganda	<input type="checkbox"/> ₁₀ andere:												
2.	<p>Wer gibt den Anstoss zum Bau eines Hauses nach dem MINERGIE-Standard?</p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/>₁ Nutzer</td> <td><input type="checkbox"/>₂ Bauherr</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₃ Architekt</td> <td><input type="checkbox"/>₄ Haustechnik-Planer</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₅ andere:</td> <td></td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> ₁ Nutzer	<input type="checkbox"/> ₂ Bauherr	<input type="checkbox"/> ₃ Architekt	<input type="checkbox"/> ₄ Haustechnik-Planer	<input type="checkbox"/> ₅ andere:							
<input type="checkbox"/> ₁ Nutzer	<input type="checkbox"/> ₂ Bauherr												
<input type="checkbox"/> ₃ Architekt	<input type="checkbox"/> ₄ Haustechnik-Planer												
<input type="checkbox"/> ₅ andere:													
3.	<p>Was ist Ihre Motivation für ein MINERGIE-Projekt? (Mehrfachnennungen möglich)</p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/>₁ höherer Wohnkomfort</td> <td><input type="checkbox"/>₂ Lärmschutz</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₃ höhere Werterhaltung</td> <td><input type="checkbox"/>₄ bessere Luftqualität durch die kontrollierte Lüftung</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₅ ökologische Faktoren</td> <td><input type="checkbox"/>₆ Förderungsgelder</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₇ niedrigere Unterhaltskosten</td> <td><input type="checkbox"/>₈ tiefere Hypothekarzinsätze</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₉ zukunftsgerichtetes Bauen</td> <td><input type="checkbox"/>₁₀ technische Herausforderung</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/>₁₁ Trend / Modernität</td> <td><input type="checkbox"/>₁₂ andere:</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> ₁ höherer Wohnkomfort	<input type="checkbox"/> ₂ Lärmschutz	<input type="checkbox"/> ₃ höhere Werterhaltung	<input type="checkbox"/> ₄ bessere Luftqualität durch die kontrollierte Lüftung	<input type="checkbox"/> ₅ ökologische Faktoren	<input type="checkbox"/> ₆ Förderungsgelder	<input type="checkbox"/> ₇ niedrigere Unterhaltskosten	<input type="checkbox"/> ₈ tiefere Hypothekarzinsätze	<input type="checkbox"/> ₉ zukunftsgerichtetes Bauen	<input type="checkbox"/> ₁₀ technische Herausforderung	<input type="checkbox"/> ₁₁ Trend / Modernität	<input type="checkbox"/> ₁₂ andere:
<input type="checkbox"/> ₁ höherer Wohnkomfort	<input type="checkbox"/> ₂ Lärmschutz												
<input type="checkbox"/> ₃ höhere Werterhaltung	<input type="checkbox"/> ₄ bessere Luftqualität durch die kontrollierte Lüftung												
<input type="checkbox"/> ₅ ökologische Faktoren	<input type="checkbox"/> ₆ Förderungsgelder												
<input type="checkbox"/> ₇ niedrigere Unterhaltskosten	<input type="checkbox"/> ₈ tiefere Hypothekarzinsätze												
<input type="checkbox"/> ₉ zukunftsgerichtetes Bauen	<input type="checkbox"/> ₁₀ technische Herausforderung												
<input type="checkbox"/> ₁₁ Trend / Modernität	<input type="checkbox"/> ₁₂ andere:												
Seite 1													

Bauprozess							
		sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	eher gut	gut	sehr gut nicht beurteilbar
4. Wie stufen Sie die Zusammenarbeit mit folgenden Parteien ein?							
4.1 Bauherren/Nutzer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.2 Haustechnik-Planer (Bereich Lüftung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.3 Haustechnik-Planer (Bereich Heizung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.4 Bauleiter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.5 Kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Mit welchen Parteien gab es beim Erstellungsprozess Probleme und worin bestanden diese? <i>(Mehrfachnennungen möglich)</i>							
5.1 Bauherren/Nutzer	<input type="checkbox"/>	Keine Probleme in der Vergangenheit					
	<input type="checkbox"/>	Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/>	mangelnder Kommunikation		
				<input type="checkbox"/>	Zeitdruck		
				<input type="checkbox"/>	nicht realisierbaren Wünschen		
				<input type="checkbox"/>	Kostendruck		
				<input type="checkbox"/>	anderem:		
5.2 Haustechnik-Planer (Bereich Lüftung)	<input type="checkbox"/>	Keine Probleme in der Vergangenheit					
	<input type="checkbox"/>	Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/>	mangelnder Kommunikation		
				<input type="checkbox"/>	Terminüberschreitungen		
				<input type="checkbox"/>	mangelndem Fachwissen		
				<input type="checkbox"/>	Kostenüberschreitungen		
				<input type="checkbox"/>	Qualitätsmängeln		
				<input type="checkbox"/>	technischen Bereichen		
				<input type="checkbox"/>	anderem:		
5.3 Haustechnik-Planer (Bereich Heizung)	<input type="checkbox"/>	Keine Probleme in der Vergangenheit					
	<input type="checkbox"/>	Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/>	mangelnder Kommunikation		
				<input type="checkbox"/>	Terminüberschreitungen		
				<input type="checkbox"/>	mangelndem Fachwissen		
				<input type="checkbox"/>	Kostenüberschreitungen		
				<input type="checkbox"/>	Qualitätsmängeln		
				<input type="checkbox"/>	technischen Bereichen		
				<input type="checkbox"/>	anderem:		
5.4 Bauleiter	<input type="checkbox"/>	Keine Probleme in der Vergangenheit					
	<input type="checkbox"/>	Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/>	mangelnden Baukontrollen		
				<input type="checkbox"/>	mangelnder Kommunikation		
				<input type="checkbox"/>	mangelndem Fachwissen		
				<input type="checkbox"/>	Terminüberschreitungen		
				<input type="checkbox"/>	Qualitätsmängeln		
				<input type="checkbox"/>	technischen Bereichen		
				<input type="checkbox"/>	Abweichungen in der Auftragsausführung		
				<input type="checkbox"/>	Budgeteinhaltung		
				<input type="checkbox"/>	anderem:		

5.5 Kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle ₁ Keine Probleme in der Vergangenheit
₂ Ja, Probleme bestanden in: ₃ langen Bearbeitungszeiten
₄ schlechter Erreichbarkeit
₅ mangelndem Fachwissen
₆ ungenügender Flexibilität
₇ anderem:

6. Wie stufen Sie die Unterstützung durch die folgenden Systemhersteller ein?

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	eher gut	gut	sehr gut	nicht beurteilbar
6.1 Systemhersteller der Heizung	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
6.2 Systemhersteller der Lüftung	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
6.3 Systemhersteller der Gebäudehülle (Fenster, Dämmungssysteme)	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}

7. Wird für die Lüftung ein Fachplaner beigezogen?
₁ Ja ₂ Nein (Weiter zu Frage 8)

7.1 Wenn ja, zu welchem Zeitpunkt? (Mehrfachnennungen möglich)
₁ strategische Planung / Vorstudie ₂ Projektierung
₃ Ausschreibung ₄ späterer Zeitpunkt

8. Wird für die Heizung ein Fachplaner beigezogen?
₁ Ja ₂ Nein (Weiter zu Frage 9)

8.1 Wenn ja, zu welchem Zeitpunkt? (Mehrfachnennungen möglich)
₁ strategische Planung / Vorstudie ₂ Projektierung
₃ Ausschreibung ₄ späterer Zeitpunkt

9. Wie wichtig sind Ihnen die folgenden Kriterien bei der Erstellung der MINERGIE-Konzepte?

	sehr unwichtig	unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	wichtig	sehr wichtig
9.1 optimale Wärmedämmung	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆
9.2 kontrollierte Lüftung	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆
9.3 energieeffiziente Heizung	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆
9.4 hochisolierende Fenster	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆
9.5 erneuerbare Energie	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆
9.6 Gebäudekonzept (Ausrichtung, Kompaktheit etc.)	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆

Seite 3

		sehr tief	tief	eher tief	eher hoch	hoch	sehr hoch
10. Wie beurteilen Sie den Erfahrungswert Ihres Bauleiters, respektive Ihrer Bauleiter bezüglich MINERGIE?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Bei welchen Phasen ist ein grösseres Engagement des Bauleiters gegenüber konventionellen Bauten nötig?				nicht nötig	nötig	dringend nötig	
11.1 Einbau Wärmedämmungen (Aussenwand und Dach)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
11.2 Einbau der Wärmedämmungen im Untergeschoss	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
11.3 Einbau der Dämmung im Unterlagsboden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
11.4 Versetzen des Erdregisters der Lüftung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
11.5 Einlegen von Lüftungsrohren in Betondecken / Holzbauelemente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
11.6 Einbau der Wärmeverteilung (Fussbodenheizung etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
11.7 Installation der Wärmeerzeugung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
11.8 Inbetriebnahme der Wärmeerzeugung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
11.9 Installation der Lüftungsanlage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
11.10 Inbetriebnahme der Lüftungsanlage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
11.11 Kontrolle der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
12. Wer überwacht in Ihrem Betrieb die Umsetzung des MINERGIE-Standards?							
<input type="checkbox"/> ₁ Architekt				<input type="checkbox"/> ₂ Bauleiter			
<input type="checkbox"/> ₃ Projektleiter				<input type="checkbox"/> ₄ niemand			
<input type="checkbox"/> ₅ Fachplaner				<input type="checkbox"/> ₆ andere:			
13. Mit welchen Mitteln stellen Sie die Qualität sicher? <i>(Mehrfachnennungen möglich)</i>							
<input type="checkbox"/> ₁ Qualitätsleitfaden				<input type="checkbox"/> ₂ betriebsinternes Qualitätsmanagement			
<input type="checkbox"/> ₃ Pflichtenheft				<input type="checkbox"/> ₄ SIA Norm 118			
<input type="checkbox"/> ₅ ISO-Zertifizierung				<input type="checkbox"/> ₆ keine Massnahmen			
<input type="checkbox"/> ₇ andere:							
14. Welche Abweichungen zwischen der Eingabe des MINERGIE-Projektes und der Realisierung sind bei Ihnen schon aufgetreten? <i>(Mehrfachnennungen möglich)</i>							
<input type="checkbox"/> ₁ keine Abweichungen in der Vergangenheit <small>(Weiter zu Frage 15)</small>							
<input type="checkbox"/> ₂ Wahl von günstigeren Materialien (Wärmedämmung, Fenster, etc.)							
<input type="checkbox"/> ₃ Wahl von günstigeren Haustechnik-Komponenten							
<input type="checkbox"/> ₄ Abweichungen von der Energiebezugsfläche							
<input type="checkbox"/> ₅ Abweichungen vom Wärmedämmperimeter							
<input type="checkbox"/> ₆ Abweichungen aufgrund von Bauherrenwünschen							
<input type="checkbox"/> ₇ Abweichungen aufgrund technischer Fortschritte							
<input type="checkbox"/> ₈ andere:							

14.1	Sind Sie hierfür rechtzeitig informiert worden?	
	<input type="checkbox"/> ₁ Ja <input type="checkbox"/>₂ Nein	
	sehr schlecht schlecht eher schlecht eher gut gut sehr gut keine Einführung erhalten	
	15. Wie gut werden aus Ihrer Sicht die Nutzer in den Gebrauch und in die Wartung der kontrollierten Lüftung eingeführt?	<input type="checkbox"/> ₁ <input type="checkbox"/> ₂ <input type="checkbox"/> ₃ <input type="checkbox"/> ₄ <input type="checkbox"/> ₅ <input type="checkbox"/> ₆ <input type="checkbox"/> ₇
	kein Mehraufwand klein eher klein eher gross gross nicht beurteilbar	
	16. Wie gross schätzen Sie den Mehraufwand für die folgenden Berechnungen im MINERGIE-Nachweis ein?	
16.1	Berechnung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1	<input type="checkbox"/> ₁ <input type="checkbox"/> ₂ <input type="checkbox"/> ₃ <input type="checkbox"/> ₄ <input type="checkbox"/> ₅ <input type="checkbox"/> _{nb}
16.2	Bestimmung der kontrollierten Lüftung	<input type="checkbox"/> ₁ <input type="checkbox"/> ₂ <input type="checkbox"/> ₃ <input type="checkbox"/> ₄ <input type="checkbox"/> ₅ <input type="checkbox"/> _{nb}
16.3	Bestimmung der Wärmeerzeugung	<input type="checkbox"/> ₁ <input type="checkbox"/> ₂ <input type="checkbox"/> ₃ <input type="checkbox"/> ₄ <input type="checkbox"/> ₅ <input type="checkbox"/> _{nb}
16.4	Berechnung der gewichteten Energiekennzahl	<input type="checkbox"/> ₁ <input type="checkbox"/> ₂ <input type="checkbox"/> ₃ <input type="checkbox"/> ₄ <input type="checkbox"/> ₅ <input type="checkbox"/> _{nb}
	sehr schwer schwer eher schwer eher einfach einfach sehr einfach nicht beurteilbar	
	17. Wie lassen sich die Formulare des MINERGIE-Nachweises handhaben?	<input type="checkbox"/> ₁ <input type="checkbox"/> ₂ <input type="checkbox"/> ₃ <input type="checkbox"/> ₄ <input type="checkbox"/> ₅ <input type="checkbox"/> ₆ <input type="checkbox"/> _{nb}

Abschlussfragen	
18.	Wo im Erstellungsprozess einer MINERGIE-Baute sehen Sie Verbesserungsmöglichkeiten?
19.	Gibt es weitere Bemerkungen, die Ihnen im Zusammenhang mit MINERGIE wichtig erscheinen und die mit diesem Fragebogen nicht abgedeckt werden?
20.	Werden Sie MINERGIE weiterempfehlen? <input type="checkbox"/> ₁ Ja <input type="checkbox"/> ₂ Nein
20.1	Warum?
Vielen Dank, dass Sie den Fragebogen ausgefüllt haben. Ihr Beitrag hilft uns, eine aussagekräftige Studie zu erstellen.	
Bitte senden Sie den Fragebogen bis Dienstag, 7. Mai 2003 mit beiliegendem Briefumschlag an: FHS Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit c/o Patricia Ehrenzeller Sonnenbergstrasse 81 9030 Abtwil Fax 071 311 18 09 patricia.ehrenzeller@student.fhsg.ch	
Seite 6	

16.4.3 Haustechnik-Planende

Praxistest MINERGIE		Nr. 3XX
Fragebogen		
<p>Wir freuen uns, dass Sie sich für das Ausfüllen des Fragebogens entschieden haben!</p> <p>Fragen, bei denen mehrere Antworten angekreuzt werden können, sind speziell gekennzeichnet. Ansonsten bitte wir Sie, nur eine Auswahl zu treffen. Die Personalien dienen lediglich als Hilfe für die interne Kontrolle. Ihre Angaben werden vertraulich behandelt und fließen anonym in die Gesamtauswertung ein.</p> <p>Bitte geben Sie Ihre Personalien an:</p>		
Personalien		
Firma:	In welchem Fachbereich sind Sie tätig?	
Name:	<i>(Mehrfachnennungen möglich)</i>	
Vorname:	<input type="checkbox"/> ₁ Heizung	<input type="checkbox"/> ₂ Lüftung
Adresse:	<input type="checkbox"/> ₃ Sanitär	<input type="checkbox"/> ₄ Energieberatung
PLZ / Ort:	<input type="checkbox"/> ₅ andere:	
Einstiegsfragen		
1. Wie sind Sie auf MINERGIE aufmerksam geworden? <i>(Mehrfachnennungen möglich)</i>		
<input type="checkbox"/> ₁ Fachzeitschriften	<input type="checkbox"/> ₂ Informationsbroschüren des Vereins MINERGIE	
<input type="checkbox"/> ₃ Internetseite http://www.minergie.ch	<input type="checkbox"/> ₄ Fachmessen	
<input type="checkbox"/> ₅ Bauherrenseminare	<input type="checkbox"/> ₆ Tag der offenen Türe	
<input type="checkbox"/> ₇ Referenzobjekte	<input type="checkbox"/> ₈ kantonales Förderungsprogramm	
<input type="checkbox"/> ₉ Mund-zu-Mund-Propaganda	<input type="checkbox"/> ₁₀ andere:	
2. Wer gibt den Anstoss zum Bau eines Hauses nach dem MINERGIE-Standard?		
<input type="checkbox"/> ₁ Nutzer	<input type="checkbox"/> ₂ Bauherr	
<input type="checkbox"/> ₃ Architekt	<input type="checkbox"/> ₄ Haustechnik-Planer	
<input type="checkbox"/> ₅ andere:		
3. Was ist Ihre Motivation für ein MINERGIE-Projekt? <i>(Mehrfachnennungen möglich)</i>		
<input type="checkbox"/> ₁ höherer Wohnkomfort	<input type="checkbox"/> ₂ Lärmschutz	
<input type="checkbox"/> ₃ höhere Werterhaltung	<input type="checkbox"/> ₄ bessere Luftqualität durch die kontrollierte Lüftung	
<input type="checkbox"/> ₅ ökologische Faktoren	<input type="checkbox"/> ₆ Förderungsgelder	
<input type="checkbox"/> ₇ niedrigere Unterhaltskosten	<input type="checkbox"/> ₈ tiefere Hypothekarzinsätze	
<input type="checkbox"/> ₉ zukunftsgerichtetes Bauen	<input type="checkbox"/> ₁₀ technische Herausforderung	
<input type="checkbox"/> ₁₁ Trend / Modernität	<input type="checkbox"/> ₁₂ andere:	
Seite 1		

Bauprozess							
	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	eher gut	gut	sehr gut	nicht beurteilbar
4. Wie stufen Sie die Zusammenarbeit mit folgenden Parteien ein?							
4.1 Bauherren/Nutzer	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
4.2 Architekten	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
4.3 Bauleiter	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
4.4 Kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₆	<input type="checkbox"/> _{nb}
5. Mit welchen Parteien gab es beim Erstellungsprozess Probleme und worin bestanden diese? <i>(Mehrfachnennungen möglich)</i>							
5.1 Bauherren/Nutzer							
<input type="checkbox"/> ₁ Keine Probleme in der Vergangenheit							
<input type="checkbox"/> ₂ Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/> ₃ mangelnder Kommunikation <input type="checkbox"/> ₄ Zeitdruck <input type="checkbox"/> ₅ nicht realisierbaren Wünschen <input type="checkbox"/> ₆ Kostendruck <input type="checkbox"/> ₇ anderem:					
5.2 Architekten							
<input type="checkbox"/> ₁ Keine Probleme in der Vergangenheit							
<input type="checkbox"/> ₂ Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/> ₃ mangelnder Kommunikation <input type="checkbox"/> ₄ Terminüberschreitungen <input type="checkbox"/> ₅ mangelndem Fachwissen <input type="checkbox"/> ₆ ungenauen Plänen <input type="checkbox"/> ₇ Qualitätsmängeln <input type="checkbox"/> ₈ technischen Bereichen <input type="checkbox"/> ₉ anderem:					
5.3 Bauleiter							
<input type="checkbox"/> ₁ Keine Probleme in der Vergangenheit							
<input type="checkbox"/> ₂ Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/> ₃ mangelnden Baukontrollen <input type="checkbox"/> ₄ mangelnder Kommunikation <input type="checkbox"/> ₅ mangelndem Fachwissen <input type="checkbox"/> ₆ Terminüberschreitungen <input type="checkbox"/> ₇ Qualitätsmängeln <input type="checkbox"/> ₈ technischen Bereichen <input type="checkbox"/> ₉ Abweichungen in der Auftragsausführung <input type="checkbox"/> ₁₀ anderem:					
5.4 Kantonale MINERGIE-Zertifizierungsstelle							
<input type="checkbox"/> ₁ Keine Probleme in der Vergangenheit							
<input type="checkbox"/> ₂ Ja, Probleme bestanden in:		<input type="checkbox"/> ₃ langen Bearbeitungszeiten <input type="checkbox"/> ₄ schlechter Erreichbarkeit <input type="checkbox"/> ₅ mangelndem Fachwissen <input type="checkbox"/> ₆ ungenügender Flexibilität <input type="checkbox"/> ₇ anderem:					

	sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	eher gut	gut	sehr gut	keine Einführung erhalten
10. Wie gut werden aus Ihrer Sicht die Nutzer in den Gebrauch und die Wartung der kontrollierten Lüftung eingeführt?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7

	kein Mehraufwand	klein	eher klein	eher gross	gross	nicht beurteilbar
11. Wie gross schätzen Sie den Mehraufwand für die folgenden Berechnungen im MINERGIE-Nachweis ein?						
11.1 Berechnung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> nb
11.2 Bestimmung der kontrollierten Lüftung	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> nb
11.3 Bestimmung der Wärmeerzeugung	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> nb
11.4 Berechnung der gewichteten Energiekennzahl	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> nb

	sehr schwer	schwer	eher schwer	eher einfach	einfach	sehr einfach	nicht beurteilbar
12. Wie lassen sich die Formulare des MINERGIE-Nachweises handhaben?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> nb

Seite 4

Abschlussfragen	
13.	Wo im Erstellungsprozess einer MINERGIE-Baute sehen Sie Verbesserungsmöglichkeiten?
14.	Gibt es weitere Bemerkungen, die Ihnen im Zusammenhang mit MINERGIE wichtig erscheinen und die mit diesem Fragebogen nicht abgedeckt werden?
15.	Werden Sie MINERGIE weiterempfehlen? <input type="checkbox"/> ₁ Ja <input type="checkbox"/> ₂ Nein
15.1	Warum?
Vielen Dank, dass Sie den Fragebogen ausgefüllt haben. Ihr Beitrag hilft uns, eine aussagekräftige Studie zu erstellen.	
Bitte senden Sie den Fragebogen bis Dienstag, 7. Mai 2003 mit beiliegendem Briefumschlag an: FHS Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit c/o Patricia Ehrenzeller Sonnenbergstrasse 81 9030 Abtwil Fax 071 311 18 09 patricia.ehrenzeller@student.fhsg.ch	
Seite 5	

16.4.4 Begleitbrief Fragebogen

St. Gallen, im April 2003

Wie zufrieden sind Sie mit dem MINERGIE-Standard?

Sehr geehrter Herr

Wir sind Studierende an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit St. Gallen, Studienbereich Wirtschaft. Wir erstellen im Auftrag der Kantone St. Gallen, Glarus, Thurgau, Zürich und Appenzell Ausserrhoden eine Umfrage, die den Erfolg von MINERGIE-Bauten in der Praxis untersucht.

Bis heute konnten die Energiefachstellen der Kantone über 1800 MINERGIE-Bauten zertifizieren. Auch in Zukunft darf man erwarten, dass vermehrt nach MINERGIE-Standard gebaut wird.

Ziel des Projektes ist es deshalb, die Qualität des Erstellungsprozesses eines MINERGIE-Gebäudes zu untersuchen. Daher befragen wir Bauherren/Nutzer, Architekten und Haustechnik-Planer, die an der Entstehung eines Objektes beteiligt waren. Aufgrund Ihrer Aussagen möchten wir Massnahmenvorschläge zur Optimierung des MINERGIE-Standards ableiten.

Ihre Erfahrungen, die Sie während der Planungs-, Realisierungs- und Nutzungsphase sammeln konnten, interessieren uns. Bitte nehmen Sie sich 10 Minuten Zeit, den Fragebogen auszufüllen. Denn mit Ihren Antworten helfen Sie mit, den Prozessablauf einer MINERGIE-Baute zu verbessern. Selbstverständlich werden die Angaben vertraulich behandelt.

Gerne erwarten wir den ausgefüllten Fragebogen bis **22. April 2003** im beigelegten Briefumschlag.

Für Ihre Bemühungen danken wir Ihnen bestens.

Freundliche Grüsse

Patricia Ehrenzeller
Beauftragte der Projektgruppe

Mit Ihrem Beitrag helfen sie mit, den Minergie-Standard noch attraktiver zu gestalten!

16.4.5 Begleitbrief Nachfassaktion

St. Gallen, im April 2003

Erinnern Sie sich an uns?

Wir erstellen den Praxistest MINERGIE für die Kantone

Sehr geehrte Damen und Herren

Anfang April haben wir im Auftrag der Kantone St. Gallen, Graubünden, Glarus, Zürich und Appenzell Ausserrhoden einen Fragebogen verschickt. Ihre Erfahrungen im Prozessablauf einer MINERGIE-Baute interessieren uns nach wie vor.

Für die bereits eingesandten Fragebogen bedanken wir uns herzlich.

Um ein aussagekräftiges Ergebnis für unseren Auftraggeber zu erhalten, sind wir auf viele Meinungen angewiesen. Mit Ihrer Beurteilung ermöglichen Sie es den Kantonen, die Prozesse in der Entstehung einer MINERGIE-Baute zu optimieren.

Bitte nehmen Sie sich 10 Minuten Zeit für das Ausfüllen und senden Sie uns den Fragebogen bis **5. Mai 2003** im beigelegten Briefumschlag zurück.

Für Ihre Bemühungen danken wir Ihnen bestens.

Freundliche Grüsse

Patricia Ehrenzeller
Beauftragte der Projektgruppe

Ihr Beitrag ermöglicht Verbesserungen im MINERGIE-Standard!

16.5 Formular Ausführungskontrolle

Amt für Umweltschutz (AFU)		Baudepartement
Lämmli brunnenstrasse 54, 9001 St.Gallen		des Kantons St.Gallen
Telefon 071 229 30 88, Fax 071 229 39 64		

Checkliste B - Ausführungskontrolle bei MINERGIE®-Bauten

Projekt _____

Genaue Adresse _____

Label - Nr _____ Geschäfts-ID _____

Eigentümer/in: _____

Adresse: _____

Tel-Nr. / Fax _____

Datum der Ausführungskontrolle _____

Anwesende Ausführungskontrolle _____

Ausführungskontrolle abgeschlossen
 weitere Ausführungskontrolle notwendig

Begründung _____

Name / Visum Antragsteller / Vertr. _____

Visum Prüfung Minergie _____

a) Baukonstruktion

Kategorie	Bauteil	Werte resp. Bezeichnung gemäss Plan	Werte resp. Bezeichnung bei Kontrolle	kontrolliert	
				Datum	Visum
Wärmedämmung (WD)	Wand [cm]				
	Dach [cm]				
	Boden zu unbeheizt [cm]				
	Decke zu unbeheizt [cm]				
	Wände zu unbeheizt [cm]				
	Materialien analog Eingabe				
Fenster	Rahmenqualität [Holz, Holz/Metall, Kunststoff]				
	Rahmenanteil				
	Glasqualität [U-Wert]				
Wärmebrücken	Balkonplatte Vordach				
	Unterberechnung der Dämmschicht				
	Gebäudekanten				
	Fensterrahmenverbreiterung / Rollladenkasten				
	Fensteranschlag				
	Punktuelle Durchdringungen				

Amt für Umweltschutz (AFU)
 Lämmli brunnenstrasse 54, 9001 St.Gallen
 Telefon 071 229 30 88, Fax 071 229 39 64



Baudepartement
 des Kantons St.Gallen

b) Haustechnik

Kategorie	Gerät	Werte resp. Bezeichnung, gemäss Plan	Werte resp. Bezeichnung bei Kontrolle	kontrolliert	
				Datum	Visum
Lüftung	Art des Lüftungssystems				
	Produkt (Typenschild)				
	Leistungen und Luftmengen [W, m³/h]				
	WRG-Wirkungsgrad				
	Anzahl Ein-/ Auslässe				
	Anlage in Betrieb		Ja / Nein		
Wärmeerzeugung	Energieträger				
	Produkt (Typenschild)				
	Leistung [kW]				
	Elektro-Einsatz [kW]				
	Anlage in Betrieb		Ja / Nein		
Warmwasser	Energieträger				
	Produkt (Typenschild)				
	Elektro-Einsatz [kW]				
	Anlage in Betrieb		Ja / Nein		
erneuerbare Energieträger	Sonnenkollektoren [m², SPF-Nr.]				
	Fotovoltaik [kW _p]				
	Anlage in Betrieb		Ja / Nein		
Wärmeverteilung	Bodenheizung [m²]				
	Heizwände [m²]				
	Leitungsämmung [cm]				
	Anlage in Betrieb		Ja / Nein		
Beleuchtung Nach SIA 380/4	Leuchtkörper		gemäss Eingabe		
	Anordnung		gemäss Eingabe		
	Präsenzmelder	Ja / Nein	Ja / Nein		
	Tageslicht geregelt	Ja / Nein	Ja / Nein		
Leistungs- garantien energie schweiz	Wärmepumpe	vorhanden	nachreichen		
	Solaranlage	vorhanden	nachreichen		
	Holzfeuerung	vorhanden	nachreichen		

Vorbehalte / Mängel / Bemerkungen

16.6 Fragenkatalog Begleitung Ausführungsphase

Planung / Projektierung

1. Wann wurde der Entscheid gefällt, im MINERGIE-Standard zu bauen? (SIA112)
 - Phase 1, Strategische Planung
 - Phase 2, Vorstudie
 - Phase 31, Vorprojekt
 - Phase 32, Bauprojekt
 - Phase 4, Ausschreibung
 - Phase 5, Realisierung
 - weitere:
2. Wer gab den Anstoss dazu?
 - Bauherr
 - Architekt
 - Fachplaner
 - weitere:
- 3.1 War jemand davon nicht begeistert?
 - Bauherr
 - Architekt
 - Fachplaner
 - weitere:
- 3.2 Wenn ja, weshalb?
4. Welche konzeptionelle Kriterien waren wichtig beim Entwurf? (Orientierung, Kompaktheit, Innere Abläufe, etc.)
5. Wie wurden diese umgesetzt?
6. Wie sah der genaue Ablauf der Planung aus? (Nach SIA 112, anderes?)
7. Was war anders bei der Ausführungsplanung im Gegensatz zu einem konventionellen Gebäude?
8. Wann und wie wurde die Konstruktionsweise festgelegt? (Massivbau, Holzbauweise, etc.) Weshalb wurde sie gewählt?
- 9.1 War die Planung der Konstruktionsdetails schwieriger als bei konventionellen Bauten? (Bsp: Anschluss Dach-Wand)
- 9.2 Wenn ja, wo lagen die Schwierigkeiten?
- 10.1 Sind Schwierigkeiten beim Erstellen des Leistungsverzeichnisses aufgetreten?
- 10.2 Wenn ja, welche?
11. Wo gibt es Abweichungen in der Ausführungsplanung im Vergleich zum Projekt? Welche?

Ausführung / Bauablauf

12. Wie weit fortgeschritten war der Planungsstand bei Baubeginn? Was war bereits definiert?
13. Was ist anders im Vergleich zu einem normalen Gebäude im Bauablauf?
14. Gibt es Dinge, die anders sind als bei einer normalen Baustellenorganisation? Welche?
- 15.1 Sind verschärfte Kontrollen notwendig?
- 15.2 Wenn ja: zu welchem Zeitpunkt und Thema?
16. Wie sieht die Verarbeitung der dicken Dämmungen aus? Wo gibt es Probleme?
17. Wie werden die Anschlussdetails ausgeführt? Hatten die Handwerker Probleme damit?
18. Muss mit Mehraufwand seitens der Handwerker gerechnet werden? Wo?
19. Wie wurde die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle in der Planung berücksichtigt?
20. Wie wird diese in der Ausführung kontrolliert? Und wer ist dafür verantwortlich?
21. Wurde dies im Leistungsverzeichnis berücksichtigt?
22. Sind n_{50} -Messungen (Blower-Door-Messungen) gemacht worden? Wann?

Wärmeerzeugung

23. Wie ist die gesamte Wärmeerzeugung konzipiert? (Konzept, Verteilung, etc.) Begründung?
24. Nach welchen Kriterien wurden die einzelnen Komponenten ausgewählt?
25. Wer übernahm die Ausführungsplanung der Anlage? Und wie sah das Auftragsverhältnis dazu aus?
26. Wo traten Schwierigkeiten in der Planung auf? Warum?
27. Wie verlief die Ausführung der geplanten Anlage?
28. Gab es Abweichungen in der Ausführung gegenüber der Planung? Welche?
29. Wo traten Probleme auf? Warum?

Lüftung

30. Was für eine Lüftungsanlage wird eingebaut? (Konzept, Verteilung, etc) Begründung?
31. Wann wurde entschieden, das Gebäude mit einer kontrollierten Lüftung auszustatten?
32. Wer übernahm die Ausführungsplanung der Anlage?
33. Wie sah das Auftragsverhältnis für die Planung aus?
34. Nach welchen (konzeptionellen) Kriterien wurde die Lüftungsanlage geplant? (Geräuschlosigkeit, günstig, einfach zu bedienen, kaum Unterhalt, niedriger Stromverbrauch, geringer Platzbedarf, mögl. kleine Luftmengen, Low-Tech-Anlage, etc.)
35. Nach welchen Kriterien wurden die einzelnen Komponenten der Lüftungsanlage ausgewählt?
36. Wo traten Schwierigkeiten in der Planung auf? Warum?
37. Worauf wurde bei der Ausschreibung speziell geachtet?
38. Wie verlief die Ausführung der geplanten Anlage?
39. Gab es Abweichungen gegenüber der Planung? Welche?
40. Wo traten Probleme auf?
- 41.1 Findet eine Inbetriebnahme statt? Wenn ja, wie sieht diese aus?
- 41.2 Teilnehmende?
- 41.3 Zeitpunkt?
- 41.4 Protokoll?
- 41.5 Wie und wann werden die Luftmengen einreguliert?
42. In welcher Form wird die Bauherrschaft über den zukünftigen Betrieb und Unterhalt ihrer Anlage informiert?

Inbetriebnahme und Übergabe des Gebäudes

43. Wie werden die zukünftigen Bewohner über die Benützung ihres Hauses informiert? Wie und wann?
44. Wie werden sie über die Funktion und Unterhalt der Lüftung aufmerksam gemacht? Wissen sie danach, wie häufig die Anlage gewartet werden sollte?
45. Wird ein Unterhaltsplan erstellt? Wenn ja, in welcher Form?

Allgemeines

46. Welche Erfahrungen haben sie mit der Planung eines MINERGIE-Gebäudes gemacht?
47. Was würden sie ein nächstes Mal anders angehen?

16.7 Antworten der befragten Fachpersonen Begleitung Ausführungsphase

Objektname	ERH Leinherr, Gans	P. Ganzenben (Int.)	P. Schibli (Planer)	A. Haltner (Planer)	Bühler/Schaffner (Arch)	Zülig (Bauleitung)	EFH Trubass, Marbach	MRH-Überbauung Hompell, St. Gallen	6 EFH Blumenweg, Engelburg	EFH mit Büroanbau, Salaz
Beifrage	W. Versch (Arch.)						R. Schürpf (Arch., Bauleitung, Untern.)	T. Müller, HRS (Bauleitung)	Widberger (Bauleitung), Deviz (Ausführungsplanung)	U. Ryner (Architekt, Bauleiter)
4	Orientierung			Fassadengestaltung, Dämmparameter, Nachweis	Installation zentral, kompakt, energie	Dämmstärke, Luftdichtheit	Orientierung, Hobbausystem	Mingler-Entscheid nach Projektgehalt	Orientierung, Leitungsführung, Kompaktheit	Orientierung
7	Lüftung				Fenstergrößen, Konstruktionsbau		Nichts	Dohiere Gebäudülle, Fenstereinschlüsse, Dämmstärken	Frühe Planung Hobbau	Frühe Planung Haus Technik und Hobbau
8	Holzleimbau Kosten Platzbedarf			Holzleimbau: Kosten, Befähigkeit, Ökologie	Holzleimbau: Kosten, Platzbedarf, Optik	Holzleimbau: Platzbedarf, subjektive Gründe	Von Anfang an Hobbau, da spezialisiert	AWD, Kosten, Ästhetik	Mischbauweise: Statik, Wünsche	Hobbau Stecksystem, Bauherrenwunsch, Ökologie
9.1	Nein			Nein	Ja, Mehraufwand für Optimierung Wärmehüllen	Nein	Nein	Nein	Ja, energet. Optimierung Konstruktionen	Nein
9.2	Produktivität eingeschränkt				Festlegung Dampfsperre	Koordination Installation, install. nicht in Außenwand	Rollädenkasten, Vordach	Bauleranz nicht berücksichtigt, Habschleudere zu undicht	Luftdichtheit Bauphysik	
10.1	Nein			Nein		Nein	Nein	Nein	Ja, Holzbau	Nein
10.2						Materialbezug (Dämmung)				
11	Koordination Lüftung			Keine		Koordination Installationen	Keine	Koordination Haus Technik	Koordination Fachplaner	Frühzeitige Planung Installationen
12	Alias			Konzept		Rohbau.	Alias ausser	Alias festgelegt	Rohbau und	Alias ausser

16.8 Berechnung des flächenbezogenen Luftvolumenstroms

Annahmen:

- Nutzungsart: Einfamilienhaus (1)
- Gebäudevolumen: 550 m³ (entspricht dem Durchschnitt der gemessenen Objekte) (2)
- Unkorrigierte Energiebezugsfläche: 284 m² (entspricht dem Durchschnitt aller untersuchten Objekte) (3)
- Luftwechselrate n_{50} : 1.0 h⁻¹ (entspricht hoher Gebäudedichtigkeit) (4)
- Lüftungsanlage: Luftfördermenge durchschnittlich 120 m³/h, max. 10% Abweichung zwischen den Luftvolumenströmen von Abluft und Zuluft, Betriebsdauer 24h/d (5)
- Abschirmungsklasse: durchschnittlich (6)
- Windexposition: Mehr als eine exponierte Fassade (7)

Tabellenwerte:

- Koeffizient e aus Tabelle F.4 unter Verwendung von (6) und (7): 0.07 (8)
- Koeffizient f aus Tabelle F.4 unter Verwendung von (6) und (7): 15 (9)

Formeln:

Zusätzlicher Luftvolumenstrom Gebäudehülle bei maschinell belüfteten Gebäuden:

$$\dot{V}_x = \frac{V \cdot n_{50} \cdot e}{1 + \frac{f}{e} \left[\frac{\dot{V}_{\text{sup}} - \dot{V}_{\text{ex}}}{V \cdot n_{50}} \right]^2} \quad \dot{V}_x = \frac{(2) \cdot (4) \cdot (8)}{1 + \frac{(9)}{(8)} \left[\frac{(5)}{(2) \cdot (4)} \right]^2} \quad \dot{V}_x = \frac{550 \cdot 1 \cdot 0.07}{1 + \frac{15}{0.07} \left[\frac{12}{550 \cdot 1} \right]^2}$$

Ergebnisse:

Zusätzlicher Luftvolumenstrom Lüftungsanlage \dot{V}_x : 35 m³/h

Flächenbezogener Luftvolumenstrom: $\dot{V}_x / (3) = 0.124 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

16.9 Erfasste Objekte mit gemessenen Energieverbräuchen

Name	Baujahr
EFH mit Büro, Hansenburg 6, 8627 Grüningen	1994/95
„Heureka“-Doppel-EFH, 8908 Hedingen	1994
EFH mit Büro, Hansenburg 5, 8627 Grüningen	1989
Ökohaus „Mühle“, 8606 Greifensee	1996
Siedlung „Am Chräbsbach“, 8405 Winterthur	1997

16.10 Fragebogen MINERGIE-Erfolgskontrolle



MINERGIE-Zert. Nr
«RegNr»

Bitte leer lassen

Fragebogen Energieverbrauch

(Bitte grau hinterlegte Stellen ausfüllen)

Angaben zur ausfüllenden Person (für eventuelle Nachfragen):

Name, Vorname:

Telefon tagsüber:

E-Mail-Adresse:

Allgemeine Angaben über das Objekt:

Objektbezeichnung / Nutzung: Bachtelstr. 9, 8805 Richterswil

Wohnen EFH

Stimmen diese Angaben?

Falls Nein, bitte korrigieren:

Ist das erfasste Objekt realisiert worden?

- Ja, als MINERGIE-Baute
- Ja, aber nicht als MINERGIE-Baute
- Nein

Falls nein: ist die Realisierung noch beabsichtigt?

- Ja
- Nein

Wann haben Sie Ihr Haus bezogen ?

Jahr Monat

Wie viele Personen bewohnen durchschnittlich das Objekt seit dem Bezug?

ca. Personen

Wie zufrieden sind Sie mit dem Wohnkomfort Ihres MINERGIE-Hauses?

sehr unzufrieden		unzufrieden		eher unzufrieden		eher zufrieden		zufrieden		sehr zufrieden
<input type="checkbox"/>										

Wie zufrieden sind Sie mit der Lüftungsanlage Ihres MINERGIE-Hauses?

<input type="checkbox"/>					
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Wie gut sind Ihre Erwartungen an das MINERGIE-Objekt erfüllt worden?

sehr schlecht		schlecht		eher schlecht		eher gut		gut		sehr gut
<input type="checkbox"/>										

Wie empfinden Sie das Kosten / Nutzen Verhältnis Ihres MINERGIE-Hauses?

<input type="checkbox"/>					
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Werden Sie MINERGIE weiterempfehlen?

- Ja
- Nein

Warum?



MINERGIE-Zert. Nr «RegNr»	Bitte leer lassen
------------------------------	-------------------

Auflistung der Energieverbräuche

Bitte lesen Sie vor dem Ausfüllen der Tabelle die Anleitung, welche sich auf der Rückseite des Ihnen mit diesem Fragebogen zugesandten Briefs befindet, genau durch.

1Energieträger	2Einheit	3Menge	4Periode		Verwendungszweck			
					5Raumheizung			6Warmwasser
			Von	Bis	Ausschliessl.	Überwiegend	Zusätzlich	
Heizöl					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gas					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Holz					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7Elektrizität Gesamt					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8Elektrizität Wärmepumpe					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9Elektrizität Lüftung								
10Elektrizität Haushalt								
Andere:					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

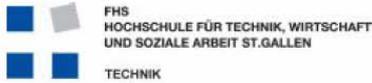
Erlauben Sie die Verwendung der Angaben in diesem Fragebogen für weitere statistische Auswertungen ?

<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
-----------------------------	-------------------------------

Bitte senden Sie diesen Fragebogen bis **XX.XX.2004** an die Hochschule für Technik, Frau Silvia Gemperle, Postfach, 9001 St.Gallen zurück.

Vielen Dank für das Ausfüllen!

16.11 Begleitbrief zum Fragebogen und Anleitung zum Ausfüllen



MINERGIE

8. Juni 2004

An die Besitzer bzw. Verwalter
von MINERGIE-zertifizierten Bauten
im Kanton XXX

Erhebung des Energieverbrauchs in MINERGIE®-Bauten

Sehr geehrte Damen und Herren

Die Energiefachstelle des Kantons XXX hat zusammen mit anderen kantonalen Energiefachstellen und dem Verein MINERGIE die Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit St.Gallen mit der Erhebung des Energieverbrauchs in MINERGIE-Bauten beauftragt. Diese Studie ist Teil einer grösser angelegten Untersuchung, die aufzeigen soll, wie gut sich MINERGIE-Bauten in der Praxis bewähren.

Wir wenden uns an Sie, weil Ihr Gebäude in den MINERGIE-Akten erfasst ist.

Als BesitzerIn oder BetreiberIn eines MINERGIE-Objekts wissen Sie sehr wahrscheinlich über den Energieverbrauch Ihres Gebäudes Bescheid; andernfalls bitten wir Sie, die Unterlagen an eine informierte Fachperson weiter zu leiten. Mit dem Ausfüllen und Einsenden des beiliegenden Fragebogens tragen Sie massgebend zur eingangs erwähnten Untersuchung bei. Falls dabei Fragen auftauchen sollten, so kontaktieren Sie uns einfach - die Adresse finden Sie auf dem beiliegenden Fragebogen. Übrigens werden unter den Einsendenden des Fragebogens schöne Preise verlost: Sie können ein Wochenende für 2 Personen im MINERGIE-Fünfster-Hotel „Walliserhof“ in Saas Fee, ein feines Nachtessen in Ihrer Region für 2 Personen oder ein Esskörbli mit italienischen Spezialitäten gewinnen!

Aus organisatorischen Gründen wären wir froh, wenn Sie den (auch nur teilweise) ausgefüllten Fragebogen bis **21. April 2004** mittels beigelegtem Briefumschlag zurücksenden würden. Wir werden Ihre Angaben in den weiteren Schritten selbstverständlich anonym behandeln und den Datenschutz stets gewährleisten.

Wir bedanken uns im Voraus für Ihre Teilnahme.

Mit freundlichen Grüssen

John Specimen

Bitte wenden

Anleitung zum Ausfüllen der Tabelle Energieverbräuche:

Die Erhebung der Energieverbräuche ist gar nicht schwierig, auch wenn Ihnen dieses Formular vielleicht kompliziert erscheint. Mit Hilfe der nachfolgenden Anleitung wird Ihnen die Aufstellung rasch gelingen. Im Formular sind die Stellen, die auszufüllen sind, grau unterlegt. Die Zahlen beziehen sich auf die entsprechend bezeichneten Spalten bzw. Zeilen der Tabelle auf der Rückseite des Fragebogens.

Als Grundlage für das Ausfüllen der Tabelle nehmen Sie am besten Ihre Rechnungen für die Energieträger zur Hand. Bitte versuchen Sie, möglichst genaue Angaben zu machen.

- 1 Sie brauchen nur Angaben zu den Energieträgern zu machen, die in Ihrem Haus verbraucht wurden; alle anderen Zeilen streichen Sie am besten durch. Falls der Energieträger nicht aufgeführt ist (z.B. Fernwärme), so verwenden Sie bitte die Zeilen „Andere“ und schreiben den Namen des Energieträgers hinein. Wenn der Verbrauch desselben Energieträgers separat für verschiedene Zwecke oder für mehrere Perioden erhoben wurde, bitte alle Angaben einfüllen. Verwenden Sie dazu die zweite Zeile in der Tabelle oder die Zeilen „Andere“. Da bei MINERGIE nur die dem Grundstück zugeführte Energie betrachtet wird, brauchen Sie keine Angaben zum Verbrauch von Solarenergie zu machen.
- 2 Übertragen Sie die in der Rechnung aufgeführte Einheit (kg, kWh etc.) in die Spalte „Einheit“.
- 3 Füllen Sie die Angaben zur verrechneten Energiemenge in die Spalte „Menge“ ein. Bei Oel können Sie die verrechnete Menge nur übernehmen, wenn der Tank immer voll aufgefüllt wurde. Andernfalls schätzen Sie die Menge bestmöglich ab.
- 4 Die Periode bezeichnet den Zeitraum, in welchem die Energie verbraucht wurde (bitte auf einen Monat genau angeben). Sie wird bei leitungsgebundenen Energieträgern (Gas, Elektrizität, Fernwärme etc.) in der Rechnung aufgeführt und muss lediglich übertragen werden. Bei den anderen Energieträgern (Oel, Holz) dauert die Periode von Lieferung zu Lieferung.
- 5 Beim Verwendungszweck ist anzukreuzen, ob der Energieträger als einziger der Raumheizung dient („ausschliesslich“) oder ob andere Energieträger ebenfalls Heizzwecken dienen. In diesem Fall sind sie ebenfalls aufzuführen („überwiegend“/„zusätzlich“).
- 6 In der letzten Spalte wird angegeben, ob der Energieträger auch zur Warmwasseraufbereitung dient.
- 7 Falls in Ihrem Gebäude ein einziger Elektrizitätszähler für alle Verbraucher installiert ist, so füllen Sie bitte die Angaben zum Elektrizitätsverbrauch in der Zeile „Elektrizität Gesamt“ ein.
- 8 Wenn in Ihrem MINERGIE-Haus eine Wärmepumpe eingebaut wurde, deren Stromverbrauch mit einem separaten Zähler gemessen wird, so tragen Sie die entsprechenden Angaben in diese Zeile ein.
- 9 Sofern die Lüftungsanlage mit einem separaten Stromzähler ausgerüstet wurde, so tragen Sie die Angaben zum Stromverbrauch in der Zeile „Elektrizität Lüftung“ ein.
- 10 Falls Sie Angaben zum Haushaltsstromverbrauch haben (sep. Zähler für Haushaltsstrom oder Zähler für Elektrizität gesamt und zusätzliche Zähler für Lüftung und Heizung, sodass Sie die Differenz bilden können), so bitten wir Sie um die entsprechenden Angaben in dieser Zeile.

Wenn Sie zum Formular oder dem Vorgehen Fragen haben, so rufen Sie uns einfach an (071 226 12 96) oder schreiben Sie uns ein eMail (silvia.gemperle@fhsg.ch).

16.12 Erläuterung der eingesetzten Methodik

16.12.1 Energieinhalte und Gewichtungsfaktoren der verwendeten Energieträger

Zur Umrechnung der den Fragebogen entnommenen Energieträger-Verbräuche auf die Energieverbräuche sowie zur Gewichtung der Energieträger gemäss MINERGIE wurden die nachfolgend aufgeführten Kennwerte verwendet:

Bezeichnung	Einheit	Umrechn.-faktor ²³	Gewicht.-faktor ²⁴	Quelle / Bemerkungen
Elektrizität	kWh	3.6	2.00	-
Fernwärme aus Abwärme	kWh	3.6	0.50	-
Fernwärme aus ARA/KVA	kWh	3.6	0.50	-
Fernwärme aus Fossilen Brennstoffen	kWh	3.6	1.00	-
Fernwärme aus Holz	kWh	3.6	0.60	-
Hartholz	Ster	7200	0.60	Vhe
Hartholz	m ³	10080	0.60	Vhe
Hartholz	kg	13.5	0.60	Vhe
Mischholz ²⁵	Ster	6170	0.60	Vhe
Mischholz	m ³	8640	0.60	Vhe
Mischholz	kg	13.3	0.60	Vhe
Weichholz	Ster	5140	0.60	Vhe
Weichholz	m ³	7200	0.60	Vhe
Weichholz	kg	13.1	0.60	Vhe

²³ Umrechnung auf Megajoule

²⁴ Energieträger-Gewichtung gemäss MINERGIE-Reglement

²⁵ Je 50% Hartholz, 50% Weichholz

Bezeichnung	Einheit	Umrechn.- faktor ²³	Gewicht.- faktor ²⁴	Quelle / Bemerkun- gen
Pellets	kg	17.6	0.60	Vhe / BFE-Flyer Holz- pellets
Pellets	kWh	3.6	0.60	Vhe / BFE-Flyer Holz- pellets
Pellets	m3	11700	0.60	Vhe / BFE-Flyer Holz- pellets
Heizöl EL	kg	42.7	1.00	Energiefachbuch 2002
Heizöl EL	Liter	35.9	1.00	Energiefachbuch 2002
Erdgas	kWh	3.6	1.00	-
Erdgas	m3	33.8	1.00	Energiefachbuch 2002 (Hu)
Propangas	kg	46	1.00	Energiefachbuch 2002
Propangas	Liter	23.5	1.00	Energiefachbuch 2002 / Shell

16.12.2 Übersicht über die im Berechnungsgang angewendeten Abzüge und Zuschläge sowie Klimanormierungen

Nr.	Einsatz ²⁶	Abzüge	Klimanorm.	Zuschläge	Abzüge ²⁷	Bem.
1	HH Heiz Lüft WW	HH Lüft WW	X	Lüft WW	Hilfs	
2	HH Heiz Lüft	HH Lüft	X	Lüft	Hilfs	
3	HH Heiz WW	HH WW	X	WW	Hilfs	
4	Heiz Lüft WW	Lüft WW	X	Lüft WW	Hilfs	
5	HH Lüft WW					Annahmen für Lüft u. WW
6	HH Heiz	HH	X		Hilfs	
7	HH Lüft					Annahme für Lüft
8	HH WW					Annahme für WW
9	Heiz Lüft	Lüft	X	Lüft	Hilfs	
10	Heiz WW	WW	X	WW	Hilfs	
11	HH					Nicht be- rücksichtigt
12	Heiz		X		Hilfs	
13	Lüft					
14	WW					
15	Keine Ang. zur Elektri- zität					Annahme für Lüft u/o WW

²⁶ Legende: HH: Haushalt, Heiz: Heizung, Lüft: Lüftung, WW: Warmwasser, Hilfs: Hilfsstrom.

²⁷ Der Abzug für Hilfsstrom wurde nur bei Elektrizität als Energieträger vorgenommen.

Da nicht alle Energieverbräuche in der MINERGIE-Berechnung berücksichtigt werden (z.B. Haushaltsstrom) und die Klimanormierung nur für einen Teil des Energieverbrauchs durchgeführt werden darf, musste eine Umrechnung der Verbrauchszahlen vorgenommen werden. Die oben stehende Aufstellung gibt Aufschluss über die angewandten Berechnungsschritte.

Der Einsatzzweck des Energieträgers (Spalte „Einsatz“) konnte dem ausgefüllten Fragebogen entnommen werden. Je nachdem trifft einer der 15 aufgeführten Fälle zu.

Der angegebene Energieträgerverbrauch wurde nach der Umrechnung in Energieeinheiten um die in Spalte „Abzüge“ aufgeführten Rechenwerte vermindert, in den mit einem Kreuz bezeichneten Fällen klimanormiert (Spalte „Klimanorm.“), die Zuschläge hinzugerechnet (Spalte „Zuschläge“, Rechenwerte analog Abzüge) und in den erwähnten Fällen um den Abzug für den Hilfsstrom wieder vermindert.

Wo keine Angaben in den Spalten rechts von „Einsatz“ gemacht werden, wird der Energieverbrauch direkt in die Berechnung übernommen.

Falls in Spalte „Bemerkung“ eine Annahme erwähnt wird, so wurden die deklarierten Energieverbräuche nicht direkt verwendet, sondern Annahmen getroffen (siehe nachfolgender Abschnitt).

16.12.3 Berechnung der Abzüge und Zuschläge auf Ebene Energieträgerverbrauchsdaten

Die Abzüge wurden wie folgt berechnet:

$$Abzug = \frac{Rechenwert \times Periodenlänge}{365} \times Bezugsgrösse$$

Formel 1: Berechnung der Abzüge und Zuschläge

Die angewandten Rechenwerte wurden für Haushalts- und Lüftungsstrom anhand der Objekte, bei welchen entsprechende Angaben vorhanden waren, berechnet. Dabei wurde jeweils der Median²⁸ eingesetzt, um den

²⁸ Der Median (auch geometrisches Mittel genannt) bezeichnet denjenigen Wert, welcher in der Mitte auf einer der Grösse nach sortierten Liste steht.

Einfluss von Ausreissern zu eliminieren²⁹. Genauere Angaben dazu können den Abschnitten 10.4.1 und 10.4.2 entnommen werden.

Die restlichen Annahmen wurden der Literatur entnommen und angepasst³⁰. Sie haben jedoch keinen wesentlichen Einfluss auf die berechneten Kennzahlen, da die Abzüge hauptsächlich für die Berechnung des für die Klimanormierung relevanten Energieverbrauchs verwendet werden.

Die folgende Tabelle gibt Auskunft über die verwendeten Rechenwerte und deren Bezugsgrößen:

Bezeichnung	Rechenwert	Bezugsgrösse	Quelle
Haushaltsstrom	85 MJ/a	m2 EBF	239 ausgewertete Objekte
Lüftungsstrom	8 MJ/a	m2 EBF	20 ausgewertete Objekte
Warmwasser	1848 MJ/a	Personenanzahl	EnergyBox ³¹
Hilfsstrom	6 MJ/a	m2 EBF	EnergyBox

Tabelle 10: Rechenwerte für Abzüge und Zuschläge

16.12.4 Klimanormierung

Alle Energieverbräuche, welche zu Heizzwecken dienen, wurden anhand der Heizgradtage der für das Objekt festgelegten Klimastation auf das langjährige Mittel normiert, um den Einfluss kurzfristiger Klimaschwankungen zu eliminieren. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

$$Energieverbrauch_{Klimanormiert} = \frac{Energieverbrauch \times \sum HGT_{Periode \text{ Langjährig}}}{\sum HGT_{Periode}}$$

Formel 2: Berechnungsgang für die Klimanormierung

Die für die Berechnung notwendigen Klimadaten (HGT 20/12) wurden von Meteo Schweiz bezogen (Monats-Messwerte) bzw. der SIA-Norm 381/2

²⁹ Die entsprechenden Mittelwerte liegen deutlich höher; falls diese in den Berechnungen verwendet worden wären, würden die ermittelten Energiekennzahlen tiefer ausfallen.

³⁰ Der eingesetzte Wert für den Warmwasser-Energieverbrauch wurde um den durchschnittlichen Anteil der solaren Warmwassererwärmung gemäss Abschnitt 4.3.4.3 korrigiert.

³¹ Bezug: Schweiz. Agentur für Energieeffizienz SAFE, Lindenhofstr. 15, 8001 Zürich, www.energieeffizienz.ch. Eine Internet-Version ist abrufbar unter www.energybox.ch.

(langjährige Monats-Mittelwerte) entnommen. Die Klimanormierung bewirkt im Mittel einen Zuschlag auf die Wärmeenergie von 15.6%.

Es ist anzumerken, dass bei MINERGIE-Bauten die Heizgradtage 20/12 sehr wahrscheinlich zu leicht höheren Resultaten führen, da diese gut gedämmt sind und deshalb die Heizgrenze deutlich unter 12°C liegen dürfte. Weil keine genauen Zahlen zur Heizgrenze von MINERGIE-Bauten vorliegen, mussten trotzdem die Heizgradtage 20/12 verwendet werden.

16.12.5 Periodennormierung

Anschliessend wurden die Datensätze der Energieverbräuche je Energieträger (bzw. bei Elektrizität je Verwendungszweck) summiert und auf ein Jahr umgerechnet. Dabei wurden je nach Verwendungszweck der Energie zwei verschiedene Verfahren angewendet:

$$\text{Energieverbrauch}_{\text{Jahr}} = \frac{\sum \text{Energieverbrauch} \times \text{HGT}_{\text{Klimastation}_{\text{Langjährig}}}}{\sum \text{HGT}_{\text{Periode}_{\text{Langjährig}}}}$$

Formel 3: Berechnungsgang für die Periodennormierung von Heizenergie

Bei der Heizenergie erfolgte die Periodennormierung anhand der langjährigen Heizgradtage. Dadurch bleibt gewährleistet, dass auch die Energieverbräuche in klimatisch unterschiedlichen Jahreszeiten jeweils korrekt berücksichtigt werden.

$$\text{Energieverbrauch}_{\text{Jahr}} = \frac{\sum \text{Energieverbrauch} \times 365}{\sum \text{Periodenlänge [d]}}$$

Formel 4: Berechnungsgang für die Periodennormierung der übrigen Energie-Einsatzzwecke

Für alle übrigen Einsatzzwecke der Energie genügt die lineare zeitliche Periodennormierung anhand der Periodenlänge, da diese Verbräuche kaum klimatisch bedingten Schwankungen unterworfen sind.

16.12.6 Zuschläge auf Ebene Objekt

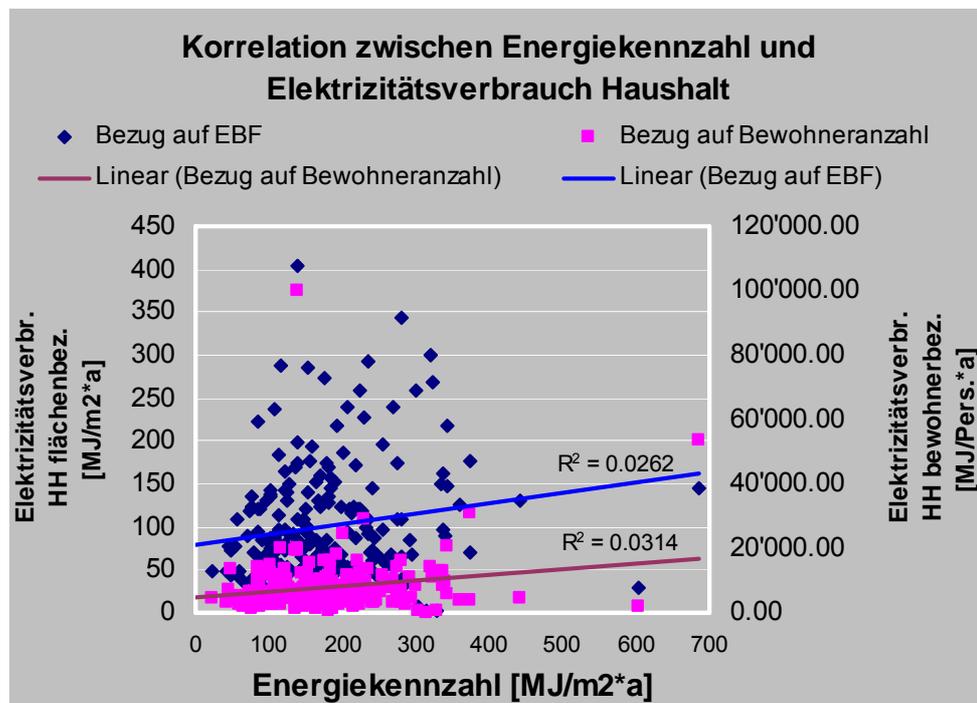
In einem weiteren Berechnungsschritt wurde jedes Objekt überprüft, ob Angaben zu Lüftungsstrom oder zu Warmwasser vorhanden sind. Falls diese fehlten, wurden entsprechende Zuschläge (Vorgehen analog zu Ebene Energieverbrauchsdaten, jedoch Periodenlänge = 1 Jahr) berechnet. Es mussten aber lediglich bei 10 Objekten die fehlenden Angaben zum Warmwasserverbrauch mit einem Zuschlag korrigiert werden.

16.12.7 Zusammenzug der Ergebnisse je Objekt

In einem letzten Schritt wurden die pro Energieträger bzw. Verwendungszweck vorliegenden Energieverbräuche je Objekt aufsummiert, die Zuschläge ebenfalls auf Ebene Objekt addiert und die Summe auf die Bezugsgrößen umgelegt.

16.13 Weitergehende Überlegungen zum Elektrizitätsverbrauch für Haushalt

Im Zusammenhang mit den in Abschnitt 10.4.2 untersuchten Verbräuchen für Elektrizität Haushalt, welche ihrerseits einen Einfluss auf die erhobenen Energiekennzahlen haben, stellte sich die Frage, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Verbrauch an gesamter Energie (Energiekennzahl) und dem Verbrauch an Haushaltselektrizität gibt. Wie Grafik 123 zeigt, ist die Korrelation zwischen der Energiekennzahl und sowohl dem flächenbezogenen als auch dem bewohnerbezogenen Energieverbrauch Haushalt sehr schwach. Somit konnte die Vermutung, sich dass ein suboptimales Benutzerverhalten auch in einem hohen Energieverbrauch Haushalt niederschlägt, nicht bestätigt werden.



Grafik 123: Korrelation zwischen Energiekennzahl Wärme, flächenbezogenem und bewohnerbezogenem Haushaltselektrizitäts-Verbrauch

Ein Bezug der Haushaltselektrizitäts-Verbräuche auf die hauptsächlich eingesetzten Energieträger zeigt, dass in Objekten mit Feuerungsanlagen für fossile Brennstoffe geringfügig höhere Verbräuche an Elektrizität für Haushalt als in der Gesamtheit der Objekte beobachtet werden können.

Der Einfluss dieser Differenz (4 MJ/m²*a, bezogen auf den Median) auf die in dieser Studie berechneten Energiekennzahlen ist aber sehr gering, da der Kennwert für Haushaltsstrom nur bei 160 der untersuchten 506 Objekte zur Anwendung gelangt.

Anzahl Objekte	Hauptsächl. eingesetzter Energieträger f. Heizung	Mittelwert Energieverbrauch Haushalt [MJ/m ² *a]	Median Energieverbrauch Haushalt [MJ/m ² *a]
86	Elektrizität	102	86
60	Fossile Brennstoffe	107	90
60	Holzenergie	95	78
206	Alle Objekte	101	86

Tabelle 11: Einfluss des hauptsächlich eingesetzten Energieträgers auf den Mittelwert bzw. den Median des Elektrizitätsverbrauchs für Haushalt

16.14 Projektteam energetische Erfolgskontrolle

16.14.1 Begleitgruppe Auftraggebende

Joel Fournier, Service de l'Energie, Kanton Wallis, Vertreter CRDE

Georg Furler, Energieberatungszentrale Zentralschweiz

Christoph Gmür, AWEL, Abt. Energie, Kanton Zürich

Bruno Hari, MINERGIE Agentur Bau, Bern

Rudolf Humm, Energiefachstelle des Kantons Aargau

Andrea Lötscher, Amt für Energie, Kanton Graubünden

Urs Rey, Amt für Statistik des Kantons Zürich

Guido Scheiber, Amt für Energie, Kanton Uri

16.14.2 Auftragnehmerin und Bearbeitende Personen

Mit der Bearbeitung waren die folgenden Mitarbeitenden der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit St.Gallen (FHS) betraut:

Silvia Gemperle, MINERGIE-Verantwortliche (Projektkoordination und fachliche Begleitung)

Severin Lenel, Dozent für Bauökologie, Econum GmbH (Projektleitung)