



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

Schlussbericht 21. Juni 2013

---

# **P+D: Wohnsiedlung Burgunder, Bern**

## **AUTOFREI UND MINERGIE-P-ECO**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Energie in Gebäuden  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Kofinanzierung:**

npg AG für nachhaltiges Bauen, Bern  
ewb, Energie Wasser Bern

**Auftragnehmer:**

BÜRGI SCHÄRER Architektur und Planung AG  
Optingenstrasse 54  
CH-3000 Bern 25  
[www.buergischaerer.ch](http://www.buergischaerer.ch)

**Autoren:**

Hanspeter Bürgi, dipl. Architekt ETH SIA FSU  
BÜRGI SCHÄRER Architektur und Planung AG, [hanspeter.buergi@buergischaerer.ch](mailto:hanspeter.buergi@buergischaerer.ch)  
Bruno Hari, dipl. Ing. HTL, NDS Umwelt/Energie FH  
BÜRGI SCHÄRER Architektur und Planung AG, [bruno.hari@buergischaerer.ch](mailto:bruno.hari@buergischaerer.ch)

**Co-Autor (Mobilität):**

Helmut Schad, dipl. Geograf, [he.schad@gmx.ch](mailto:he.schad@gmx.ch)

**Mitarbeit:**

Theo Gurtner, dipl. Architekt FH  
BÜRGI SCHÄRER Architektur und Planung AG, [theo.gurtner@buergischaerer.ch](mailto:theo.gurtner@buergischaerer.ch)  
Bernhard Eggen, dipl. Bauing. HTL/Energieplaner, Dr. Eicher + Pauli AG, Bern,  
(Messkonzept) [bernhard.eggen@eicher-pauli.ch](mailto:bernhard.eggen@eicher-pauli.ch)

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns

BFE-Programmleiter: Charles Filleux / Rolf Moser

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 154385 / 100025

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

## Dank

Die Autoren bedanken sich ganz herzlich bei Bauherrschaft, Bewohnerschaft, Planerteam, beratenden Fachleuten, Unternehmen und Lieferanten für das grosse Engagement im Planungs- und Bauprozess und insbesondere bei der intensiven Phase der Auswertung. Besten Dank für die finanzielle Unterstützung der Studie durch BFE, ewb und npg AG.

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen .....	7
1. Einleitung .....	8
1.1. Zielsetzungen .....	8
1.2. Methode .....	9
2. Projekt .....	11
2.1. Siedlungs- und Gebäudekonzept .....	11
2.2. Projektdokumentation .....	12
2.3. Mobilität .....	16
2.4. Gebäudehülle .....	17
2.5. Gebäudetechnik .....	18
3. Planungs- und Realisierungsprozess .....	20
4. Planwerte .....	21
4.1. Heizwärme- und Warmwasserbedarf .....	21
4.2. MINERGIE-P Energiekennzahl / Haustechnik .....	21
4.3. Luftdichtigkeit (Blower-Door-Messung) .....	22
4.4. Haushaltselektrizität .....	22
4.5. Graue Energie .....	24
4.6. MINERGIE-ECO Gesundheit – Bauökologie .....	25
4.7. Mobilität .....	25
4.8. 2000-Watt-Kompatibilität nach SIA Effizienzpfad Energie .....	26
4.9. Nachhaltige Entwicklung .....	27
5. Messwerte Betrieb .....	28
5.1. Energieverbrauchsmessung (Heizwärme und Warmwasser) .....	28
5.1.1. Messkonzept .....	28
5.1.2. Auswertung Wärme- und Stromzähler .....	29
5.1.3. Vergleich Heizwärmebedarf – Heizwärmeverbrauch .....	29
5.1.4. Warmwasserverbrauch .....	32
5.2. MINERGIE-P Energiekennzahl .....	32
5.3. Luftdichtigkeit (Blower-Door-Messung) .....	33
5.4. Haushaltselektrizität .....	34
5.5. Ökobilanz – Graue Energie .....	36
5.5.1. Methode .....	36
5.5.2. Resultate .....	37
5.6. MINERGIE-ECO Gesundheit – Bauökologie .....	41
5.7. Mobilität .....	43
5.7.1. Methode der Erhebung .....	43
5.7.2. Datenauswertung .....	46
5.7.3. Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistungen .....	47
5.7.4. Primärenergie und Treibhausgasemissionen in der Alltagsmobilität .....	48
5.7.5. Primärenergie und Treibhausgasemissionen in der nicht-alltäglichen Mobilität .....	49
5.7.6. Zusammenfassung .....	50
5.8. 2000-Watt-Gesellschaft .....	51
5.8.1. Berechnung nach SIA-Effizienzpfad Energie 2040 .....	51
5.8.2. Ergänzung mit aktiver Solarnutzung .....	52
5.9. Bewohnerinnen- und Bewohnerumfrage .....	54
5.9.1. Motivation zum Einzug .....	54
5.9.2. Qualität des Wohnumfeldes .....	55
5.9.3. Qualität des Raumangebots .....	56
5.9.4. Wohlbefinden und Behaglichkeit .....	56
5.9.5. Kaufverhalten bezüglich energetischen und ökologischen Aspekten .....	57
5.9.6. Planungs- und Bauprozess .....	58
5.9.7. Verkehrsangebot in der Siedlung .....	58
5.9.8. Fazit .....	59

6.	Erkenntnisse und Empfehlungen .....	60
6.1.	Gesamtvergleich MINERGIE-P.....	60
6.2.	Gesamtvergleich MINERGIE-ECO .....	61
6.3.	Gesamtvergleich Mobilität.....	62
6.4.	SIA Effizienzpfad Energie und nachhaltige Entwicklung .....	62
6.5.	Empfehlungen .....	63
7.	Literatur / Referenzen.....	66

# Abstract

In der Wohnsiedlung Burgunder in Bern-Bümpliz wurden massgebende Zielsetzungen eines nachhaltigen Bauens konsequent umgesetzt: Die erste autofreie Siedlung der Schweiz besteht aus einem nach MINERGIE-P bzw. zwei nach MINERGIE-P-ECO zertifizierten Gebäuden mit total 80 kostengünstigen Wohnungen für eine durchmischte Bewohnerschaft. Messungen und eine Bewohnerumfrage zu Wärme-, Strom- und Wasserverbrauch sowie zur Mobilität bestätigen im Wesentlichen die Planungswerte der beiden Bauten A und B mit 40 Wohnungen. Diese wurden 2003-2011 von der npg AG für nachhaltiges Bauen und von BÜRGI SCHÄRER Architektur und Planung AG geplant und realisiert.

Die in der P+D-Studie ausgewerteten und flächenkorrigierten Messresultate verdeutlichen, dass die Energie- und Emissionswerte der Siedlung Burgunder gemäss dem SIA-Effizienzpfad Energie kompatibel sind mit den Zielwerten (in Klammern) der 2000-Watt- und der 1-Tonne-CO<sub>2</sub>-Gesellschaft für 2050: 438 (440) MJ/m<sup>2</sup> und 12.5 (16.5) kg CO<sub>2</sub> eq./m<sup>2</sup>. Durch eine ertragsoptimierte PV-Anlage auf dem Attikadach könnten nahezu die Zielwerte für 2150 erreicht werden: 298 (250) MJ/m<sup>2</sup> und 11.4 (8.25) kg CO<sub>2</sub> eq./m<sup>2</sup>. Auffallend ist der im Vergleich zu den Planungswerten deutlich höher gemessene Heizwärmeverbrauch. In der Gesamtbilanz wird dieser jedoch mit einem tiefen Warmwasserverbrauch, hervorgerufen durch die (noch) tiefe Belegungsdichte, kompensiert.

Die ergänzend zu den Messungen durchgeführte Bewohnerumfrage zur Mobilität und Wohnqualität in den 40 Haushalten der Gebäude A und B zeigt, dass beispielsweise das gewählte ortsbauliche und wohntypologische Konzept sowie insbesondere auch der Standard MINERGIE-P-ECO die Motivation zum Einzug in die Siedlung begünstigten. Die Wohnungen zeichnen sich durch eine einfache und anpassungsfähige Raumstruktur, robuste Konstruktionen und einen gebrauchstauglichen Ausbau aus, den die Erstmietenden mitbestimmen konnten. Nicht genutzt wurde allerdings die Planungsflexibilität bei den Wohnungsgrundrissen, so dass eher konventionelle Aufteilungen realisiert wurden. Die Untersuchung belegt einerseits die hohe Zufriedenheit mit der Wohn- und Raumqualität, verdeutlicht andererseits aber auch einen überdurchschnittlich hohen Flächenbedarf von 88 m<sup>2</sup> pro Person. Obschon sich dieser mit der Belegung aller Wohnungen heute auf 63 m<sup>2</sup> (resp. 56 m<sup>2</sup> inkl. Ateliers) reduziert hat, liegt er immer noch über dem Schweizerischen Mittel von 45 m<sup>2</sup> (jedoch nahe beim Standardwert Effizienzpfad Energie von 60 m<sup>2</sup> EBF pro Person). Es scheint, dass Suffizienz bezüglich des Raumbedarfs auch bei einer auf Nachhaltigkeit sensibilisierten Bewohnerschaft noch wenig präsent ist.

Die Autofreiheit wird von den Bewohnerinnen und Bewohnern als relativ selbstverständlich wahrgenommen. Dies widerspiegelt die gesellschaftliche Realität des urbanen Wohnens; besitzen heute doch 47% aller städtischen Haushalte kein eigenes Auto. Das Wohnumfeld mit seiner hervorragenden Quartierinfrastruktur und dem sehr guten Verkehrsangebot wirkt dabei als entscheidender Faktor. Die Mobilität der Bewohnerschaft ist, bezogen auf zentrale Mobilitätskenngrössen wie Anzahl Etappen und Wege sowie Distanzen pro Person, vergleichbar zur durchschnittlichen Stadtberner und Schweizer Bevölkerung. Weil die Alltagsmobilität jedoch hauptsächlich zu Fuss, mit dem Velo und mit öffentlichen Verkehrsmitteln erfolgt, liegen die Energiewerte bei 1/5 und die Emissionswerte bei 1/7 des Stadtberner Mittels.

# Abkürzungen

ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BWO	Bundesamt für Wohnungswesen
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
P+D-Projekt	Pilot- und Demonstrations-Projekt
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
npg AG	npg AG für nachhaltiges partizipatives und gemeinnütziges Bauen
wok Burgunder AG	wok Burgunder AG (ökologisches und gemeinschaftliches Wohnen) Schwestergesellschaft der wok Lorraine AG
SEV	Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Im Bericht verwendete übliche Fachabkürzungen (wie z.B. EPS für expandiertes Polystyrol) sowie in den zitierten Normen verwendete Bezeichnungen (wie z.B. Qh für Heizwärmebedarf) werden hier nicht aufgeführt.

# 1. Einleitung

Die autofreie Wohnsiedlung Burgunder in Bern setzt mit ihren Zielen einen schweizweit neuen Massstab. In den drei Hauptbereichen der Nachhaltigkeit sind dies:

- Ökologie: Standard MINERGIE-P-ECO (Gebäude), autofreies Wohnen (Mobilität)
- Ökonomie: Günstige Mietwohnungen
- Gesellschaft: autofreies Wohnen, Mitwirkung der Nutzerinnen und Nutzer, Ästhetik der Nachhaltigkeit

Möglichkeiten, Grenzen sowie Auswirkungen einer konsequent nachhaltigen Quartierentwicklung sind – mangels realisierter Beispiele – heute noch wenig erforscht und dokumentiert. Programme und Studien, z.B. Nachhaltige Quartierentwicklung, Spannungsfelder [1] des ARE und von Novatlantis, zeigen erste Erfahrungen auf und weisen auf ein grosses Potenzial einer nachhaltigen Quartierentwicklung hin.

## 1.1. Zielsetzungen

Mit dem vorliegenden P+D-Projekt sind konkrete Erfahrungen bei der Planung und Umsetzung der Siedlung Burgunder systematisch aufgearbeitet und dokumentiert worden. Der spezifische Fokus liegt dabei auf den beiden Hauptzielsetzungen: dem autofreien Wohnen (Mobilität) sowie dem Standard MINERGIE-P-ECO (Gebäude). Diese beiden Aspekte ermöglichen die 2'000-Watt-Kompatibilität gemäss dem SIA-Effizienzpfad Energie [2] zu überprüfen.

Zudem werden die Hauptziele in den Kontext mit den übrigen Themen der Nachhaltigkeit gestellt. Dokumentiert sind dabei einerseits die Erkenntnisse über den Entwicklungsprozess mit besonderer Berücksichtigung der ökologischen Aspekte, andererseits jene über die Erfolgskontrolle. Dabei gilt es aufzuzeigen, ob und wie die qualitativen und quantitativen Auswertungen von MINERGIE-P-ECO und jene des autofreien Wohnens den gesetzten Zielsetzungen entsprechen. Der Standard MINERGIE-P-ECO wurde durch technische Kontrollen und Messungen am Objekt sowie anhand von Umfragen bei Beteiligten beurteilt. Das Konzept autofreie Siedlung wurde primär durch Umfragen bei Beteiligten beurteilt. Daraus sollen sowohl Optimierungen für die Wohnsiedlung Burgunder gewonnen, als auch Lehren und Handlungsempfehlungen für weitere ähnliche Projekte entwickelt werden. Ergänzend zur vorliegenden Studie ist die Geschichte des Projekts mit einer umfassenden Betrachtung und Würdigung sämtlicher Bereiche der Nachhaltigkeit in der ausführlichen Dokumentation „Die Siedlung Burgunder: MINERGIE-P-ECO und autofrei“ [3] der npg AG im Auftrag des BWO erschienen.

## 1.2. Methode

Die Siedlung Burgunder umfasst vier Gebäude. Zwei davon – Haus A mit 22 Wohneinheiten an der Burgunderstrasse 97/99 und Haus B mit 18 Wohnungen an der Burgunderstrasse 93 – wurden von der npg AG als Bauherrschaft und von Bürgi Schärer Architektur und Planung AG nach dem Standard MINERGIE-P-ECO geplant und realisiert. Ein weiterer Neubau, Haus C, wurde von der wok-Burgunder AG nach dem Standard MINERGIE-P erstellt und das bestehende Hofgebäude nach MINERGIE-Standard erneuert. Das P+D Projekt untersucht ausschliesslich die beiden Gebäude A und B der npg AG.

Der Bericht gliedert sich in folgende Kapitel:

### **Kapitel 2: Darstellung des Projektes Wohnsiedlung Burgunder, Bern**

Die Dokumentation des Projektes bildet die Grundlage für die weiteren Arbeitsschritte.

### **Kapitel 3: Planungs- und Realisierungsprozess**

Ergänzend zur Dokumentation der npg AG [3] werden nur noch einzelne Themen bezüglich der Umsetzung nach MINERGIE-ECO beleuchtet.

### **Kapitel 4: Planungswerte**

Bei dem nach dem Standard MINERGIE-P-ECO geplanten Gebäude, wurden die entsprechenden Berechnungstools angewandt. Die obligatorische Blower-Door-Messung wurde am Ende der Bauphase ausgeführt und ist in Kapitel 5 dokumentiert. Ergänzend wurden zusätzliche Berechnungen zur Bestimmung der Grauen Energie, des Haushaltsstroms und der Mobilität durchgeführt. Die Berechnungen basieren dabei auf der während der Planung und Realisierung aktuellen Dokumentation des SIA Effizienzpfades Energie [4]. Als weiteres Instrument zur Beurteilung der Nachhaltigkeit diene zudem eine Beurteilung anhand des Spinnendiagramms, wie es für Bauten und Projekte in „Bauen für die 2000-Watt-Gesellschaft“ angewandt wird [5].

### **Kapitel 5: Hauptphase Betrieb**

Neben der zumindest aus ökologischer Sicht möglichst umfassenden Beurteilung stellt die Analyse der effektiven Verbrauchswerte im Betrieb einen weiteren Schwerpunkt dar. Energetische Messungen im Haus A wurden in Zusammenarbeit mit den Gebäudetechnikplanern und Energie Wasser Bern (ewb) konzipiert und durchgeführt. Diese fanden in Haus A statt, da dieses Gebäude zuerst erstellt und in Betrieb genommen wurde.

Eine Umfrage bei allen Bewohnerinnen und Bewohnern bildete die Grundlage für die Eruiierung des Mobilitätsverhaltens und der generellen Zufriedenheit der Bewohnerschaft.

Bei einer Auswahl der Bewohnerschaft wurde zudem der Haushaltsstrombedarf nach dem Tool energybox [6] bestimmt und mit den Messwerten verglichen.

Stichprobeweise durchgeführte Raumluftmessungen haben weiter den Einsatz von gesunden Baumaterialien überprüft.

Tabelle 1-1: Instrumente in Planung und Betrieb

Thema	Planung	Betrieb	SIA 2040	ME-P	ME- ECO
Graue Energie, Erstellung	MINERGIE-ECO Fragekatalog SNARC	Ökobilanz mit ecoinvent	1		x
Heizwärmebedarf	SIA 380/1 mit Standardwerten	Messung Wärmezähler	2.1	x	
Luftdichtigkeit Gebäudehülle	Blower-Door-Messung			x	
Lüften, Klima, Hilfsenergie	MINERGIE-P Nachweis	Messung Stromzähler	2.2	x	
Warmwasser	Standardwert gemäss SIA 380/1	Messung Wärmezähler	3	x	
Licht und Apparate	MINERGIE-P-Anforderung Berechnung mit energybox	Messung Stromzähler	4	(x)	
Mobilität	Microzensus Kt. Bern / <a href="http://www.mobitool.ch">www.mobitool.ch</a> / SIA 2039	BewohnerInnenumfrage, SIA 2039	5		
Gesundheit	MINERGIE-ECO Fragekatalog	Raumluftmessungen BewohnerInnenumfrage			x

## Kapitel 6: Erkenntnisse und Schlussfolgerungen

Im Schlusskapitel werden die Erkenntnisse dargestellt, erläutert und kommentiert. Die Empfehlungen werden für die Optimierung der Wohnsiedlung Burgunder genutzt und können gleichzeitig Erkenntnisse für künftige nachhaltige Quartierentwicklungen liefern.

## 2. Projekt

### 2.1. Siedlungs- und Gebäudekonzept

Die Wohnsiedlung in Bern-Bümpliz schliesst im Norden und Westen an ein traditionelles kleinmassstäbliches Wohnquartier an und wird südöstlich von der Bahnlinie Bern-Freiburg und nordöstlich von einem alten Fabrikareal begrenzt. In diesem heterogenen urbanen Umfeld hat die npg AG für nachhaltiges Bauen mit den beiden Häusern A und B 40 kostengünstige Mietwohnungen realisiert. Zusammen mit dem dritten Gebäude (Haus C, gebaut mit ähnlichen Zielsetzungen von der wov Burgunder) bilden die Stadthäuserzeilen einen gemeinsamen Zugangs- und Aufenthaltshof. Das bestehende Hofhaus mit Kindertagesstätte, Gemeinschaftsraum und Wohnungen bleibt im Zentrum – als Teil der Kulturgeschichte des Quartiers – erhalten.

Das Wohnungsangebot mit 1½ bis 5½-Zimmern eignet sich u.a. für Familien, altersgerechtes oder gemeinschaftliches Wohnen. Die nachhaltige Entwicklung ist konsequent auf allen Ebenen – gesellschaftlich, ökonomisch und ökologisch – umgesetzt: Einfache Bauvolumen, klare Typologie und Raumqualität, logische Systemtrennung, Materialechtheit und gebrauchstauglicher Ausbau sind spezifische Merkmale des Projektes.

Mitgestaltungsmöglichkeiten der (Erst-)Mietenden werden durch partizipative Prozesse ermöglicht. Die künftig vollständige Fassadenbegrünung mit wilder Rebe vermittelt ein sich jahreszeitlich veränderndes Bild und thematisiert Fragen einer nachhaltigen Ästhetik. Die beiden Häuser A und B sind nach dem Standard MINERGIE-P-ECO gebaut und zertifiziert und zeigen im Bereich der Mobilität durch das autofreie Konzept neue innovative Wege.

Die Siedlung Burgunder ist die erste autofreie Wohnsiedlung der Schweiz und klar 2000-Watt- und 1-Tonne-CO<sub>2</sub>-kompatibel.

**Bauherrschaft:** npg AG für nachhaltiges Wohnen, Bern

**Architektur / Energiekonzept:** BÜRGI SCHÄRER Architektur und Planung AG, Bern  
(vormals BSR Bürgi Schärer Raaflaub Architekten sia AG)

**Bauingenieur:** Bächtold + Moor AG, Bern

**Gebäudetechnik:** Eicher + Pauli AG, Bern

**Bauphysik:** B+A Bauphysik, Bern

**Landschaftsarchitektur:** David Bosshard, Bern

**Auswahlverfahren:** Studienauftrag an mehrere Architekten: 2003

**Planung:** 2004 – 2008

**Ausführung:** 2008 – 2011

**Label:** MINERGIE-P-ECO (BE-012-P-ECO/BE-013-P-ECO)

#### Gebäudekennzahlen:

Geschossfläche GF SIA 416	5'124 m <sup>2</sup> (AZ 1.3)
Hauptnutzfläche HNF SIA 416	3'416 m <sup>2</sup>
Verhältnis HNF/GF (ohne UG)	76%
Energiebezugsfläche	4'975 m <sup>2</sup>
Gebäudehüllzahl	0.95/1.01
Gebäudevolumen SIA 416	15'699 m <sup>3</sup>

**Gebäudekosten:**

BKP 2 : Fr. 9.7 Mio. 618.- / m<sup>3</sup> (SIA 416)

BKP 1-9: Fr. 11.157 Mio. 710.- / m<sup>3</sup> (SIA 416)

BKP 1-5: Fr. 3'266.- / m<sup>2</sup> HNF (SIA 416)

Kosten Abbruch und Altlasten in BKP 0

Förderbeitrag MINERGIE-P: 0.324 Mio. bei BKP 2 abgezogen

**Nutzung:**

40 Wohnungen (Haus A und B der npg):

4 1 ½ Zimmerwohnungen 39-43 m<sup>2</sup>

7 2 ½ Zimmerwohnungen 53-57 m<sup>2</sup>

19 3 ½ Zimmerwohnungen 71-82 m<sup>2</sup>

9 4 ½ Zimmerwohnungen 103-106 m<sup>2</sup>

1 5 ½ Zimmerwohnungen 120 m<sup>2</sup>

3 Ateliers 110 m<sup>2</sup>, unterteilbar in 4-5 Räume

7 Besucherparkplätze

**Gebäudetechnik:**

Erdsondenwärmepumpe (Contracting), Wohnungslüftung, PV-Anlage (Contracting)

## 2.2. Projektdokumentation



Abbildung 2-1: Situation Bern Bümpliz Süd



Abbildung 2-2: Haus B und A der npg (oben Haus C der wok, Mitte Hofhaus)

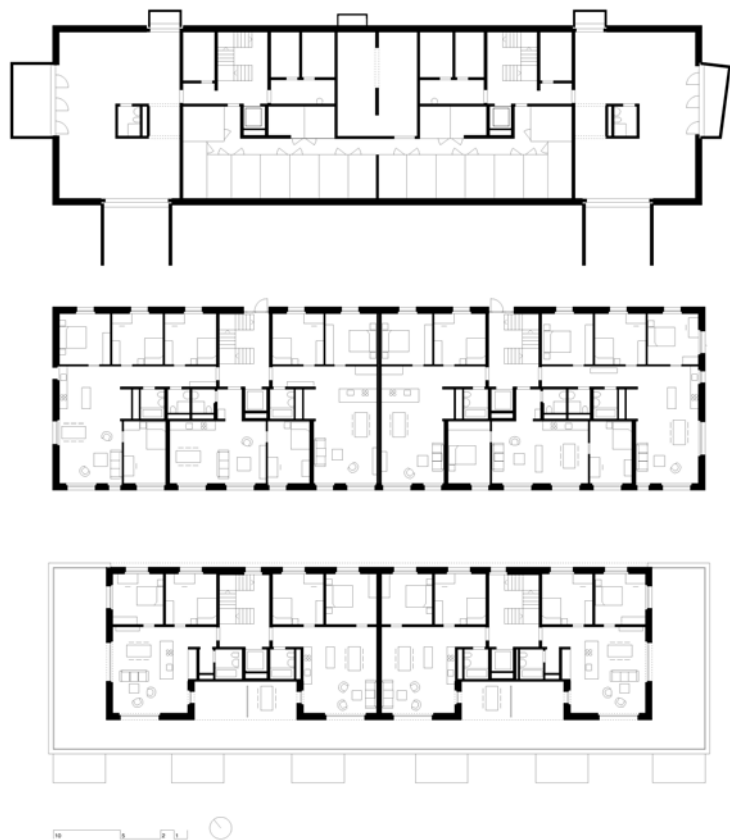


Abbildung 2-3: Grundrisse UG, EG, Attika Haus A



Abbildung 2-4: Südwestfassaden Haus B (links) und Haus A



Abbildung 2-5: Nordostfassade Haus A (links) und Schnitt Haus B



Abbildung 2-6: Grundrisse UG, EG, Attika Haus B



Bild 2-1: Südfassade mit Balkon

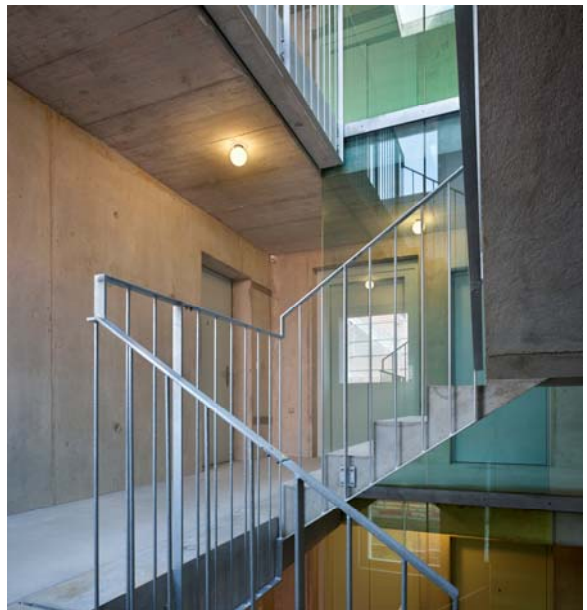


Bild 2-2: Treppenhaus



Bild 2-3: Wohnung 2. Obergeschoss



Bild 2-4: Wohnung Attika



Bild 2-5: Wohnung Küche Attika



Bild 2-6: Küche 2. Obergeschoss



Bild 2-7: Wohnung 2. Obergeschoss



Bild 2-8: Haustechnikzentrale Untergeschoss

## 2.3. Mobilität

### Autofreies Konzept

Das Konzept autofreier Wohnsiedlungen ist seit bald 20 Jahren Bestandteil der umweltpolitischen Diskussionen in der Schweiz. In der Siedlung Burgunder ist dieses nun erstmals umgesetzt worden. Die beiden Bauträger – npg und wok – konnten mit der Stadt Bern 2009 in einer Vereinbarung (im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens) erreichen, dass für die gesamte Siedlung Burgunder mit 80 Wohnungen keine Parkplätze, ausgenommen Besucherparkplätze, gebaut werden mussten. Im Gegenzug verpflichteten sich die Mietenden dazu, keine eigenen Autos zu besitzen und in einem Umkreis von 300 Metern zu parken. Planerisch musste nachgewiesen werden, dass im Falle des Scheiterns des Mobilitäts-experiments eine Einstellhalle gebaut werden könnte. Tatsache ist jedoch, dass in städtischen Zentren wie Bern nahezu die Hälfte aller Haushalte kein eigenes Auto besitzt [3] und demzufolge ein grosser Nachfragemarkt für Wohnungen ohne teure Infrastruktur für Autoparkplätze besteht. In der Dokumentation „Die Siedlung Burgunder: Minergie-P-ECO und autofrei“ [3] wird dieses Thema ausführlich dargestellt.

### Gute Erschliessung und soziale Infrastruktur

Für die Bewohnerinnen und Bewohner der Siedlung Burgunder ist das Zentrum von Bern-Bümpliz in wenigen Minuten zu Fuss, mit dem Velo oder mit dem Bus erreichbar. Dieses bietet sämtliche soziale Infrastrukturen an: von Einkaufszentren über Arztpraxen, Drogerien und Apotheken bis zur Klinik Permanence Bern mit eigenem Notfalldienst. Auch die Volksschule mit Tagesschule befindet sich in Gehdistanz. Der weitläufige Könizbergwald und das Weyermannshausbad dienen in unmittelbarer Nähe als Freizeit- und Erholungsgebiete. Der Bahnhof Bern Bümpliz Süd ist rund 100 Meter von der Siedlung Burgunder entfernt. Mit der S-Bahn, die mehrmals pro Stunde fährt, kann das Stadtzentrum innerhalb von 4 bis 8 Minuten erreicht werden. Weiter befindet sich die Tramhaltestelle Bümpliz Post rund 5 Gehminuten von der Siedlung Burgunder entfernt. Die Siedlung wird somit optimal durch öffentliche Verkehrsmittel erschlossen.

In der Siedlung Burgunder hat es zurzeit einen Mobility-Standort für ein Fahrzeug, zwei weitere Standplätze sind am Bahnhof Bern Bümpliz Süd sowie bei der Post in Bümpliz zu finden. Sollte der Bedarf an Car-Sharing-Fahrzeugen in der Siedlung Burgunder steigen, könnte ein zweiter Standplatz in der Siedlung selbst erstellt werden.

## 2.4. Gebäudehülle

### Gebäudetypologie und Anpassungsfähigkeit

Die Neubauten der Häuser A und B wurden nach dem Standard MINERGIE-P-ECO geplant, gebaut und zertifiziert: Label BE-012-P-ECO und BE-013-P-ECO. Die zwei einfachen und kompakten Bauvolumen suchen mit ihrer Ausrichtung und einem differenzierten Öffnungsverhalten eine Optimierung zwischen guter Aussenraumqualität, Privatheit und solarer Nutzung. Mit einer klaren Typologie, die sich durch tragende Aussenwände und Kern sowie durch flexible Zwischenwände auszeichnet, wird Raumqualität geschaffen und eine hohe (mittel- und langfristige) Anpassungsfähigkeit erlangt. Eine möglichst konsequente Systemtrennung mit zugänglichen und zum Teil offen geführten Lüftungsleitungen ist eine logische Konsequenz davon. Weitere Merkmale sind eine hohe Materialechtheit und ein gebrauchstauglicher Ausbau.

### Energieeffizienz und Komfort

Die beiden Neubauten A und B der Siedlung Burgunder sind nach dem polaren Prinzip aussen rundum konsequent wärmegeklämt und gedichtet. Unter der Bodenplatte entspricht dies 30 cm Misapor (U-Wert 0.28 W/m<sup>2</sup>K), bei Atelierböden zusätzlich innen 10 cm XPS (U-Wert 0.16 W/m<sup>2</sup>K), bei den Kellerwänden in Beton 20 cm XPS (U-Wert 0.18 W/m<sup>2</sup>K), bei den Fassadenwänden in Backstein 2 x 16 cm EPS (U-Wert 0.11 W/m<sup>2</sup>K), bei den Attikaterassen 16 cm PUR (U-Wert 0.16 W/m<sup>2</sup>K), bei den Attikadächern 2 x 16 cm EPS (U-Wert 0.10 W/m<sup>2</sup>K). Die Fenster haben ein U-Wert Glas von 0.7 W/m<sup>2</sup>K, einen g-Wert von 48%, einen Randverbund von 0.035 W/m<sup>2</sup>K sowie einen U-Wert für den Holzmetallrahmen von 1.2 W/m<sup>2</sup>K.

Die Dämmung schliesst dabei das ganze Untergeschoss inklusive der Bodenplatte mit ein, was nebst ökologischen auch ganz klar ökonomische Vorteile mit sich bringt. Die einfachen konstruktiven Details ermöglichen sparsame Lösungen mit wenigen Durchdringungen und dadurch bloss minimale Wärmebrücken. Durch eine klare Trennung der Aussenbauteile wie den Vorzonen und den Balkonkonstruktionen, die statisch eigenständig konstruiert sind, konnten die Durchdringungen nochmals reduziert werden. Aus ästhetischen Gründen wurden die Balkonkonstruktionen nicht vollständig vom Hauptgebäude losgelöst, was zu einigen grösser dimensionierten Anschlussteilen an der Fassade und somit zu energetisch relevanten Wärmebrücken führte. Durch Wandscheiben auf den Balkonen, die den einzelnen Bewohnerinnen und Bewohnern eine grössere Privatheit ermöglichen, wurden zudem einige zusätzliche Verschattungen in Kauf genommen, die sich auf den passiven Energiegewinn negativ auswirkten. Die (ökonomische) Beschränkung auf wenige Fensterformate – grosse auf den mehrheitlich besonnten Seiten, kleine auf den weniger besonnten Seiten – erwies sich aus formaler Sicht nicht als Nachteil. Gestalterisch einschneidender wirkte sich die volumetrische Anpassung des Attikageschosses aus. Mit der Umplanung von drei auf vier Wohnungen im Gebäude A musste auf die überzeugendere asymmetrische Anordnung der Attika verzichtet werden. Am wesentlichsten für das Gesamtbild erwies sich die hauptsächlich ökonomisch begründete Wahl einer Kompaktfassade an Stelle der ursprünglich geplanten Holzkonstruktion.

Die in Zukunft vollständig begrünte Fassade soll dennoch ein sichtbares Zeichen eines nachhaltigen Bauens setzen. Es sind also weniger die hohen energetischen Ansprüche und die Komfortbedürfnisse, als vielmehr die Zielkonflikte zwischen Architekturanspruch und wirtschaftlichen Grenzen, welche sich in den Gebäuden der Siedlung Burgunder widerspiegeln.

## 2.5. Gebäudetechnik

### Heizung

Auf Grundlage der planerischen Vorgaben und der örtlichen Gegebenheiten wurde in einem ersten Schritt ein Variantenvergleich zwischen Holzpellets und Erdwärme als Primärenergieversorgung erstellt. Beide Energieträger ermöglichen eine CO<sub>2</sub>-freie bzw. CO<sub>2</sub>-neutrale Versorgung, die dem Basisziel eines CO<sub>2</sub>-freien Wohnens entspricht. Dabei galt es ebenfalls die Tatsache zu berücksichtigen, dass bei MINERGIE-P-ECO die Bedeutung der Heizenergie aufgrund einer hervorragenden Gebäudehüllendämmung grundsätzlich abnimmt. Der Warmwasserbedarf hingegen bleibt unverändert und erhält somit für die Auslegung des Energiesystems mehr Gewicht.

### Wärmepumpen

Aufgrund technischer und wirtschaftlicher Abwägungen fiel der Systementscheid zu Gunsten einer Nutzung der Erdwärme mit einer Wärmepumpenanlage aus. Im Vergleich zu einer Pelletsheizung liegen die Investitionskosten einer Wärmepumpenanlage höher, die jährlichen Betriebskosten aber deutlich tiefer, womit die Gesamtkosten letztlich günstiger ausfallen. Dank der ganzjährig zur Verfügung stehenden Erdwärme ergeben sich günstige und ökologisch optimale Bedingungen für den Wärmepumpenbetrieb. Der Heizbetrieb erfolgt mit maximal 30°C Vorlauftemperatur. Die Energieverordnung erlaubt bei diesem Temperaturbereich sowohl auf Einzelraumregulierungen als auch auf eine Heizkostenabrechnung zu verzichten, was sich kostensenkend auswirkt.

Des Weiteren wurde eine zentrale Auslegung der Komfortlüftung beschlossen, sodass die gesamte Technik in Zentralen platziert werden konnte. Heizwärme, Nachwärmung der Zuluft sowie Warmwasseraufbereitung werden heute ganzjährig über diese Wärmepumpenanlage sichergestellt; Die Energieversorgung wird auf diese Weise zu 100% durch Erdwärme und die Elektrizität für die Wärmepumpe gewährleistet. Eine zusätzliche Spitzenlastabdeckung ist nicht erforderlich.

### Kühlung

Zusätzlich konnte eine Freecooling-Schaltung installiert werden, damit einerseits eine sommerliche Kühlung der Wohnungen realisiert und andererseits der Untergrund über die Erdwärmesonden thermisch „aufgeladen“ werden kann. Die hydraulische Verbindung erfolgt über einen den Wärmepumpen vorgelagerten Wärmetauscher. Lüftung und Bodenheizung dienen hier der Komfortsteigerung. Die Aussenluft wird im Winter nachgewärmt und im Sommer gekühlt.

### Warmwasser

Das Energiesystem wurde so ausgelegt, dass die Wärmepumpe eine optimale Kondensationstemperatur und Jahresarbeitszahl aufweist und die Warmwassertemperatur an den Zapfstellen in den Wohnungen minimal 45°C beträgt. Die von den Erdwärmesonden kommende Sole gelangt in die Wärmepumpe, wo ihr Energie entzogen wird, um damit im Sekundärkreislauf einen maximalen Temperaturwert von 51°C zu ermöglichen. Die von der Berner KWT (Kälte-Wärmetechnik AG) konzipierte Wärmepumpe versorgt nach Bedarf entweder die Bodenheizung mit 30°C oder den 5000 Liter umfassenden Speicher für die Warmwasserversorgung.

Zwischen diesem Speicher und den einzelnen Zapfstellen im Gebäude sind drei Durchlauferhitzer bzw. Plattenwärmetauscher zwischengeschaltet, wodurch ein schlankes, vom Speicher getrenntes Frischwassersystem ermöglicht wird. Die sonst üblichen Speichermassen entfallen, womit die Legionellengefahr auf der Frischwasserseite unterbunden wird. Durch die tieferen Warmwassertemperaturen konnten die installierten Anlagen auf eine niedrigere Leistung ausgelegt werden, was die Investitions- und Betriebskosten verringert, die Energieeffizienz jedoch erhöht.

## **Lüftung**

Das Lüftungssystem, welches für minimale Luftmengen geplant wurde, wird durch einen zentralen Monoblock pro Gebäude gespeist. Die Luftwechselrate liegt in den Wohnungen bei 0.5 bis 1 pro Stunde. Somit beträgt die Luftmenge beispielsweise für alle Wohnungen des Hauses A insgesamt 3000 m<sup>3</sup> pro Stunde mit einer Temperatur von 20°C. Die Aussenluft wird in einer drei Meter hohen Luftfassung aufgenommen und über ein erdverlegtes Rohr in die Zentrale geführt. Im Monoblock wird die Luft anschliessend gefiltert, durch die Wärmerückgewinnung vorgewärmt. Im Winter wird bei Bedarf die Zuluft nachgewärmt; dazu dient ein direkter hydraulischer Anschluss an die Versorgung der Bodenheizung.

## **Contracting**

Bereits zu einem frühen Planungszeitpunkt stellte sich die Frage nach einer geeigneten Betreuung des gesamten Haustechniksystems. Diesbezüglich wurden die Stadtwerke Energie Wasser Bern (ewb) als Contractor involviert; sie konnten somit auch die Ausführung der beiden Energiezentralen in den jeweiligen Gebäuden mitbestimmen. Für die Bauherrschaft npg AG stellt das Contracting der ewb eine ideale Grundlage für einen optimierten und zuverlässigen Betrieb des gesamten Energiesystems dar.

### 3. Planungs- und Realisierungsprozess

Die von der npg im Auftrag des BWO verfasste Publikation „Die Siedlung Burgunder: MINERGIE-P-ECO und autofrei“ [3] dokumentiert den gesamten Planungs- und Realisierungsprozess ausführlich:

- Projektentstehung
- Leitbild und Zielvorgaben
- Finanzierung
- Die Siedlung Burgunder in der Realität – Ökologie – Ökonomie – Gesellschaft
- Auswertung und Kontrolle
- Ausblick

Im Folgenden werden einige zentrale Aspekte der Studie bezüglich der Umsetzung nach MINERGIE-ECO wiederholt:

#### **Gesundheit und Ökologie**

Für die direkte Umsetzung der Anforderungen einer gesunden und ökologischen Bauweise, die sich über den Standard MINERGIE-ECO beurteilen lassen, erwiesen sich folgende Punkte als besonders wichtig:

- Klare und frühzeitige Zieldefinition durch die Bauherrschaft, d.h. bereits in der Phase des qualifizierten Auswahlverfahrens für das Planerteam.
- ECO ist ein Prozessinstrument und wird in den Planungsphasen vom Vor- über das Bau- bis hin zum Ausführungsprojekt laufend verfeinert. Dies fordert eingehende fachliche Diskussionen, Argumentationen, Konsensfindungen und Entscheide seitens der Planenden und der Bauherrschaft.
- Die Entwicklung sachgemässer Konstruktionsdetails unter Verwendung von ökologischen Materialien und auch die präzise Formulierung der Ausschreibungsunterlagen, was die allgemeinen als auch die konstruktionsspezifischen Beschriebe anbelangt.
- Laufende Qualitätssicherung während der Planung.
- Die kontinuierliche Kontrolle auf der Baustelle.
- Umfassende Kommunikation innerhalb des Planerteams, mit Unternehmen und Lieferanten sowie mit den direkt involvierten Handwerkern auf der Baustelle.

Grundsätzliche und übergeordnete Erläuterungen zu einer Bauweise nach MINERGIE-ECO sollten insbesondere die Ziele, den Nutzen und den Prozess kurz umschreiben und motivierend wirken. Allerdings genügen generelle Bemerkungen in den allgemeinen Submissionsbestimmungen nicht. Entscheidend ist, dass die konstruktiven Details konsequent mit Sicht auf die Nachhaltigkeitskriterien entwickelt und die Ausschreibungstexte präzise formuliert werden.

Weiter ist eine sehr frühe Sensibilisierung der beteiligten Unternehmen entscheidend: Was bedeutet MINERGIE-ECO, was beinhaltet dieses Qualitätslabel und was sind die konkreten Folgen für die Arbeiten der einzelnen Unternehmen? Dazu ist eine klare Kommunikation seitens der Planenden an die einzelnen Unternehmen unabdingbar. Die Ausführenden müssen sich bei der Vergabe der Arbeiten bewusst sein, was sie für den kalkulierten Preis leisten müssen (ohne nachträgliche Mehrkosten). So wurde – zur laufenden Qualitätssicherung auf der Baustelle – bei der Vergabe eine Liste der vereinbarten Materialien von den Unternehmen erstellt und von den Planenden bestätigt.

Die transparente Kommunikation ist auf sämtlichen Stufen entscheidend und betrifft externe wie auch interne Abläufe: Geschäftsleitung, Kalkulation, Bauleitung und ausführende Handwerker. Dabei können auch Lerneffekte für Planende und Ausführende entstehen.

## 4. Planwerte

### 4.1. Heizwärme- und Warmwasserbedarf

Die Berechnungen nach SIA 380/1:2009 und dem MINERGIE-P-Nachweistool (Version 11, 2009) ergeben folgende Planwerte mit Standardnutzungen (Qualität der Gebäudehülle):

- Heizwärmebedarf mit Standardluftwechsel ( $Q_h$ ): 58 MJ/m<sup>2</sup>
- Primäranforderung nach MINERGIE-P ( $Q_{h,soll}$ ): 68 MJ/m<sup>2</sup>
- Gesetzliche Mindestanforderung ( $Q_{h,li}$ ): 112 MJ/m<sup>2</sup>

Relevante architektonische und energetische Merkmale des Gebäudes sind:

- kompakte Gebäudehülle
- einfache und konsequente Perimeterdämmung
- gute Dämmwerte, ausgenommen beim begehbaren Flachdach
- marktübliche Fenster mit guten Gläsern
- wenig konstruktive Wärmebrücken, mit Kompromissen bei den Holz-Metall-Fenstern und den Befestigungen der Balkonscheiben
- optimierte solare Gewinne, in beschränktem Rahmen (Balkone wurden z.T. auf opake Wandflächen verschoben, trotzdem bleiben relativ grosse horizontale Verschattungen der Gläser sowie vertikale Verschattungen durch die seitlichen Betonscheiben)

Die Wärmerückgewinnung senkt dank dem sehr tiefen effektiven Luftvolumenstrom von 0.2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h den Heizwärmebedarf stark. Die Berechnungen nach SIA 380/1 mit thermisch effektivem Volumenstrom ergeben Verluste von 180 MJ/m<sup>2</sup> und Gewinne von nahezu 160 MJ/m<sup>2</sup>. Der daraus resultierende Heizwärmebedarf ( $Q_{h,eff}$ ) beträgt 23 MJ/m<sup>2</sup> (Grafik 4.1).

Dieser Vergleich zeigt die Sensitivität der Berechnungsmethode. Ungenauigkeiten oder Fehler wirken sich bei Gebäuden mit solch hohen Anforderungen stark auf das Resultat aus. Demgegenüber steht der Standardwert für Warmwasser von 70.5 MJ/m<sup>2</sup> (Mix Wohnen MFH und Verwaltung mit Ateliers im UG). Hier lässt die Berechnung nach SIA 380/1 und MINERGIE-P auf der Bedarfsseite keine Optimierung zu.

### 4.2. MINERGIE-P Energiekennzahl / Haustechnik

Die Energieerzeugung erfolgt über eine Erdsondenwärmepumpe, die den gesamten Heiz- und Warmwasserbedarf abdeckt. Speziell ist der ausserhalb des Speichers liegende Wärmetauscher für die Warmwassererzeugung. Auf diese Weise kann das Wachstum von Legionellen minimiert und die Warmwassertemperatur tief gehalten werden. Weiter kann dadurch eine hohe Jahresarbeitszahl für die Warmwassererzeugung erreicht werden.

Beim Heizen wiederum sorgen entsprechend tiefe Vorlauftemperaturen für eine hohe Energieeffizienz. Die Jahresarbeitszahlen für den Heizbetrieb wurden mit 3.9, für die Warmwassererzeugung mit 2.92 berechnet.

Ein zentraler Monoblock sorgt für die gute Raumlufte. Aus Kostengründen wurde auf eine dezentrale Lüftung mit der Möglichkeit einer Luftmengenregulierung pro Wohnung verzichtet. Der Strombedarf für die Lüftung beträgt 3.3 kWh/m<sup>2</sup> bzw. 12 MJ/m<sup>2</sup>.

Die relativ hohen Werte von 1.8 kWh/m<sup>2</sup> oder 6.5 MJ/m<sup>2</sup> der Hilfsbetriebe (Heizungspumpen etc.) werden unter anderem aufgrund des Freecoolings im Sommer verursacht.

Mit einer gewichteten Energiekennzahl nach MINERGIE-P von 26.8 kWh/m<sup>2</sup> wird die Vorgabe von 29.6 kWh/m<sup>2</sup> erreicht (siehe Tabelle 4-1, Grafik 4.1).

Tabelle 4-1: MINERGIE-P-Nachweis

	<b>Wärmeerzeugung: (Heizung + Warmwasser)</b>	<input type="checkbox"/> oder JAZ	Gewicht	Deckungsgrad		gewichteter Endenergiebedarf		Wärmebedarf
				Heizung	Warmwasser	Strom kWh/m <sup>2</sup>	andere kWh/m <sup>2</sup>	
N15	Erdsonden-WP, Heizung	3.9	2	100.0%		3.2		6.3
N16	Erdsonden-WP, Warmwasser	2.92	2		100.0%	13.4		19.6
N17								
N18								
N19								
N20	Strombedarf Lüftungsanlage		2			6.6		
N21	Strom Hilfsbetriebe		2			3.6		
N22	Total:			100%	100%	26.8		25.9
	<b>Erfüllung der Anforderungen:</b>			<b>Anforderung</b>		<b>Berechneter Wert</b>		<b>Erfüllt?</b>
N23	Primäranforderung an Gebäudehülle			19.0 kWh/m <sup>2</sup>		16.2 kWh/m <sup>2</sup>		Ja
N24	Grenzwert MINERGIE - P			29.6 kWh/m <sup>2</sup>		26.8 kWh/m <sup>2</sup>		Ja
N25	Thermischer Komfort im Sommer							Ja

### 4.3. Luftdichtigkeit (Blower-Door-Messung)

Die Luftdichtigkeitsmessung mittels eines Blower-Door-Tests stellt, neben der Primäranforderung, eine entscheidende Qualitätsprüfung der Gebäudehülle dar. Damit können insbesondere bauphysikalische Risiken (v.a. Luftlecks) und Energieverluste minimiert werden. Weiter ist die Dichtigkeit zwischen den Wohnungen nicht zu vernachlässigen, um Geruchsübertragungen innerhalb des Gebäudes zu vermeiden.

Eine dichte Gebäudeaussenhülle (Leaks von höchstens einem A5 Blatt pro Wohnung) stellt bei einem Massivbau sicherlich nicht gleiche Herausforderungen wie bei einem Leichtbau dar. Bei Mehrfamilienhäusern erfordert jedoch die Dichtigkeit zwischen den Nutzungseinheiten innerhalb des Gebäudes eine entsprechend sorgfältige Planung. Die Messung ist rechtzeitig mit der MINERGIE-P Zertifizierungsstelle abzusprechen.

Die Resultate sind in Kapitel 5.3 dargestellt.

### 4.4. Haushaltselektrizität

Die Vorgabe für MINERGIE-P sind A/A+ Geräte. Im Objekt sind meist bessere Geräte eingesetzt worden:

- Kühlschrank: Electrolux EK 1222-E / EK 1012-E A++
- Geschirrspüler: Electrolux GA 55 GLV AAA mit WW-Anschluss
- Kochherd: Electrolux EH L4-4 A
- mit Glaskeramik Electrolux GK 56P nicht klassifiziert
- Dampfzug Electrolux DA GL 55/IH EFC 9725 nicht klassifiziert
- Waschmaschine: Schulthess Spirit topLine 8010 A+AA mit WW-Anschluss
- Raumlufth Trockner: Savanna 14 A1

Bei der fix installierten Beleuchtung wurden folgende Produkte montiert:

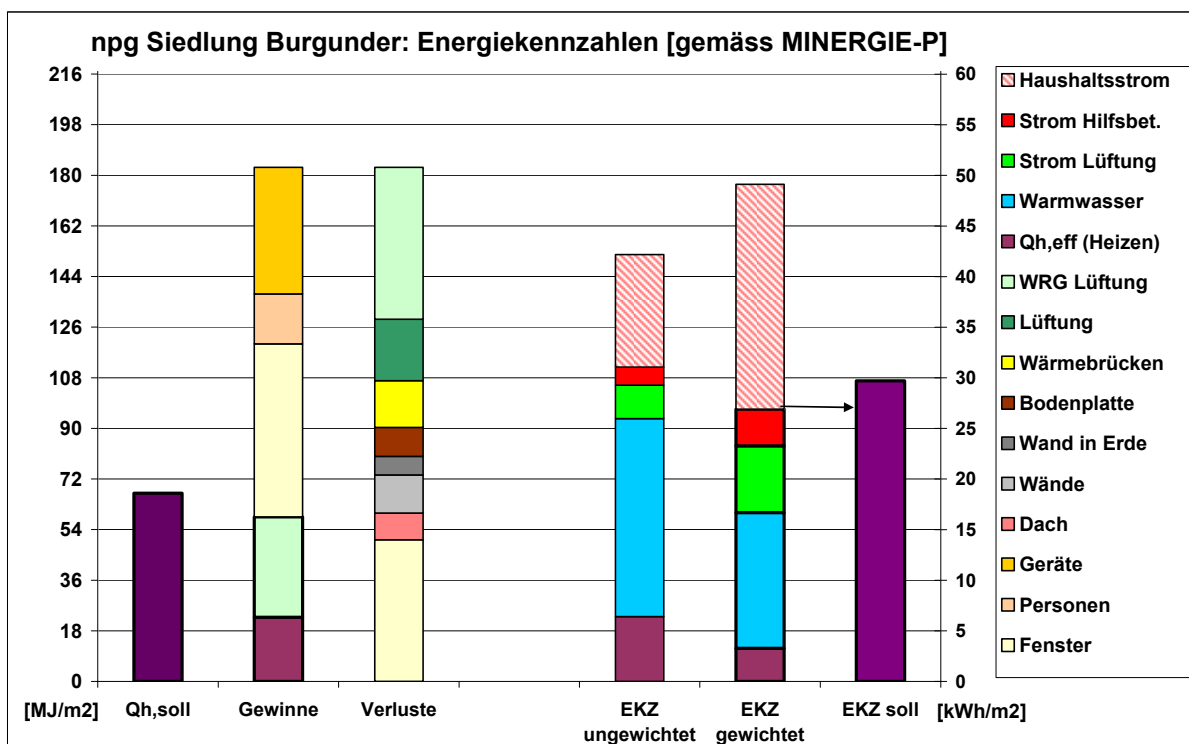
- Spiegelschrank Bad: Cetus mit FL Röhren T5 mit EVG 14 W
- Treppenhaus: Globe DULUXSTAR „Sparlampe“ 14/18 W

Zur Berechnung des Elektrizitätsbedarfs wurde das Tool energybox [6] eingesetzt. Dieses Tool hat eine begrenzte Genauigkeit, weil viele Annahmen – wie Bewohnerzahl, installierte Beleuchtung und Geräte – getroffen werden müssen. Die Berechnung ergibt einen Endenergiebedarf von ca. 1400 kWh pro Wohnung, wobei für den Allgemeinstrom (inkl. Waschen und Trocknen) ein Zuschlag von 20% zur energybox-Berechnung erhoben wurde. Rückgerechnet auf die Energiebezugsfläche resultiert daraus ein Bedarf von 40 MJ/m<sup>2</sup>. Der Standardwert nach SIA 380/1 beträgt 100 MJ/m<sup>2</sup>.

Der Einsatz von Bestgeräten beeinflusst rund die Hälfte des Haushaltstroms. Auch bei der allgemeinen Beleuchtung sind beste Leuchten verwendet worden. Trotzdem bleibt der Bewohnerschaft ein grosser Spielraum, diesen Energieanteil zielführend zu beeinflussen. Eine entsprechende Kommunikation erfolgte sowohl mündlich als auch über das Betriebs- resp. Benutzerhandbuch.

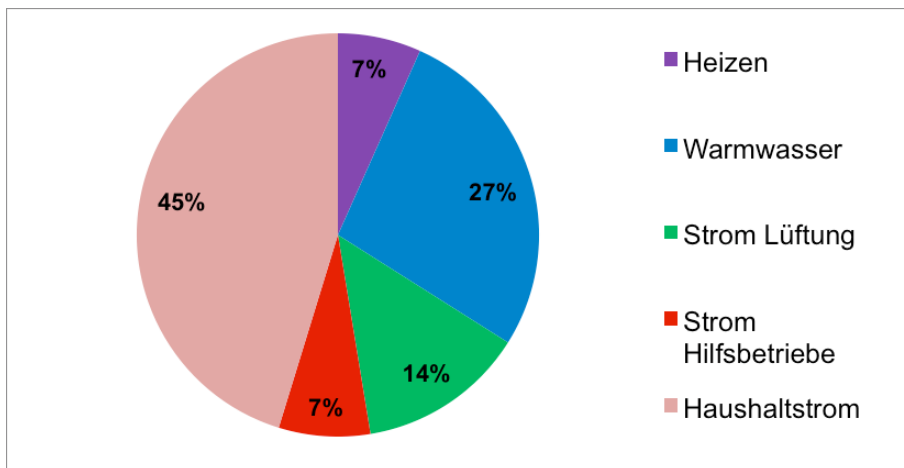
### Gesamtbetrachtung Betriebsenergie

Die Gesamtbetrachtung der Berechnung des Energiebedarfs im Betrieb wird in der Grafik 4.1 dargestellt. Die linken 3 Säulen stellen die Berechnung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1 dar, die rechten 3 Säulen die Berechnung nach MINERGIE-P. Die ungewichtete Energiekennzahl (EKZ) stellt den Energiebedarf dar. Die gewichtete Energie wird beim Wärmebedarf (Heizen und Warmwasser) durch die Jahresarbeitszahl dividiert. Der gesamte Endenergiebedarf wird mit Elektrizität abgedeckt und somit mit dem Faktor 2 für die Berechnung der gewichteten Energiekennzahl multipliziert.



Grafik 4.1: Planwerte Heizwärmebedarf, MINERGIE-P Kennzahlen inkl. Haushaltstrom

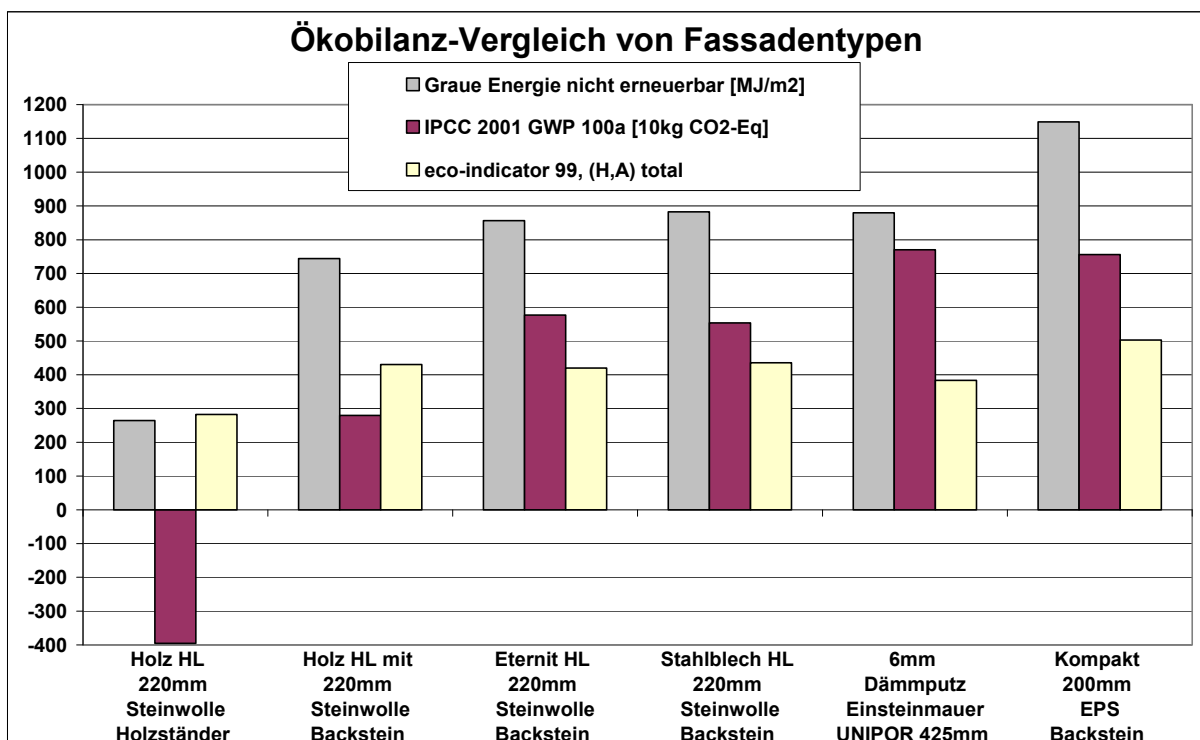
Die prozentuale Zusammenstellung des Endenergiebedarfs (ausschliesslich Elektrizität) hebt die Dominanz des Haushaltstromes deutlich hervor.



Grafik 4.2: Aufteilung Elektrizitätsbedarf

## 4.5. Graue Energie

Die qualitative Beurteilung der Grauen Energie wurde mit SNARC [7] ermittelt; die Aussagekraft ist entsprechend grob. Der berechnete Wert von  $74 \text{ MJ/m}^2$  entspricht bereits der gewichteten Primärenergie nach SIA 2032 [8]. Der Zielwert nach SIA 2040 [4] von  $130 \text{ MJ/m}^2$  wird trotz des Massivbaus unterschritten. Positive Faktoren bilden die Einfachheit des Ausbaus, das Fehlen einer Einstellhalle und der damit verbundene geringe Anteil an unterirdischem Bauvolumen. Mit einer Reduktion von Konstruktions- und Materialschichten – einem Ansatz von Suffizienz – werden Ressourcen geschont und Umweltauswirkungen vermindert. Negativ wirken sich der Massivbau wie auch die Kompakt-Aussendämmung mit EPS aus. Die Wandaufbauten sind in einer frühen Planungsphase mittels Ökobilanzen (nach ecoinvent [9]) analysiert und optimiert worden. Die ökonomische Gewichtung stand dabei letztlich über der ökologischen.



Grafik 4.3: Ökobilanz von Fassadensystemen mit gleichem Dämmwert

## 4.6. MINERGIE-ECO Gesundheit – Bauökologie

Der Nachweis nach MINERGIE-ECO (Version 2.3, 2009) in der Planungsphase (Vorstudien / Projekt) wurde durch das Erreichen von 74 Punkten im Bereich Gesundheit und 71 Punkten im Bereich Bauökologie ohne grosse Reserve erbracht; die Minimalanforderung beträgt dabei jeweils 66 Punkte.

Lärm erwies sich als kritisches Kriterium, da bei Mehrfamilienhäusern nur 5 Fragen relevant sind. Um die ECO-Anforderung von 50% zu erreichen, mussten somit 3 Fragen erfüllt werden. Durch das Erfüllen der Mindestanforderungen gemäss SIA 181 bei haustechnischen Anlagen und bei der Gebäudehülle (2 Fragen) sowie dem Lärmschutz des privaten Aussenraums konnte auch das Kriterium Lärm abgedeckt werden. Ein erhöhter Schallschutz zwischen den Nutzungseinheiten und auch ein Schallschutz innerhalb der Nutzungseinheiten würden zu einem klaren Mehrwert, aber auch zu entsprechenden Kosten führen.

Tabelle 4-2: Auszug MINERGIE-ECO Nachweis (Auswertung)

### Auswertung

	Vorstudien / Projekt		Vorstudien / Projekt / Ausschreibung / Realisierung zusammen	
	Obj. Wert	Erfüllt	Obj. Wert	Erfüllt
<b>Ausschlusskriterien</b>	-	Ja	-	Ja
Licht	69.0%	Ja	69.0%	Ja
Lärm	60.0%	Ja	60.0%	Ja
Raumluft	83.3%	Ja	78.3%	Ja
Zusatzfragen	0.0%	Ja	0.0%	Ja
<b>Gesundheit</b>	<b>73.9 Punkte</b>	<b>Ja</b>	<b>72.1 Punkte</b>	<b>Ja</b>
Rohstoffe	71.9%	Ja	67.4%	Ja
Herstellung	70.0%	Ja	72.6%	Ja
Rückb. / Entsorg.			80.0%	Ja
Zusatzfragen	0.0%	Ja	3.5%	Ja
<b>Bauökologie</b>	<b>70.9 Punkte</b>	<b>Ja</b>	<b>72.2 Punkte</b>	<b>Ja</b>
<b>Gesamtergebnis</b>	-	Ja	-	Ja

Im Bereich der Bauökologie wurde mit der Berechnung der Grauen Energie (siehe Kap. 4.5) eine erweiterte Betrachtung angestellt, als beim ECO-Nachweis gefordert ist <sup>1</sup>. Die bereits erwähnten Massnahmen haben auch bei ECO zur Zielerreichung beigetragen. Zudem bietet die Kompaktheit des Gebäudes sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht ein Vorteil.

## 4.7. Mobilität

Für die Mobilität sind auf Ebene Gebäude wenige Planungsinstrumente vorhanden. Ein einfaches Modell, basierend auf den Daten der Verkehrserhebungen des Mikrozensus Kanton Bern [10] und den mittleren Energiekennzahlen gemäss mobitool [11], wurde als Annäherung in der Planungsphase angewendet. Eine Verifizierung mit dem SIA-Merkblatt 2039 Mobilität [12] bestätigt die Resultate. Der durchschnittliche Mobilitätsbedarf in der

<sup>1</sup> Die Berechnung der Grauen Energie ist seit 2012 auch bei ECO gefordert.

Schweiz wie auch in der Stadt Bern beträgt 40 km pro Tag. Von dieser mittleren Tagesdistanz wird gemäss dem SIA-Merkblatt 2039 Mobilität etwa die Hälfte dem Wohnen angerechnet. Der Modal Split lag im Jahr 2005, bezogen auf die Tagesdistanzen im schweizerischen Durchschnitt, bei 70% für den motorisierten Individualverkehr (MIV), bei 20% für den öffentlichen Verkehr (ÖV) und bei 8% für den Fuss- und Veloverkehr (andere Verkehrsmittel 2%). In der Stadt Bern lag der Anteil des MIV im Jahr 2005 mit 50% deutlich niedriger, zu Gunsten von 40% ÖV und 9% Fuss- und Veloverkehr. Zudem besitzt fast die Hälfte aller städtischen Haushalte kein eigenes Auto.

Für die Siedlung Burgunder wird angenommen, dass sich der Verkehrsbedarf mit jenem der Stadtberner Bevölkerung deckt, hier jedoch ganz aufs Auto verzichtet wird. Somit wird für die Bevölkerung der Siedlung Burgunder der gewichtete Primärenergiebedarf für Mobilität von 62 MJ/m<sup>2</sup> berechnet. Der Zielwert nach SIA 2040 von 130 MJ/m<sup>2</sup> wird somit deutlich unterschritten. Die Reserve bis zum Zielwert beträgt 2'000 jährliche Autokilometer (z.B. mit Car-Sharing-Autos); bei der Betrachtung über den Treibhauskoeffizient sind es noch 150 km. Nicht zu vergessen ist dabei, dass im Effizienzpfad nur die Alltagsmobilität berücksichtigt wird. Die nicht alltägliche Mobilität, das sind gemäss dem Merkblatt SIA 2039 alle längeren Verkehrswege über 3 Stunden ab Wohnort (Tagesreisen und Reisen mit Übernachtung, z.B. auch Flugverkehr), wird nicht mitberechnet und liegt somit ausserhalb der definierten Systemgrenzen.

## 4.8. 2000-Watt-Kompatibilität nach SIA Effizienzpfad Energie

Anhand der Daten der vorgängigen Kapiteln 4.1 bis 4.7 kann die 2000-Watt-Kompatibilität gemäss dem SIA-Effizienzpfad Energie [2] berechnet werden (Tabelle 4-3). Der Zielwert von 440 MJ/m<sup>2</sup> wird unterteilt in Richtwerte für die verschiedene Bereiche Baumaterial (Graue Energie), Betrieb und der Mobilität. Die zusätzliche Unterteilung der Betriebsenergie in Heizen, Lüften, Klima und Hilfsenergie, Warmwasser sowie Licht und Apparate erfolgte gemäss der SIA Dokumentation [4].

Tabelle 4-3: Berechnung der Planungswerte nach SIA 2040 / D 0216

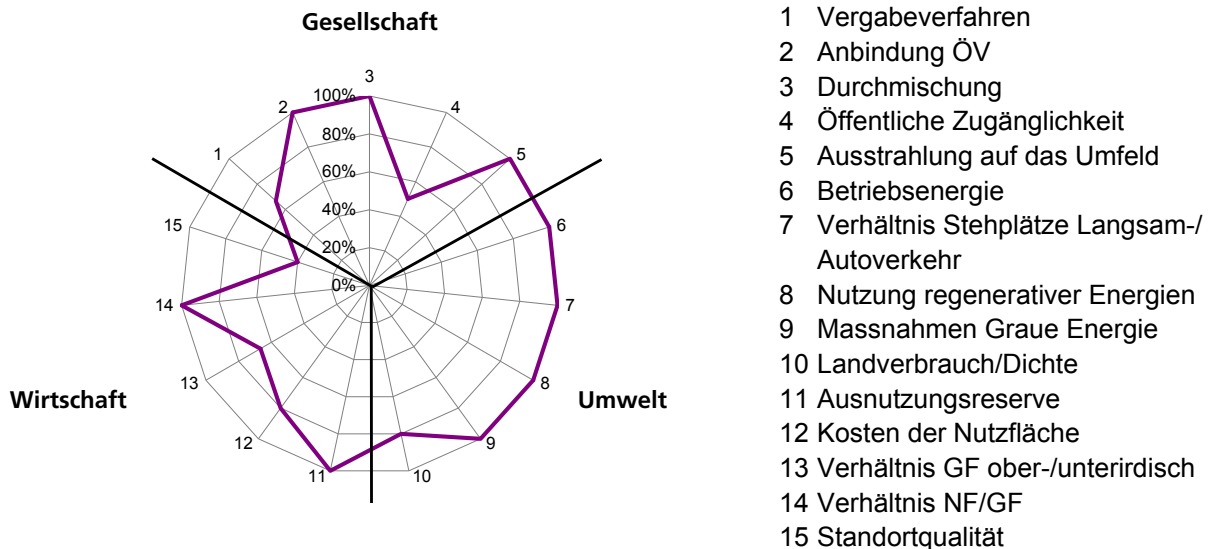
Thema	PE nicht erneuerbar [MJ/m2]			TGEK [kg CO2 eq./m2]			Instrumente
	Zielwert	Planwert	erfüllt	Zielwert	Planwert	erfüllt	
1 Graue Energie	110	74	+	8.5	?		ME-ECO, SNARC
2 Heizen	35	15	++	0.4	0.3	+	ME-P, SIA 380/1
2 Lüften, Klima, Hilfsenergie	20	47	--	0.2	0.8	--	ME-P, HT-Berechnung
3 WW	35	62	--	0.5	1.0	--	ME-P, SIA 380/1-Fixwert
4 Licht & Apparate	110	102	+	1.4	1.7	-	ME-P, energy box
<b>Total Betriebsenergie</b>	<b>200</b>	<b>227</b>	-	<b>2.5</b>	<b>3.8</b>	-	
5 Mobilität	130	62	+	5.0	0.9	++	Microzensus Kt. Bern / mobitool.ch / SIA 2039
Betriebsenergie & Mobilität	330	289	+	7.5	4.7	+	
<b>Total</b>	<b>440</b>	<b>363</b>	+	<b>16</b>			

Bemerkung: Betriebsenergie mit CH-Strommix; Mobilität Durchschnitt Regional- & Fernverkehr mit Strommix SBB

Die 2000-Watt-Kompatibilität ist mit 363 MJ/m<sup>2</sup> gegeben. Die Betriebsenergiewerte (mit den entsprechenden Primärenergiefaktoren angepasst) basieren auf bewährten Berechnungsgrundlagen. Licht und Apparate, Graue Energie und die Mobilität sind hingegen mittels groben Berechnungsmethoden abgeschätzt. Wichtige Grundlagen für dieses Resultat sind der kompakte Baustil, die konsequente Anwendung der Vorgaben für MINERGIE-P-ECO sowie die autofreie Mobilität. Hier trägt der aus ökologischer Sicht gute Strommix der SBB einen wichtigen Teil dazu bei. Ausführlichere Kommentare sind diesbezüglich im Bericht zum Status Seminar 2010 [13] zu finden.

## 4.9. Nachhaltige Entwicklung

Die Zielsetzungen der npg im Bereich der Nachhaltigkeit orientieren sich u.a. an der SIA-Empfehlung 112/1 „Nachhaltiges Bauen – Hochbau“ [14] und am Nachhaltigkeitsrating der Alternativen Bank Schweiz ABS [15]. Eine umfassende und gut darstellbare Nachhaltigkeitsbeurteilung für Bauten und Projekte wurde in „Bauen für die 2000-Watt-Gesellschaft“ [5] angewendet und veröffentlicht. Für die drei Dimensionen Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft werden je fünf Bereiche anhand von einzelnen mess- oder abschätzbaren Kriterien dargestellt. Diese Methode wurde mittels einer eigenen Beurteilung angewandt.



Grafik 4.4: Nachhaltigkeitsdiagramm nach „Bauen für die 2000-Watt-Gesellschaft“

### Kommentar zu den einzelnen Punkten

1. Die Vergabe erfolgte über ein selektives Verfahren.
2. Die Anbindung an den öffentlichen Verkehr ist mit dem weniger als 100 Meter entfernten S-Bahnhof Bümpliz Süd optimal.
3. Die Bautypologie und die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Grundrisse ermöglichen eine hohe soziale Durchmischung, was sich auch in der Vermietung bestätigt.
4. Die öffentliche Zugänglichkeit wesentlicher Teile des Aussenraumes und des gemeinschaftlichen Hofhauses ist gegeben.
5. Die (zukünftige) Ausstrahlung der autofreien Siedlung wird als hoch eingestuft.
6. Die Betriebsenergie (Heizwärme und Kältebedarf) beträgt 11 kWh/m<sup>2</sup> EBF (Nutzenergie).
7. Im Konzept der autofreien Siedlung stehen 90 Veloparkplätze (davon 60 überdeckt) nur 7 Autoparkplätzen (Besuchende und Car-Sharing) gegenüber.
8. Mit einer Wärmepumpe wird Erdwärme genutzt (Contracting), mit einer Photovoltaikanlage Sonnenenergie (Contracting, in Planung).
9. Die Graue Energie wird durch die Wahl geeigneter Materialien und insbesondere auch durch den Verzicht auf eine Einstellhalle verringert.
10. Landverbrauch und Dichte werden mit einer Erneuerung und Verdichtung im städtischen Kontext gut bewertet.
11. Die Ausnutzungsreserve ist kleiner als 20%.
12. Die Kosten pro m<sup>2</sup> Nutzfläche sind mit Fr. 3'320.- im günstigen Bereich.
13. Verhältnis Geschossfläche ober-/ unterirdisch: 3,7.
14. Verhältnis Nutzfläche / Geschossfläche: 0,74.
15. Die Standortqualität (Kriterien: Lärm, Luft, Elektro, Altlast, Energie) wird durch Bahnhofsnahe und optimalen Bezügen zu den Quartiernutzungen gekennzeichnet, jedoch auch durch negative Einflüsse von Bahnlärm und Elektrosmog belastet.

# 5. Messwerte Betrieb

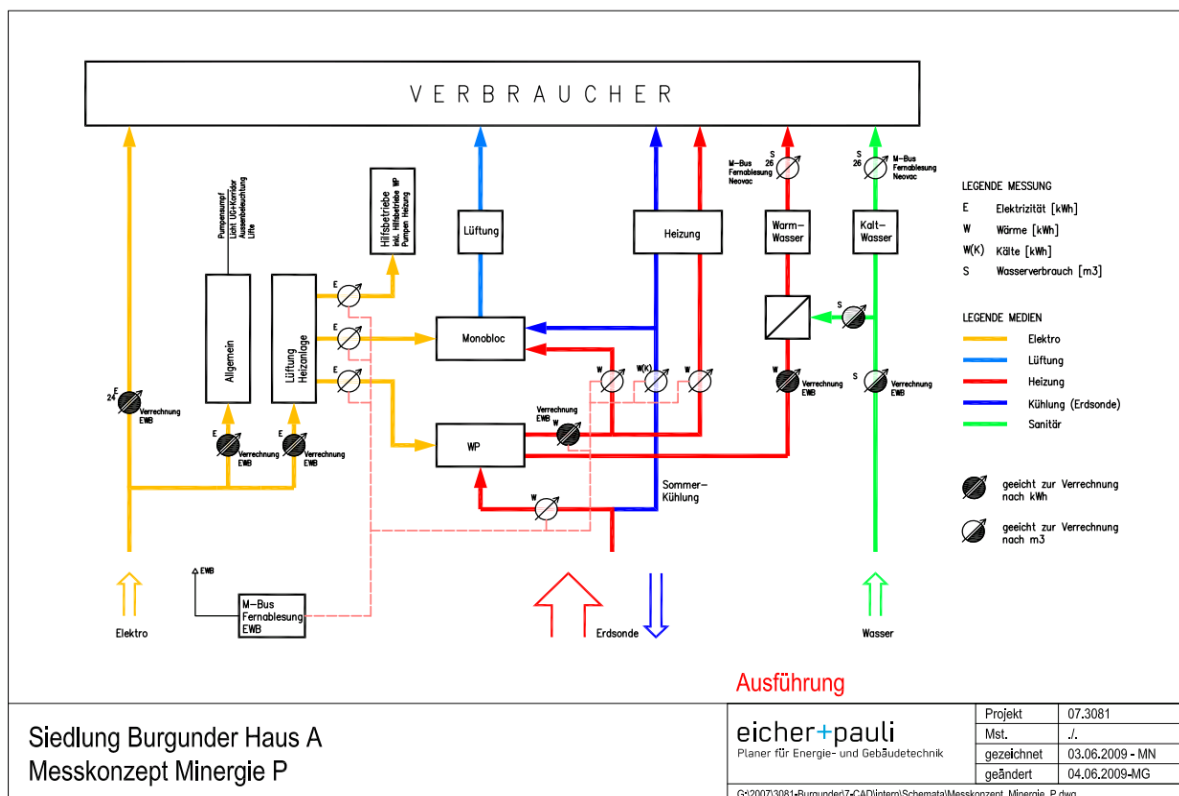
## 5.1. Energieverbrauchsmessung (Heizwärme und Warmwasser)

Ein Schwerpunkt des P+D-Projektes liegt bei der Messung und Auswertung der Betriebsenergie des Hauses A. Die Messung erfolgte durch Energie Wasser Bern (ewb) in Zusammenarbeit mit dem Gebäudetechnikplaner. Die anschliessende Auswertung und Beurteilung erfolgte durch die Autoren.

### 5.1.1. Messkonzept

Grafik 5.1 stellt das Messkonzept dar. Für die Messung der Heiz- und Warmwasserenergie wurden geeichte Wärmezähler installiert, die auch für die Heizkostenabrechnung zwischen dem Contractor ewb und der Nutzerschaft dienen. Ergänzend wurden vier weitere Wärmezähler für die Projektauswertung montiert; zwei für die Kälte- bzw. Wärmeproduktion der Erdsonde sowie zwei für die Wärmemengen der Bodenheizung bzw. der Luftvorwärmung bei der Lüftungsanlage.

Auf der Stromseite dienen die drei Messzweige mit geeichten Zählern der Abrechnung: Einerseits der Hauptzähler „Kraft“ für die gesamten Haustechnikkomponenten Heizung, Lüftung, Hilfsbetriebe (Contracting ewb), andererseits der Allgemeinstrom (Beleuchtung, Aufzug etc. inkl. Wasch- und Trocknungsautomaten) und die Individualzähler der Wohnungen. Die Kraftmessung erfolgt mit drei Unterzählern für Wärmepumpe, Monobloc und Hilfsbetriebe. Da bei den Hilfsbetrieben auch die Erdsondenpumpe angeschlossen wurde, wird der entsprechende Messwert halbiert und die eine Hälfte der Erdsondenpumpe der Wärmepumpe zugerechnet.



Grafik 5.1: Schema Energiemessung

### 5.1.2. Auswertung Wärme- und Stromzähler

Die Messung erfolgte ab Dezember 2010. Letzte Werte konnten Mitte 2012 in die Auswertung einbezogen werden. Die Messwerte wurden auf Jahreswerte hochgerechnet, bei der Heizwärme mittels Umrechnung der Heizgradtage, bei Warmwasser, Lüftung und Hilfsbetriebe mit tagesproportionaler Umrechnung. Bei den Heizgradtagen wurde der Jahreswert gemäss SIA 380/1 zugrunde gelegt. Somit sind Klimaeffekte bei den Jahreswerten (Hochrechnung) bereits berücksichtigt.

Tabelle 5-1: Werte Energiemessung, Hochrechnung auf Jahresverbrauch (Detailwerte im Anhang)

Messperiode	Messung 2011	Messung 2012
	31.12.10 – 19.12.11	19.12.11 – 27.6.12
Fussbodenheizung	55'232 kWh	51'422 kWh
Lufterhitzer (Lüftung)	6'593 kWh	7'371 kWh
Total Heizwärmeverbrauch	61'825 kWh	58'793 kWh
Spezifischer Heizwärmeverbrauch	78.0 MJ/m <sup>2</sup>	71.5 MJ/m <sup>2</sup>
Warmwasser	36'968 kWh	44'488 kWh
Spezifischer Warmwasserverbrauch	46.5 MJ/m <sup>2</sup>	51.5 MJ/m <sup>2</sup>
Heizenergie (Heizung und Warmwasser)	98'794 kWh	103'280 kWh
Rückspeisung in Erdsonde (Freecooling)	634 kWh	1'989 kWh
Strom für Wärmepumpe	27'855 kWh	31'213 kWh
Strom Monoblock	9'209 kWh	9'413 kWh
Strom Hilfsbetriebe	3'723 kWh	3'574 kWh

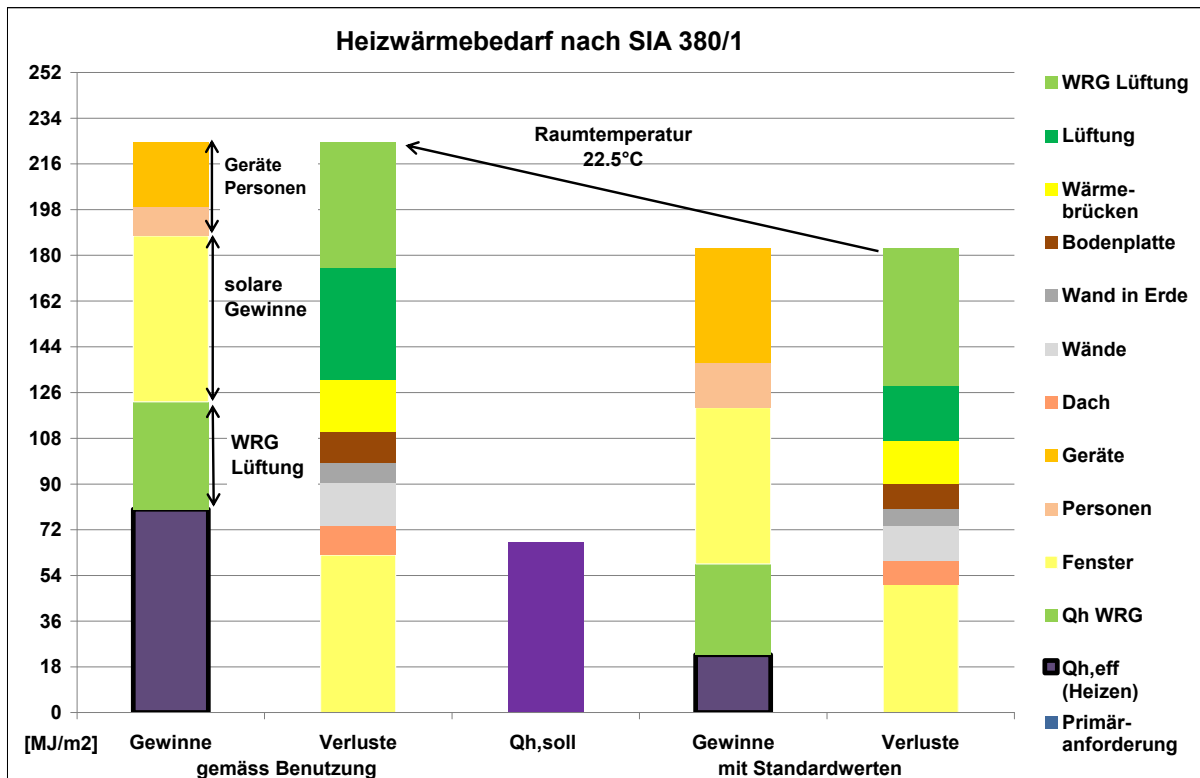
### 5.1.3. Vergleich Heizwärmebedarf – Heizwärmeverbrauch

Die Bedarfsrechnung  $Q_{h,eff}$  gemäss SIA 380/1 von 23 MJ/m<sup>2</sup> basiert auf Standardwerten. Der Messwert von 78 MJ/m<sup>2</sup> im Jahr 2011 bzw. 72 MJ/m<sup>2</sup> im Jahr 2012 erstaunt auf den ersten Blick, beträgt die Abweichung doch mehr als 200%. Für eine genauere Betrachtung müssen jedoch die Standardwerte der aktuellen Nutzung angepasst werden.

Tabelle 5-2: Abweichung von Standardwerten (Benutzerverhalten)

Parameter	Standardwert SIA 380/1	Eingesetzter Wert	$\Delta Q_{h,eff}$	$\Delta Q_{h,eff}$ max./min.
Wärmegewinne Elektrizität (Abwärme Geräte)	100 MJ/m <sup>2</sup>	43 MJ/m <sup>2</sup>	~ 19 MJ/m <sup>2</sup>	(23/15)
Raumtemperatur	20°C	22.5°C	~ 15 MJ/m <sup>2</sup>	(19/10)
Lüftungsverhalten (WRG, thermisch effektiver Luftvolumenstrom)	0.2 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	0.33 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	~ 11 MJ/m <sup>2</sup>	(14/8)
Wärmegewinne Personen (Flächenbedarf):	40 m <sup>2</sup> /P	88 m <sup>2</sup> /P	~ 6.5 MJ/m <sup>2</sup>	(8/5)
Solare Gewinne (Verschattung mit Storen)	keine	F <sub>S1 Süd</sub> * 0.66	~ 6.5 MJ/m <sup>2</sup>	(8/5)

Grafik 5.2 zeigt die Resultate: Der Heizwärmebedarf steigt auf 80 MJ/m<sup>2</sup>. Um die Abweichungen  $\Delta Q_{h,eff}$  zu vergleichen, wird die berechnete Änderung des Heizwärmebedarfs einerseits vom Endzustand mit allen abgeänderten Standardwerten berechnet und andererseits vom Ausgangszustand aus ( $\Delta Q_{h,eff} \text{ max./min.}$ ). Im Vergleich wird dann der Mittelwert angegeben. Dieser Berechnungsvorgang berücksichtigt, dass die Veränderung des Gewinn-Verlust-Verhältnisses eine Verschiebung der Heizperiode verursacht. Bei sehr gut gedämmten Gebäuden bewirkt dieser Effekt, dass Veränderungen einer stark unlinearen Funktion folgen.



Grafik 5.2: Heizwärmebedarf: Benutzerverhalten vs. Standardberechnung

## Diskussion

Messbare Abweichungen bilden die Personenfläche und der Elektrizitätsverbrauch (Geräte). Die Personenfläche kann durch die Hochrechnung aus der Benutzerumfrage vom Juni 2011 (siehe Kapitel 5.9) abgeleitet werden: in 22 Wohnungen in Haus A+B leben 41 Personen, in Haus A sind 18 Wohnungen belegt (jedoch haben nicht alle Bewohner an der Umfrage teilgenommen) somit beträgt der Mittelwert 33.5 Personen ( $41/22 \cdot 18$ ) auf  $2966 \text{ m}^2 = 88 \text{ m}^2$  pro Person (inkl. leere Wohnungen).

## Personenfläche

- |                                    |                           |                                |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| - Burgunder Haus A (2011):         | 88 m <sup>2</sup> /Person | 18 von 22 Wohnungen belegt     |
| - Burgunder (Hochrechnung 2011):   | 72 m <sup>2</sup> /Person | alle Wohnungen belegt          |
| - Burgunder Haus A/B (2013):       | 63 m <sup>2</sup> /Person | Belegung (gem. Verwaltung)     |
| - Burgunder inkl. Ateliers (2013): | 56 m <sup>2</sup> /Person | Belegung (gem. Verwaltung)     |
| - SIA 380/1:                       | 40 m <sup>2</sup> /Person | Standardwert Mehrfamilienhaus  |
| - SIA 2040:                        | 60 m <sup>2</sup> /Person | > steigender Wohnflächenbedarf |

In den 18 bewohnten Wohnungen wurde der Stromverbrauch inkl. Allgemeinstrom mit 35'500 kWh gemessen (Kapitel 5.4); daraus ergibt sich ein wesentlich tieferer Elektrizitätsverbrauch von 43 MJ/m<sup>2</sup>.

Die restlichen drei Faktoren stammen aus Beobachtungen und Erfahrungswerten.

Bei den Raumtemperaturen werden 22.5°C anstelle des Standardwertes von 20°C angenommen, was einem oft – ebenfalls in der Siedlung Burgunder – beobachteten Wert entspricht. Pro Kelvin höhere Raumtemperatur nimmt der berechnete Heizwärmebedarf im Haus A um ca. 20% (bezogen auf den Standardwert) zu. Als Faustregel in der Praxis gilt, dass bei einem Kelvin höherer Raumtemperatur der Heizwärmebedarf um ca. 7% zunimmt. Absolut gesehen wirken sich die 20% in der Siedlung Burgunder mit 4 MJ/m<sup>2</sup> deutlich weniger aus, als die 7% bei einem energetisch mässig guten Gebäude (z.B. 200 MJ/m<sup>2</sup> \* 0.07 = 14 MJ/m<sup>2</sup>).

Bei den solaren Gewinnen geht die SIA 380/1 davon aus, dass die Storen während der ganzen Heizperiode zu keiner Verschattung führen. Auch dies ist ein Idealwert, der gemäss Beobachtungen selten mit der Realität übereinstimmt. Bei der Berechnung wurde angenommen, dass durch eine zeitweise Betätigung der Storen die Solargewinne der Fenster im Südwesten um einen Drittel tiefer ausfallen. Der Effekt der Abminderung der Solargewinne ist in der Siedlung Burgunder relativ unkritisch, da das Gebäude durch die Balkone selbst schon recht stark verschattet ist und keine typische Solargewinnstrategie umgesetzt wurde. Hier erhalten die Nutzenden Freiheiten, ohne dabei den Energieverbrauch allzu stark negativ zu beeinflussen.

Auch beim Lüftungsverhalten wird davon ausgegangen, dass die Fenster während der gesamten Heizperiode immer geschlossen bleiben. Aus den einzelnen Kommentaren der Bewohnerumfrage (Kapitel 5.9.5) ist zu schliessen, dass diese Annahmen nicht immer zutreffen. Für die Berechnung wurde daher der thermisch effektive Luftvolumenstrom von 0.2 auf 0.33 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h erhöht (der SIA Standardwert für Fensterlüftung liegt bei 0.7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h).

Die drei „weichen“ Einflussfaktoren Raumtemperatur, Verschattung und Lüftungsverhalten basieren auf Erfahrungen, Kenntnissen der Berechnungsalgorithmen der SIA 380/1 sowie auf Beobachtungen aus der Praxis. Leider konnten in der vorliegenden Studie die letztgenannten Einflussfaktoren nicht genauer evaluiert werden, da wissenschaftlich präzise Untersuchungen aufwendig gewesen wären. Die Einflüsse zeigen Tendenzen auf; die absolute Grösse der Auswirkung ist jedoch mit Vorsicht zu interpretieren.

Zudem können auch weitere Faktoren zu höheren Heizwärmeverbrauchswerten führen, z.B. der Einsatz von Luftbefeuchtern, die beim Einsatz von Verdunstern die Energie v.a. aus der Raumwärme beziehen (siehe Kapitel 5.4 und 5.9.4). Nicht untersucht wurde der Einfluss der Bauaustrocknung. Da das Gebäude jedoch schon fast ein Jahr vor Messbeginn bewohnt war, wird dieser Einfluss bereits recht stark geschwunden sein.

Der tiefere Heizwärmeverbrauch im Jahr 2012 von 72 MJ/m<sup>2</sup> gegenüber den 78 MJ/m<sup>2</sup> im Jahr 2011, deutet auf die Belegung der im Vorwinter noch nicht bezogenen Wohnungen hin (Wärmegewinne). Der etwas höhere Warmwasserverbrauch spricht ebenfalls für dieses Argument.

## Fazit

Gegenüber der Berechnung mit Standardwerten (23 MJ/m<sup>2</sup>) liegt der Mehrverbrauch gemäss Messung bei ca. 75 MJ/m<sup>2</sup>. Dies entspricht einer Zunahme von 230%.

Der Mehrverbrauch lässt sich mittels Berechnung mit realen Werten plausibel erklären.

Wichtigste Faktoren sind:

- höherer Flächenbedarf (weniger Personenabwärme)
- tieferer Strombedarf (Wärmegewinne Elektrizität)
- Benutzerverhalten: höhere Raumtemperaturen, Verschattungs- und Lüftungsverhalten

Der effektive Heizwärmeverbrauch ist immer noch klein. Verbesserungspotenziale sind vorhanden, so z.B. im Benutzerverhalten. Aber auch der immer noch steigende Flächenbedarf pro Person ist eine Tendenz, die von den Architekten und Planern als Aufgabenstellung entgegengenommen werden darf: Wie lassen sich qualitativ hochstehende Wohnbedürfnisse auf kleiner Wohnfläche realisieren?

#### 5.1.4. Warmwasserverbrauch

Der SIA 380/1 Standardwert für Warmwasser liegt bei 70.5 MJ/m<sup>2</sup> bei einer Belegung von knapp 40 m<sup>2</sup> pro Person (Mittelwerte von MFH und Verwaltung). Der gemessene Wert beträgt 47 MJ/m<sup>2</sup> im Jahr 2011 bei 88 m<sup>2</sup> pro Person und 52 MJ/m<sup>2</sup> im Jahr 2012.

#### Diskussion

Wird der Warmwasserverbrauch pro Person betrachtet so ergibt sich ein gemessener Wert von 1'150 kWh pro Person. Laut einer SEV Studie [16] verbraucht eine Person zwischen 500 – 1'300 kWh. Gemäss SIA 380/1 liegt der Standardbedarf bei Wohngebäuden bei 830 kWh.

Somit ist der Warmwasserverbrauch als hoch einzustufen. Dabei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass in der Siedlung Burgunder sowohl die Wasch- als auch die Abwaschmaschinen ans Warmwassernetz angeschlossen sind. Dies führt zu einem höheren Energieverbrauch für Warmwasser, senkt jedoch den Stromverbrauch. Der effektive Gewinn liegt in der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe.

Der gesamte Wasserverbrauch pro Wohnung liegt bei 190 l pro Tag, 83 l Warmwasser (45°C) und 87 l Kaltwasser. Der Schweizer Mittelwert liegt bei 160 l pro Kopf und Tag. Für den Vergleich mit den hier erhobenen Werten müssen jedoch 30 l für das Waschen abgezogen werden. Bei einer mittleren Belegung von fast zwei Personen pro Wohnung ergeben sich im Vergleich 95 l pro Kopf in der Siedlung Burgunder gegenüber 130 l als durchschnittlich schweizerischer Verbrauchswert. Der Wasserverbrauch variiert zwischen den verschiedenen Bezüglern (Wohnungen) erwartungsgemäss stark, d.h. um mehr als den Faktor 4.

## 5.2. MINERGIE-P Energiekennzahl

Tabelle 5-3 zeigt den Vergleich der Strombedarfswerte (nach MINERGIE-P Berechnung) gegenüber den Messwerten (siehe Tabelle 5-1).

Tabelle 5-3: Mess- und Berechnungswerte Energiekennzahlen

	Berechnung	Messung 2011	Messung 2012
Ewp Strombedarf Wärmepumpe:	8.3 kWh/m <sup>2</sup>	9.4 kWh/m <sup>2</sup>	10.2 kWh/m <sup>2</sup>
Heizwärmebedarf	23 MJ/m <sup>2</sup>	78 MJ/m <sup>2</sup>	71.5 MJ/m <sup>2</sup>
Warmwasserbedarf	70.5 MJ/m <sup>2</sup>	46.5 MJ/m <sup>2</sup>	51 MJ/m <sup>2</sup>
JAZ Wärmepumpe (Heizen/WW)	3.9/2.92	3.48	3.47
Elü Lüftungsstrom	3.3 kWh/m <sup>2</sup>	3.1 kWh/m <sup>2</sup>	3.1 kWh/m <sup>2</sup>
Ehi Hilfsbetriebe	1.8 kWh/m <sup>2</sup>	1.0 kWh/m <sup>2</sup>	1.4 kWh/m <sup>2</sup>
Total ungewichtet	13.4 kWh/m <sup>2</sup>	13.6 kWh/m <sup>2</sup>	14.7 kWh/m <sup>2</sup>
Total gewichtet	26.8 kWh/m <sup>2</sup>	27.2 kWh/m <sup>2</sup>	29.4 kWh/m <sup>2</sup>

## Diskussion

Die Messwerte (Verbrauch) entsprechen den berechneten Planwerten (Bedarf). Der hohe Heizwärmeverbrauch wird mit dem tieferen spezifischen Warmwasserverbrauch kompensiert. Zudem wird der Mehrverbrauch durch die gute Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe abgeschwächt. Beim Lüftungsstrom stimmt der Messwert mit der Berechnung überein, dies ist insofern wenig überraschend, da die Stromwerte dieser Anlagen kaum von den Benutzenden beeinflusst werden. Bei den Hilfsbetrieben können allenfalls tiefe Betriebszeiten des Freecoolings im Sommer zu tieferen Werten beitragen; die tiefen Wärmemesswerte (bzw. Kälte) deuten darauf hin.

## Fazit

Die gemessene MINERGIE-P Kennzahl weicht mit 27.2 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr 2011 und 29.4 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr 2012 geringfügig von der Berechnung von 26.8 kWh/m<sup>2</sup> ab.

## 5.3. Luftdichtigkeit (Blower-Door-Messung)

Tabelle 5-4: Luftdichtigkeitsmessungen

Wohnung	Nr.	Luftwechselrate n50,st [h <sup>-1</sup> ]
EG, Südwest	97-003	0.4
1. OG, Mitte	97-012	0.6
Attika, Südwest	97-031	0.5
Attika, Mitte	97-032	0.5
EG, Nordost	99-001	0.4
1. OG, Mitte	99-013	0.4
UG, Atelier	99-091	0.5

Nach Absprache mit der MINERGIE-P Zertifizierungsstelle wurden 7 der 22 Wohnungen gemessen. Die Resultate liegen alle unter der geforderten Luftwechselrate von 0.6 pro Stunde.

Bei der Siedlung Burgunder erwies sich die Blower-Door-Messung der Aussenhülle als problemlos, auch in Bezug auf die Verwendung von Standardprodukten für die Bedienung der handbetriebenen Lamellenstoren. Trotz eines noch nicht ideal eingestellten Fensters, konnten die Werte eingehalten werden.

Eine grosse Herausforderung stellten die sichtbaren Lüftungsleitungen innerhalb der Wohnungen dar. Die übliche Abklebung der Auslässe gewährleistete die Abkoppelung des Lüftungssystems nicht, da die sichtbaren Verbindungen der metallischen Kanäle innerhalb der Wohnung aus ästhetischen und ökonomischen Gründen nicht abgedichtet wurden.



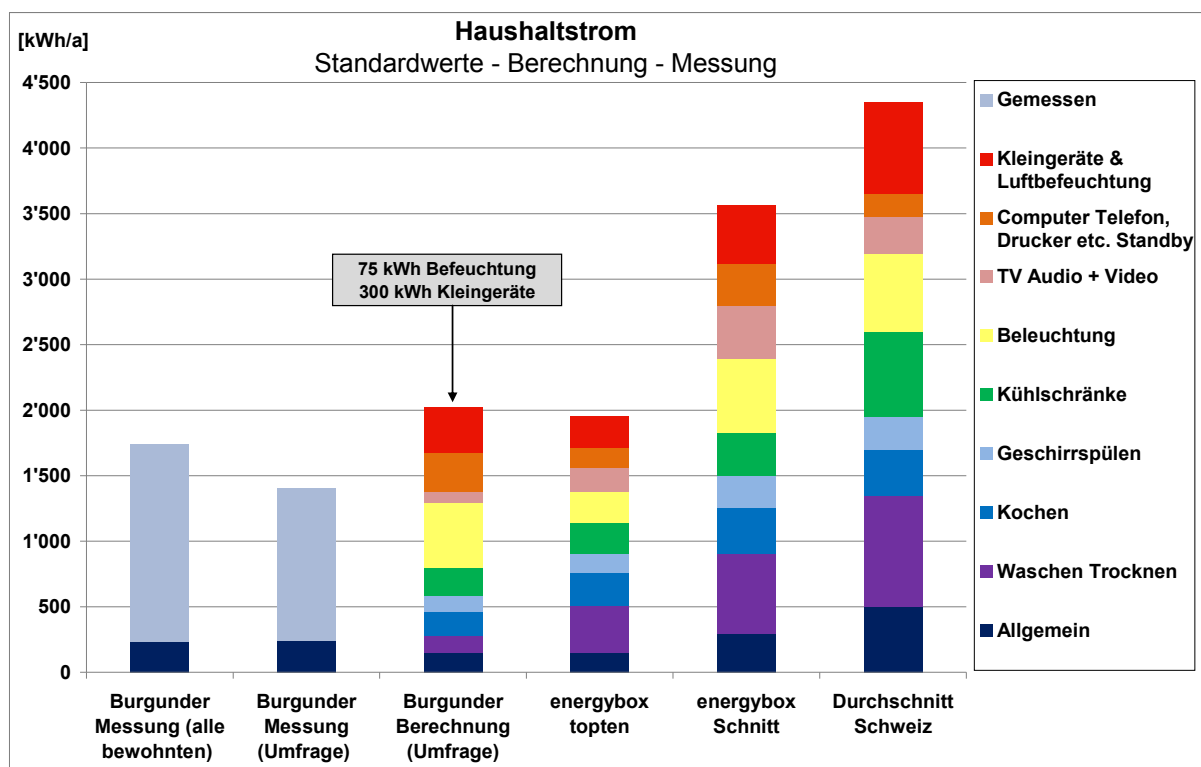
Bild 5-1: Lüftungsleitungen an Decke

## 5.4. Haushaltselektrizität

Die Schwierigkeit für die Berechnung des Strombedarfs liegt in der grossen Anzahl von Verbrauchern pro Haushalt sowie in der starken Benutzerabhängigkeit. Letzteres kann einerseits durch aktives Verhalten wie dem Ausschalten von nicht verwendeten Geräten beeinflusst werden, andererseits haben auch „äussere“ Umstände einen grossen Einfluss, wie z.B. Aktivitäten ausser Haus oder Besuchende.

Mithilfe des energybox Tools [6] kann der Bedarf einfach bestimmt werden. Bei der Beurteilung der Resultate ist es sinnvoll, dass die Rechenalgorithmen analysiert und interpretiert werden. Methodisch bedingt muss mit einer recht grossen Ungenauigkeit bewusst umgegangen werden, da verschiedene Annahmen (z.B. Betriebszeiten jeder einzelnen Anwendung) getroffen werden müssen. Somit sind Aussagen zu einzelnen Verbrauchern vorsichtig zu interpretieren. Der Vergleich mit den Messwerten zeigt, dass der gesamte Stromverbrauch nicht weit entfernt von den Berechnungen liegt.

Der durchschnittliche Schweizer Haushalt verbraucht jährlich ca. 4'000 kWh Strom für Haushaltselektrizität. Bei der Berechnung mit Durchschnittswerten nach energybox ergeben sich ca. 3'500 kWh, gemäss einer Studie des SEV ca. 4'500 kWh [16]. Bei einer neuen Einrichtung mit Bestgeräten wird dieser Wert auf ca. 1'900 kWh halbiert (siehe Grafik 5.3, energybox, topten)<sup>2</sup>. Der Vergleich von sieben nach energybox ausgewerteten Haushalten zeigt, dass die Messwerte gegenüber den Berechnungswerten tiefer liegen. Ebenso liegen diese Messwerte leicht tiefer, als der Durchschnitt aller bewohnten Wohnungen.



Grafik 5.3: Auswertung Haushaltstrom pro Wohnung, Berechnungen und Messungen

<sup>2</sup> Die Abweichung von etwa 1'900 kWh/Wohnung gegenüber dem Wert von 1'400 bei der Planung (siehe Kap. 4.4, S. 22) stammen von der bei der Planung zu tiefen Annahme von 20% Allgemeinstrom inkl. Waschen /Trocknen.

Gemäss SIA-Effizienzpfad Energie liegt der Richtwert 2000-Watt-Gesellschaft für den Betrieb bei  $200 \text{ MJ/m}^2$ , wovon gut die Hälfte für die Haushaltselektrizität anfällt. Dies ergibt ca.  $12 \text{ kWh/m}^2$  Endenergiebedarf (Schweizer Strommix). Gemäss den Messungen von total 32'522 kWh pro Jahr ergibt sich ein spezifischer Endenergieverbrauch von  $11.0 \text{ kWh/m}^2$  bei  $2'966 \text{ m}^2$  Energiebezugsfläche. Der Mittelwert pro Wohnung beträgt 1'740 kWh. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass 4 von 22 Wohnungen noch nicht besetzt waren, steigt der spezifische Endenergieverbrauch auf  $13.4 \text{ kWh/m}^2$ . Somit wird bei einer Vollbelegung der 2000-Watt-Richtwert knapp nicht erreicht.

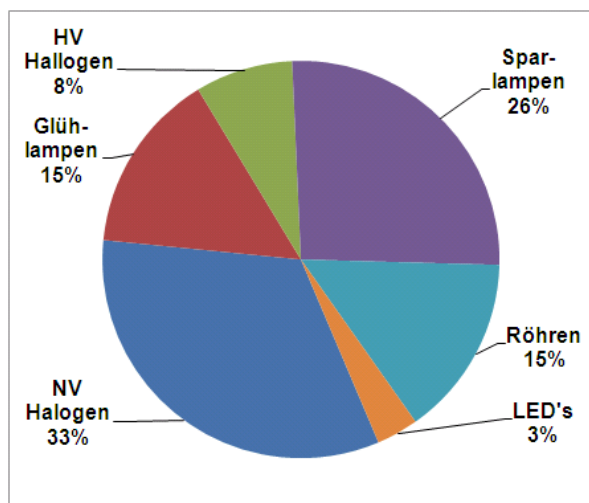
### Analyse der Anteile der einzelnen Verbraucher

Erfreulich sind die tiefen Werte der fix installierten Geräte, die als Bestgeräte den Anforderungen von MINERGIE-A genügen würden (Waschen, Trocknen, Kochen, Geschirrspülen, Kühlen). Diese Anwendungen machen knapp die Hälfte des Haushaltstroms aus. Die Auswertungen einzelner Wohnungen<sup>3</sup> zeigen auf, dass individuell sehr verschiedene Werte – den Lebensgewohnheiten entsprechend – vorhanden sind.

Die anderen Anwendungen (Beleuchtung, TV, Computer, Home-Elektronik und Kleingeräte) sind hingegen gemäss Berechnung hoch. Die Genauigkeit ist hier nicht sehr hoch, dies v.a. wegen der pragmatischen Erfassungsmethode, die ‚nur‘ eine Standortbestimmung zulässt. Vermutlich liegen die Unterschiede zwischen den Messwerten und den Berechnungswerten v.a. in diesen Anwendungen. Sofern sich aus den Angaben der Umfrageteilnehmenden klare Zusammenhänge ableiten liessen, wurden diese bereits in den Berechnungen berücksichtigt, d.h. die Berechnungen gemäss energybox wurden angepasst. So wird beispielsweise bei einem Einpersonenhaushalt und der Angabe, sieben Abende pro Woche zuhause zu verbringen, trotzdem nicht die ganze Beleuchtung der 4 Zimmerwohnung eingeschaltet sein.

### Diskussion

Bei der Beleuchtungseinrichtung – siehe Grafik 5.4, Lampenmix – besteht Sparpotenzial. Auffallend ist, dass in mehr als der Hälfte der Wohnungen Befeuchtungsgeräte installiert sind: Sowohl stromintensive Verdampfer mit einem Bedarf von ca. 200 kWh jährlich (oder mehr als 10% Anteil am Haushaltstrom), als auch 10-mal sparsamere Verdunstergeräte. Bei letzteren wird zusätzlich die Verdampfungsenthalpie aus der Heizwärme entzogen, was ökologisch wegen der Wärmepumpe wesentlich effizienter ist.



Grafik 5.5: Anteile der Leuchtmittel

<sup>3</sup> Aus Datenschutzgründen werden keine einzelnen Werte veröffentlicht.

Bei der Home-Elektronik überwiegen die Computer und Kommunikationsgeräte. Fernsehgeräte scheinen nicht mehr zum Lebensstandard zu gehören. In diesem Bereich sind die Standby-Werte von grosser Bedeutung, bzw. die ständig eingeschalteten Geräte wie Telefon mit Anrufbeantworter, Fax, Set-top-Boxen etc. Schlechte Geräte können schnell zu relevanten Stromanteilen führen; detailliertere Aussagen dazu lassen sich an dieser Stelle jedoch nicht ableiten.

Die spürbar tieferen Verbrauchswerte gegenüber der Berechnung lässt die Vermutung zu, dass die Benutzenden den Strombedarf aktiv zu senken versuchen.

Auffallend tief ist der Wert für Allgemeinstrom. Neben der allgemeinen Beleuchtung und den Personenaufzügen laufen auch die Wasch- und Trocknungsanlage über den Allgemeinzähler. Schindler geht von ca. 1'000 kWh pro Aufzug aus, zwei Drittel davon für Standby, dies v.a. aus Sicherheitsgründen. Somit entfällt auf die Lift knapp die Hälfte des Allgemeinstrombedarfs (ca. 5'500 kWh im Haus A).

## **Fazit**

Der Haushaltstrom stellt den bedeutendsten Teil in der Energiebilanz dar. Die Vorgaben der 2000-Watt-Gesellschaft werden knapp nicht erfüllt, die Messwerte liegen leicht unter den Planwerten.

In der heutigen Praxis hat die Effizienz beim Haushaltstrom ein schwaches Gewicht. Die Zuständigkeit innerhalb der Planerteams ist oft nicht klar, diese Lücke wird beim MINERGIE-A Standard verbessert.

Bei den fix installierten Geräten sowie beim Allgemeinstrom lassen sich auf einfache Art und Weise sehr wirksame Massnahmen ergreifen. Bestgeräte werden immer effizienter, sind doch bereits A+++ Kühlschränke auf dem Markt, die wiederum 30% weniger Strom verbrauchen als die bis vor kurzem besten A++ Geräte.

Auch die Endnutzenden haben grossen Einfluss auf die Energiebilanz. Bei der Beleuchtung sind Halogen- und Glühlampen noch stark verbreitet. Die Home-Elektronik scheint aus energetischer Sicht eine grosse Herausforderung zu sein. Neue Hausautomationssysteme bieten, neben der erhofften zusätzlichen Energieeffizienz, mögliche Vorteile wie zum Beispiel die Integration in zukünftige Smart-Grids.

## **5.5. Ökobilanz – Graue Energie**

### **5.5.1. Methode**

Die Berechnung der Ökobilanz des gesamten Gebäudes erfolgte nach der Fertigstellung; in der Planungsphase wurden nur einzelne Bauteile analysiert (Kapitel 4.5).

Anhand von Bauauszügen und Plänen wurden einzelne Materialschichten erfasst und die Massenbilanz berechnet. Die ökologische Beurteilung erfolgte mit ecoinvent-Daten [9]. Beim Armierungsstahl wurde die Datenbasis von KBOB-EMPA [17] verwendet.

Dieser Ansatz erwies sich vor allem bezüglich der Haustechnik als sehr aufwendig. Bei der Elektroinstallation wurden daher Daten der Studie „Ökologische Bewertung von Gebäudetechnikanlagen für SIA 2032“ [18] beigezogen. Auch bei weiteren Bauteilen (Erdsonde, Wärmepumpe, Monoblock der Lüftung) wurden nicht einzelne Materialien erfasst, sondern auf die aggregierten Datensätze bzw. Baugruppen von ecoinvent zurückgegriffen. Beim Lift standen Daten des Lieferanten zur Grauen Energie zur Verfügung.

Von 137 erfassten Materialschichten bzw. Baugruppen konnten 94 ausgewertet werden. Von den nicht ausgewerteten sind 15 im Bereich Fenster und Aussen- sowie Innentüren zu finden. Hier wurden die ecoinvent-Baugruppen (Fensterrahmen, Glas und die entsprechenden Türen) eingesetzt. Bei den Küchen (12 Erfassungen) erfolgte eine vereinfachte Abschätzung mittels vorhandener Daten der Lieferanten: Anhand von Datensätzen des Lieferanten eines Kochherdes und eines Geschirrspülers wurden die anderen Gerätetypen (Kühlen, Dampfabzüge, Kochfelder) gewichtsproportional hochgerechnet; die Küchenmöbel wurden mithilfe von Produktionsdaten des Herstellers hochgerechnet. Bei den Küchen wurde nur die nicht erneuerbare Graue Energie berechnet. Bei der Zuordnung der Materialschichten zu den in ecoinvent vorhandenen Datensätzen wurden einige Vereinfachungen angenommen – beispielsweise wurden die Materialien bei Abdichtungsschichten jeweils einem einzigen Baustoff (PE-Granulat bei der Dampfbremse) zugeordnet. Bei 12 Datensätzen wurde aufgrund der geringen Mengen auf eine Auswertung verzichtet (z.B. Briefkasten, Montagmaterial und Kurbeln der Storen etc.). Ebenfalls keine Auswertung erfolgte bei den Anstrichen, hier aufgrund fehlender Daten von den weitestgehend ökologischen Anstrichen und auch wegen der kleinen Menge an verwendeter Farbe (Betonflächen wurden beispielsweise innen unbehandelt belassen). Hilfsmaterialien in kleineren Mengen, z.B. Kleber für Fliesen, Kittfugen etc., wurden gar nicht erfasst.

Etwa 15% des Aushubes musste als Sondermüll in eine Bodenwaschanlage entsorgt werden; diese Entsorgung wurde ebenso wenig in die Bilanz miteinbezogen.

Trotz all diesen Vereinfachungen kann festgehalten werden, dass die Datenbasis für die Bilanzierung bei den meisten Punkten wesentlich genauer ist als bei einer Bilanzierung gemäss SIA Merkblatt 2032 Graue Energie [8] (z.B. mit dem Bauteilkatalog). Die wesentlichsten Unterschiede zur SIA 2032 sind:

- Abmessungen gemäss Bau, d.h. inkl. Abzüge für Türen etc.
- Innentüren mitgerechnet
- Fensterrahmen proportional gemäss Datenbasis von ecoinvent hochgerechnet, nicht im Lichtmass
- Haustechnik nach Materialauszügen, ausser Elektro
- Zusätzliche Auswertungen für Küchen, Aufzug, Material- und Personentransport, Baustrom inkl. Bauheizung

Zur Plausibilisierung wurde eine zweite Auswertung (gemäss den Vorgaben nach SIA 2032 mit der Datenbasis KBOB-EMPA) erarbeitet.

## 5.5.2. Resultate

Der Wert für die nicht erneuerbare Graue Energie beträgt  $98 \text{ MJ/m}^2$ . Somit wird der Richtwert nach SIA-Effizienzpfad Energie [2] von  $110 \text{ MJ/m}^2$  erreicht, die Schätzung nach SNARC [7] von  $76 \text{ MJ/m}^2$  jedoch überschritten. Nach der MINERGIE-ECO Bewertung 2012 wird der tiefere Grenzwert 1 von  $99 \text{ MJ/m}^2$  knapp unterschritten, was die Beurteilungsklasse „gut“ ergibt. Wesentlichste Faktoren für dieses Resultat sind die Kompaktheit und – dank der Autofreiheit – die nicht benötigte Einstellhalle.

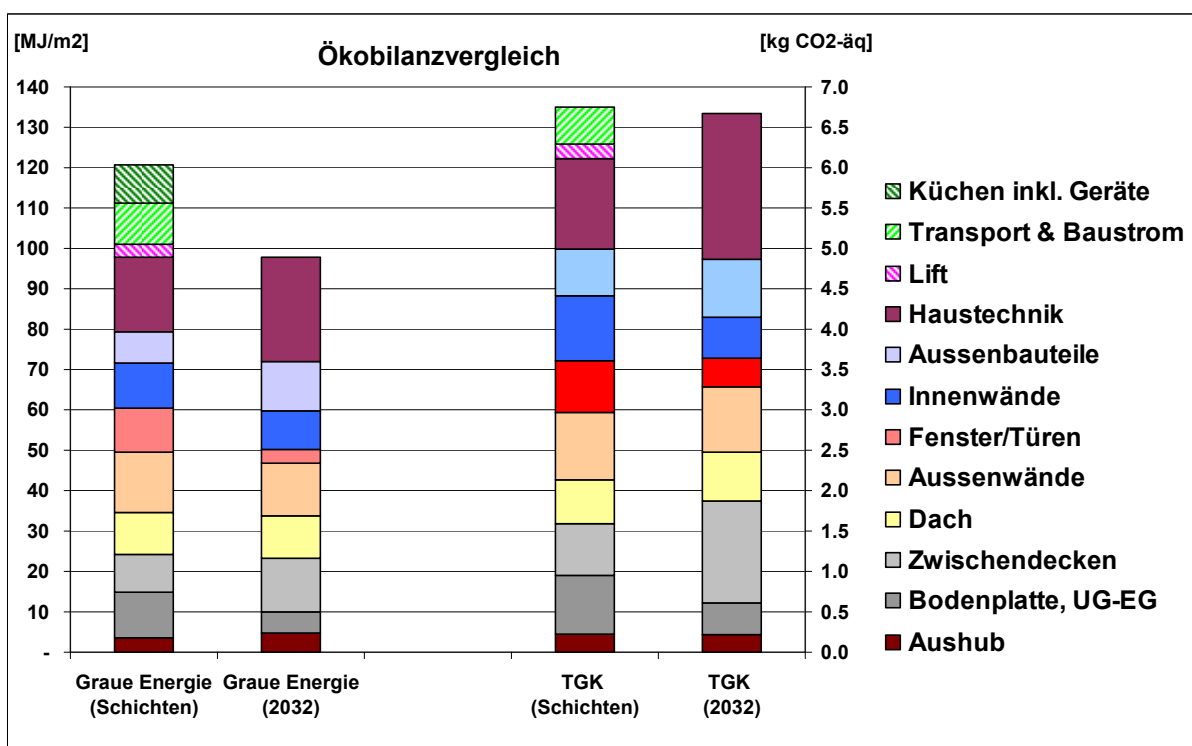
Werden die zusätzlichen Elemente Lift, Küche und Bauprozesse miteinbezogen, so steigt der Wert auf  $121 \text{ MJ/m}^2$ .

Beide Berechnungsmethoden (siehe Grafik 5.6) ergeben bezüglich der Grauen Energie das gleiche Resultat. Der Unterschied bei Bodenplatte/Zwischendecke beruht darauf, dass bei

der Berechnung nach 2032 die Decke UG-EG zur Bodenplatte gezählt wurde. Auffallend ist auch der Unterschied bei den Fenstern und Türen. Der wesentlich höhere Wert bei der Berechnung nach Schichten beruht darauf, dass sowohl die Innentüren, als auch die Flächenanteile der Fensterrahmen miteinbezogen wurden; dies nicht gemäss Lichtmass, sondern im gleichen Verhältnis wie bei der ecoinvent-Grundlagenberechnung [19]. Die Werte der Haustechnik gleichen die Gesamtbilanz wieder aus. Dieser tiefere Wert bei der Schichtenberechnung kann auf den sehr tiefen Heizleistungs- und den kleineren Materialbedarf zurückgeführt werden, dies inklusive Erdsonde mit knapp 2 MJ/m<sup>2</sup>. Der Erdsonde wurde, abweichend zum SIA Merkblatt Graue Energie, eine Lebensdauer von 60 Jahren zugeordnet. Bei der Lüftung tragen die Metallfalzrohre den grössten Anteil bei, obschon die, dank den kompakten Grundrissen, kurzen Leitungsführungen sich positiv auf den Materialbedarf auswirken. Es muss jedoch festgehalten werden, dass die Haustechnikwerte bei der Berechnung nach SIA 2032 auf einer relativ kleinen Datenbasis beruhen und somit kaum auf Charakteristiken einzelner Bauten eingehen.

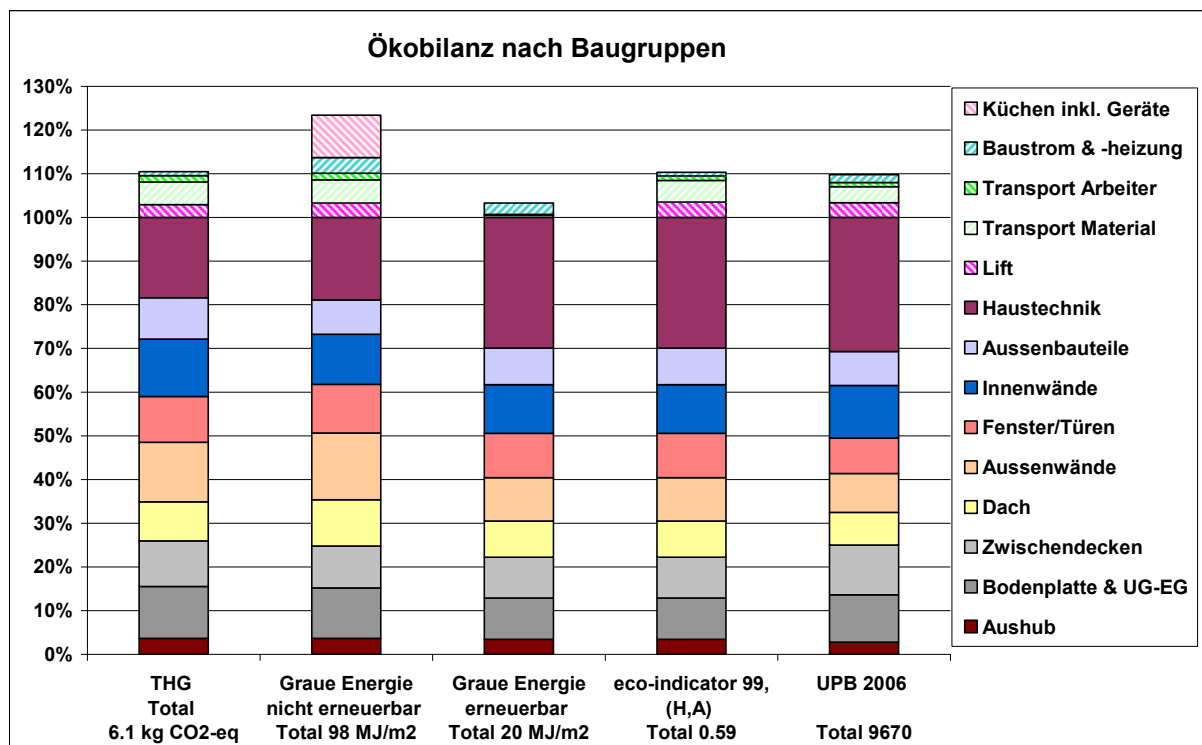
Bei den Treibhausgasemissionen wird der Richtwert nach SIA-Effizienzpfad Energie von 8.5 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten mit 6.1 bzw. 6.7 kg CO<sub>2</sub> ebenfalls erreicht.

Die Berechnung nach SIA 2032 ergibt einen etwas höheren TGK-Wert, vor allem im Bereich der Haustechnik. Die Ursache konnte nicht eruiert werden, weil dazu die beiden Datengrundlagen detailliert analysiert werden müssten.



Grafik 5.6: Ökobilanz: Vergleich der Resultate

Grafik 5.7 zeigt den Vergleich zwischen den Baugruppen bei den verschiedenen Auswirkungen und Ökobilanzierungsbeurteilungen der Berechnung. Die 100%-Marke beinhaltet alle Bauteile (Schichten), welche gemäss der Systemgrenze des SIA Merkblatts 2032 einbezogen werden. Hier fällt beim Vergleich zwischen den verschiedenen Wirkungen der Unterschied bei der Haustechnik auf. Bei den Treibhausgasen (THK) und der nicht erneuerbaren Grauen Energie beträgt der Anteil 20% bei den anderen drei Wirkungen 30%. Die zusätzlich zu SIA 2032 erfassten Materialien und Prozesse werden durch die schraffierten Anteile oberhalb der 100%-Marke wiedergegeben.



Grafik 5.7: Ökobilanz nach Baugruppen

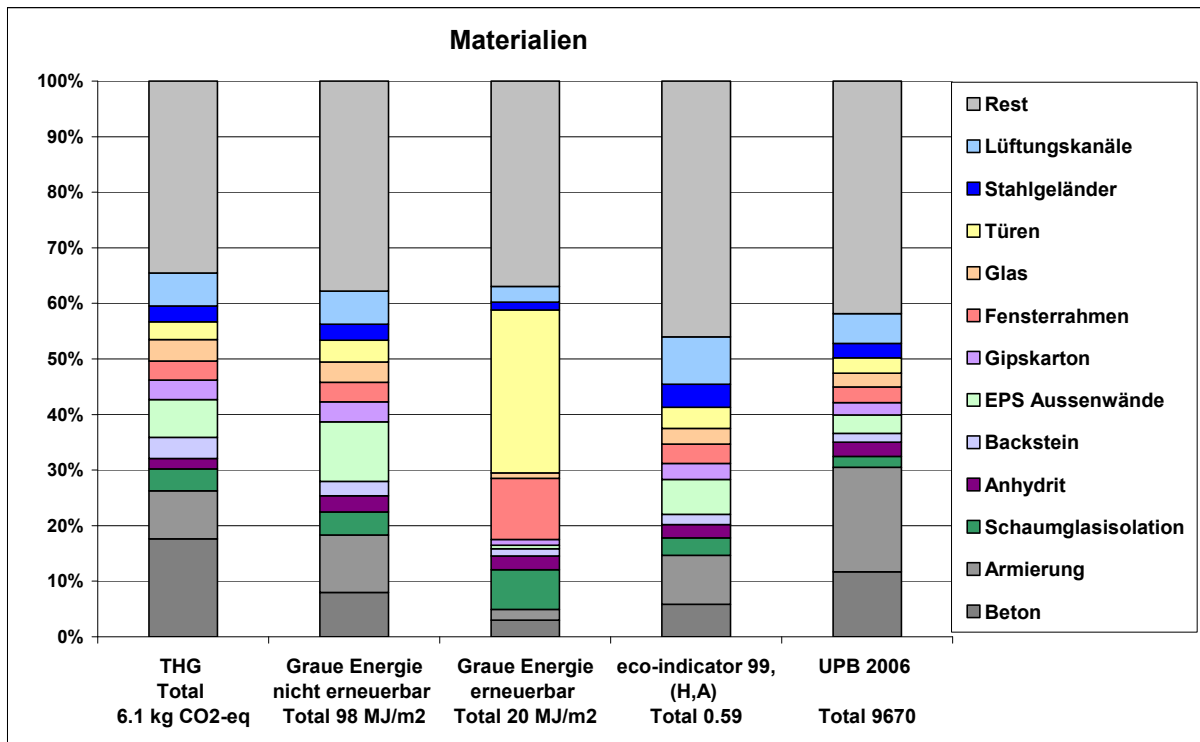
Die Materialtransporte wurden anhand des aufsummierten Materialgewichts von ca. 4'200 t und einer angenommenen durchschnittlichen Distanz – vom Lieferanten/Produzenten auf die Baustelle – von 25 km berechnet. Die Personentransporte auf die Baustelle sind mit total 200 Arbeitstagen von jeweils 5 Personen und 20 km Distanz sowie zwei Wegen pro Tag angenommen, ohne Synergien mit den Materialien. Beim Baustrom und der Bauheizung wurden die Verbrauchsdaten mit dem Schweizer Strommix berechnet. Diese drei Hilfsprozesse machen zusätzliche 10% des Grauen Energiewertes aus, dies bei konservativen Annahmen, vor allem bezüglich der Transportdistanz der Materialien.

Die beiden Lifte (mit 3% nicht vernachlässigbar) sind gemäss Daten des Herstellers mit einer ecoinvent-Bilanzierung gerechnet.

Bei den Küchen wurden die Geräte und Küchenmöbel anhand von Herstellerangaben über eine Grobschätzung hochgerechnet. Vor allem bei den Geräten ist der methodische Ansatz mittels einer gewichtsproportionalen Hochrechnung relativ ungenau. Bei den Küchenmöbeln (Forster Metallküchen) wurden die drei Datensätze Stahl-, Heizöl- und Stromverbrauch der Firma verwendet. Das Resultat von 10 MJ/m<sup>2</sup> ist demnach eine Schätzung und gibt die Grössenordnung an. Zu beachten ist, dass dabei eine Lebensdauer der Küche von 20 Jahren – gemäss SIA 480 – eingesetzt wurde. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die dauerhaften Materialien der Küchenmöbel hier zu besseren Resultaten führen werden.

Bei der Betrachtung der relevantesten Materialien (Grafik 5.8) sind erwartungsgemäss die massenintensiven Materialien wie Beton, Backstein, Anhydrit und auch die Gipskartonplatten der Wohnungstrennwände zu finden. Da lässt sich die Auswirkung von kompakten Bauten gut ableiten. Auch metallische Baustoffe, wo in grösseren Mengen eingesetzt, sind bei den relevanten Materialien zu finden, z.B. Armierung, Stahlgeländer und Lüftungskanäle.

Die EPS-Aussenfassade verursacht über 10 MJ/m<sup>2</sup> Graue Energie, bei den anderen Indikatoren ist sie weniger dominant. Obschon das EPS eine Überschreitung des Richtwerts bei der Grauen Energie nicht gefährdet, wäre in der Fassade ein ökologisches Optimierungspotenzial vorhanden gewesen.



Grafik 5.8: Ökobilanz nach Materialien

Dass Glas als energieintensives Material auch in dieser Analyse auftaucht, überrascht nicht. Erstaunlich ist hingegen, dass Fensterrahmen und v.a. Innentüren zu den energieintensiven Materialien zählen. Ob und inwiefern diese Tatsache durch den Herstellungsprozess bedingt wird, müsste genauer untersucht werden.

Beim Vergleich zwischen den verschiedenen Indikatoren sind nur kleine Unterschiede festzustellen, ausser bei der erneuerbaren Energie, bei der die Holzinnentüren dominierend sind.

Bei den Umweltbelastungspunkten fällt der Beton mit einem überdurchschnittlich hohen Anteil auf. Dies ist vor allem auf die Wirkung „Natürliche Ressourcen“, d.h. auf den Kiesabbau, zurückzuführen. In der Siedlung Burgunder wurde kein Recyclingbeton eingesetzt, da er innerhalb von 25 km (noch) nicht erhältlich war.

Bei den Treibhausgasen fällt der Armierungsstahl auf. Mit 100% Recyclinganteil wird die Energie zur Wiederaufbereitung dominierend.

Bei der Grauen Energie dominiert die EPS-Aussendämmung. Hier wird das noch „gebundene“ und somit keine Treibhausgase verursachende Erdöl ausschlaggebend sein.

Beim Ecoindicator 99 weisen die Lüftungskanäle überdurchschnittliche Werte auf. Hier liegt die Ursache wahrscheinlich beim relativ umweltschädlichen Veredelungsprozess des Bleches.

## Diskussion

Die Erarbeitung einer aussagekräftigen Ökobilanz bzw. die Berechnung der Grauen Energie erweist sich als sehr aufwändig. Die im SIA Merkblatt Graue Energie vorgeschlagenen Vereinfachungen sind daher verständlich. Allerdings besteht dabei die Gefahr, dass eine Auseinandersetzung mit relevanten Entscheiden im Rahmen des Planungs- und Bauprozesses nicht angeregt wird.

Schwerpunktmässig kann die Graue Energie durch kompaktes Bauen optimiert werden. Bei der Materialisierung wird die Sachlage komplexer. So kann z.B. Holz als nachwachsender

Rohstoff sehr interessante, langfristige Lösungen aufzeigen, bei Übernutzung aber auch an Grenzen stossen. Dies wird in der Berechnung der Grauen Energie nicht berücksichtigt. Auch die Frage nach der effektiven Lebensdauer von Baukonstruktionen – u.a. im Kontext zum Entwurf (z.B. Vordächer als Witterungsschutz von Fassaden) – wird mit standardisierten Vorgaben zur Lebensdauer nur begrenzt abgebildet.

Enorme Verbesserungspotenziale zeigen sich bei Einflussgrössen, die vom einzelnen Bau- und Planungsprozess losgelöst sind, so z.B. bei der Wahl des Energiemix der Baumaterialhersteller. Produktbezogene Herstellerdaten, wie sie im Bauteilkatalog angedacht sind, können hier zu entscheidenden Marktanreizen führen.

Bei der Grauen Energie besteht weiterhin grosser Forschungsbedarf. Zudem müssen die Erkenntnisse in eine verständliche und einfach anwendbare Form für die Baupraxis in Planung und Umsetzung übersetzt werden.

## **Fazit**

Bei der Siedlung Burgunder konnten die Richtwerte der SIA 2040 sowohl bei der Grauen Energie als auch bei den Treibhausgasemissionen eingehalten werden. Als Schlüsselfaktoren erwiesen sich:

- die Kompaktheit
- die durch das architektonische und energetische Konzept bedingte bescheidene Haustechnik
- der reduzierte und einfache Ausbau mit bewusstem Weglassen von Schichten (z.B. sichtbare unbehandelte Betondecken)

## **5.6. MINERGIE-ECO Gesundheit – Bauökologie**

Der Nachweis nach MINERGIE-ECO ist in Kapitel 4.6 ersichtlich. Mit je 72 Punkten im Bereich Gesundheit und Bauökologie werden die Anforderungen erfüllt.

Aufgrund der aus bauökologischer Sicht nicht optimalen kompakten EPS-Fassade mussten andere Massnahmen konsequenter umgesetzt werden. Langlebige Strukturen, eine gewisse Nutzungsflexibilität (z.B. Schaltzimmer), einfach änderbare Installationen (z.T. sichtbare Haustechnikleitungen) und vor allem auch eine Reduktion auf das Wesentliche (sichtbarer Beton) führten zum positiven Schlussresultat.

Im Bereich Gesundheit müssen in der Ausführungsphase vor allem die Raumluftkriterien beachtet werden. Formaldehydarme Holzwerkstoffe, Lösemittel und Montage- und Füllschäume sind hier als Ausschlusskriterien deklariert.

Die Resultate der im Haus B durchgeführten Raumluftmessungen waren ernüchternd. Die Werte für TVOC (flüchtige organische Verbindungen) sind mit 2500 bzw. 3500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  weit über den von ECO geforderten 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Diese Werte sind, gemäss Deutschem Bundesamt für Gesundheit [20], als hygienisch auffällig einzustufen.

Aufgrund weiterer Abklärungen mit Spezialisten konnte angenommen werden, dass Parafin des grau pigmentierten Parkettöls die Hauptquelle der TVOC-Werte war. Dieses Parkettöl – das am Markt als VOC-frei angeboten wird – wurde nur in 3 Wohnungen verwendet, zwei davon wurden zufälligerweise für die erste Messung ausgewählt. Parafin, als Hauptverursacher, zählt zu den schwer flüchtigen organischen Verbindungen (SVOC). Gemäss Auskunft beim Bundesamt für Gesundheit werden diese gemessenen Stoffe als relativ harmlos eingestuft und sind ziemlich schnell abbaubar<sup>4</sup>. Standardisierte

---

<sup>4</sup> Telefonat mit Roger Waeber vom BAG, 20.12.2010

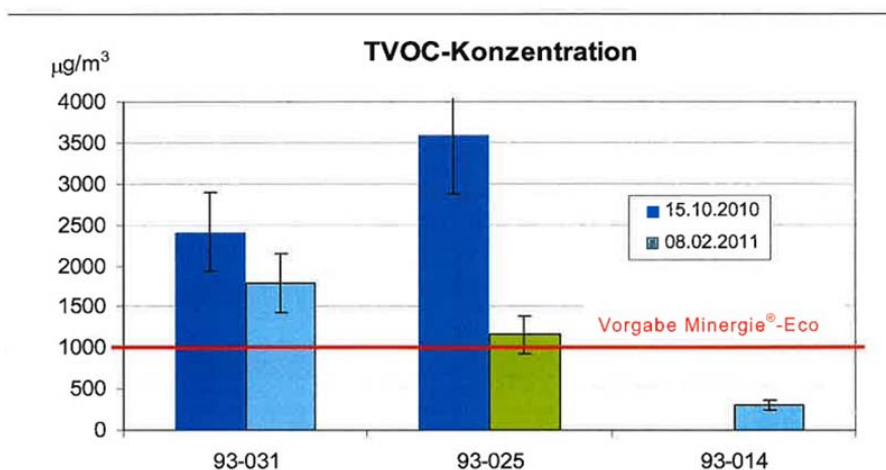
Raumlufmessungen wurden zudem in unbelüfteten Räumen durchgeführt. Durch die Komfortlüftung wird ein kontinuierlicher Luftwechsel sichergestellt. Dieser soll in erster Linie die benötigte Atemluft für die Bewohnerschaft zuführen; mit der verbrauchten Luft werden aber auch Schadstoffe abgeführt.

In Absprache mit der Zertifizierungsstelle MINERGIE-ECO wurden nach einer Auslüftungszeit von gut drei Monaten erneut Raumlufmessungen durchgeführt: in einer Wohnung ohne und in zwei Wohnungen mit pigmentiertem Parkettöl. Dabei wurde in einer Wohnung mit laufender Lüftungsanlage gemessen, wie das die Qualitätssicherung von MINERGIE-ECO vorsieht. Die andere Wohnung wurde wiederum mit der Standardmessung, d.h. ohne laufende Lüftungsanlage, gemessen. Dies um erweiterte Kenntnisse über das Verhalten der SOVCs zu erhalten. Die Messungen haben die Hypothesen der beigezogenen Fachleute bestätigt. Die Wohnung mit nicht pigmentiertem Parkettöl erreichte ein sehr gutes Resultat mit einem Wert weit unter 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die für die Bewohnerschaft entscheidende Messung mit Lüftungsanlage erreichte den geforderten Grenzwert von MINERGIE-ECO mit etwas über 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  knapp (Messtoleranz von  $\pm 20\%$ ). Bei der dritten Wohnung konnte festgestellt werden, dass die Konzentration innerhalb der Messungen von Oktober 2010 bis Februar 2011 um etwa 25% gesunken war.

## Diskussion

Trotz akribischer Qualitätssicherung bei der Planung und Bauausführung wurde die irreführende Deklaration des lösemittelfreien Parkettöls nicht erkannt. Der Grund liegt darin, dass die VOC-Deklaration aufgrund einer Definition bezüglich des Siedepunkts erfolgt. Diese wurde vom Anbieter gemäss den gesetzlichen Vorgaben korrekt eingehalten. Die gemessenen langen und somit schwerflüchtigen Moleküle, werden jedoch erst bei der genaueren Messung erfasst. Nur das Studium von Sicherheitsdatenblättern erlaubt es dem Spezialisten oder dem versierten Fachmann, Lösungsmittel zu erkennen.

MINERGIE-ECO hat die Anforderungen bezüglich Lösemittel beim Überarbeiten des Standards im Jahr 2011 entsprechend angepasst.



**Abb. 1:** Gemessene TVOC-Konzentrationen (Berechnung gemäss VDI 4300 Blatt 6) im MFH Burgunderstrasse 93 mit Standardfehler ( $\pm 20\%$ ). Die blauen Balken entsprechen Messungen unter Standardbedingungen, der grüne Balken einer Messung unter üblichen Nutzungsbedingungen.

Grafik 5.9: Resultate Raumlufmessungen

## Fazit

Alle Wohnungen erreichen im üblichen Nutzungsbetrieb die Vorgaben von MINERGIE-ECO.

## 5.7. Mobilität

### 5.7.1. Methode der Erhebung

#### Ermitteln der Alltagsmobilität und der nicht-alltäglichen Mobilität

Eine Komponente der Wirkungskontrolle bezieht sich auf die Mobilität der Bewohnerinnen und Bewohner der Wohnsiedlung Burgunder. Untersuchungsgegenstand ist dabei gemäss der gewählten Systemabgrenzung hauptsächlich die Alltagsmobilität der Bewohnerinnen und Bewohner (vergleiche Bürgi & Hari 2010, [13] S.7). Dazu zählen Wege, die im gewohnten Umfeld der Bewohnerschaft zwischen Montag und Sonntag zurückgelegt werden.

Ergänzend wird die nicht-alltägliche Mobilität betrachtet. Hierzu zählen folgende Wege:

- Wege im Rahmen von Tagesausflügen respektive privaten und geschäftlichen Tagesreisen, die eine längere Abwesenheit vom Wohnort bedingen (Reisen von mindestens drei Stunden Dauer, Hin- und Rückweg inklusive Aufenthalt) und bei denen definitionsgemäss die übliche Umgebung der Alltagsmobilität verlassen wird (vergleiche BFS & ARE 2012, [21] S.110).
- Reisen mit Übernachtungen (private Reisen sowie Geschäftsreisen).

Diese nicht-alltägliche Mobilität ist gemäss SIA-Merkblatt 2039 Mobilität [12] (S.10, Punkt 2.1.3) weitgehend unabhängig von der Lage und dem Verkehrsangebot des Wohngebäudes. Es hängt deshalb von der Systemabgrenzung ab, ob dieser Teil der Mobilität der Bewohnerschaft auf das Gebäude bezogen wird, und falls ja, wie gross der Anteil der Mobilität ist, der dem Gebäude zugeordnet wird (siehe dazu weiter unten).

#### Befragungsinhalte

Ziel einer Befragung der Haushalte in der Siedlung Burgunder war es, Angaben über die Alltagsmobilität der Bewohnerschaft zu erhalten, den Besitz von Fahrzeugen und ÖV-Abonnements in den Haushalten zu erheben und Einschätzungen der Bewohnerinnen und Bewohner zu den Verkehrsangeboten am Standort zu erfahren. Zu diesem Zweck wurde eine schriftliche Haushaltsbefragung konzipiert, die folgende Komponenten umfasste:

- einen Haushaltsbogen, mit dem der Fahrzeug- und Abonnementsbesitz sowie die Einschätzungen zum Verkehrsangebot abgefragt wurden;
- einen Personenbogen zum Erfassen der an einem Stichtag (vorheriger Tag) zurückgelegten Wege im Alltag. Ergänzend wurden in weiteren Teilen des Personenbogens die durchgeführten Tagesreisen in den letzten vier Wochen und die Reisen mit Übernachtungen in den letzten vier Monaten erhoben, um auf dieser Basis näherungsweise Aussagen über die nicht-alltägliche Mobilität der Bewohnerinnen und Bewohner zu erhalten.

#### Schriftliche Befragung

Die Befragung konnte nicht als telefonische Befragung nach dem Design des aktuellen Mikrozensus Mobilität 2010 [21] durchgeführt werden. Aus erhebungspraktischen Gründen war das Erfassen der Alltagsmobilität nur auf schriftlichem Wege möglich (beim Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010 erfolgte die Befragung telefonisch). Dabei musste eine Vereinfachung der Abfrage erfolgen: Anstelle von Etappen, wie beim Mikrozensus, wurden als Erhebungseinheiten Wege und die bei jedem Weg gewählten Verkehrsmittel erfragt. Daraus wurden bei der Datenaufbereitung die zurückgelegten Etappen rekonstruiert. Etappen zu Fuss, die in Kombination mit anderen Verkehrsmitteln durchgeführt wurden (z.B. laufen von oder weg von der ÖV-Haltestelle), sind nachcodiert worden. Die Ergebnisse können deshalb näherungsweise mit jenen des Mikrozensus Verkehrsverhalten 2010

verglichen werden (vergleiche [10]). Die Fragen zu den Tagesreisen und zu den Reisen mit Übernachtungen wurden an die Fragestellung des Mikrozensus Verkehrsverhalten 2010 angeglichen. Sie dienen aber als Zusatzinformationen, um die Gesamtmobilität der Bewohnerinnen und Bewohner für ein Jahr abzuschätzen.

### Stichtagskonzept

Die Befragung wurde, analog zum nationalen Mikrozensus Mobilität, als Stichtagsbefragung konzipiert, weil den Haushalten das Ausfüllen eines länger laufenden Wegtagebuchs (z.B. über eine Woche oder einen Monat hinweg) nicht zugemutet werden sollte. Dabei wurden die Stichtage den Haushalten vorgegeben. Sie decken die Wochentage gut ab (73% Werktagen; Montag bis Freitag, 27% Samstag und Sonntag). Eine Gewichtung der Daten nach Tagen oder Tagestypen hat sich dadurch erübrigt.

### Stichprobe

In den beiden Gebäuden der Siedlung Burgunder wurde eine Vollerhebung vorgenommen: In 22 Haushalten sind insgesamt 41 Personen wohnhaft (zur Haushaltsgrösse und Altersstruktur der Mitglieder siehe Tabelle 5-5 und Tabelle 5-6).

Ausgefüllt wurden 22 Haushaltsbögen (= 100%), ein Bogen allerdings nur teilweise. Anders als konzipiert war, antworteten nicht alle Personen der befragten Haushalte. Aussagen über die Mobilität können für 29 Personen gemacht werden (=71%):

- Darunter hatte eine Person aus einem Einpersonenhaushalt allerdings aufgrund einer Ferienabsenz keine Alltagsmobilität berichtet.
- Unter den restlichen 28 Personen war ein Haushalt mit vier Personen am Stichtag nicht mobil, was für das Bestimmen von Mittelwerten für das Gebäude allerdings relevant ist. Auch im Mikrozensus Mobilität werden nicht-mobile Personen bei der Berechnung von Mobilitätskenngrössen (wie die mittlere Anzahl Etappen, Wege und Distanzen) berücksichtigt.
- Wegangaben im Bereich der Alltagsmobilität liegen deshalb für 24 Personen vor (59% der gesamten Bewohnerschaft des Gebäudes).

Tabelle 5-5: Grösse der Haushalte in den untersuchten Gebäuden

<b>Haushaltsgrösse</b>	<b>Anzahl Haushalte</b>	<b>Anteil der Haushalte (%)</b>
Eine Person	10	45%
Zwei Personen	8	36%
Drei Personen	1	5%
Vier Personen	3	14%
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>100%</b>

Tabelle 5-6: Altersstruktur der Haushaltsmitglieder in den untersuchten Gebäuden

<b>Altersklasse</b>	<b>Anzahl Personen</b>	<b>Anteil Personen (%)</b>
0-5 Jahre	5	12%
6-17 Jahre	0	0%
18-30 Jahre	8	20%
31-44 Jahre	17	41%
45-64 Jahre	7	17%
über 64 Jahre	3	7%
keine Angabe	1	2%
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>100%</b>

Von den 28 Personen, über die Informationen zur Alltagsmobilität vorliegen, wird auf die Alltagsmobilität der 41 Bewohner der Siedlung geschlossen. Der Anteil der am Stichtag im Bereich der Alltagsmobilität nicht-mobilen Personen liegt mit 14% über dem Durchschnitt des Mikrozensus Bern 2005 (9% in der Stadt Bern). Anders als beim Mikrozensus Mobilität und Verkehr wird die Mobilität aller Personen in einem Haushalt betrachtet, also auch die der Kinder unter 6 Jahren (Mikrozensus erst ab 6 Jahren). Dies aus dem Grund, weil aus den Mobilitätsdaten unter anderem Kenngrössen je Wohnfläche abgeleitet werden, die auf alle Personen im Wohngebäude bezogen werden.

Zur nicht-alltäglichen Mobilität liegen Angaben von Einzelpersonen aus 14 Haushalten in Bezug auf die Tagesreisen der letzten 4 Wochen sowie von 19 Personen aus 18 Haushalten zu Reisen mit Übernachtungen in den vorangehenden 4 Monaten vor.

### **Datenaufbereitung**

Die Datenaufbereitung umfasste eine Plausibilitätsprüfung. So sind zu einzelnen Wegen bei der Alltagsmobilität Rückwege hinzugefügt worden, sofern sie offensichtlich nicht angegeben wurden waren (z.B. Einkaufsweg als Hinweg, ohne Angabe eines Rückwegs). Diese Komplettierung ist wichtig, weil auf Basis der Rückwege die wohngebäudebezogene Alltagsmobilität berechnet wird. Zusätzlich wurden Wege mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder mit dem Auto durch Etappen zu Fuss ergänzt, um Vergleiche mit dem Mikrozensus – in Bezug auf die Etappenanzahl – vornehmen zu können. Für einzelne Wege wurde eine Überprüfung der von den Befragten geschätzten Wegdistanzen vorgenommen; erkennbar nicht plausible Angaben wurden korrigiert. Die Schätzwerte der Befragten wurden aber weitgehend übernommen (Praxis des Mikrozensus 2005).

Für Tagesreisen und Reisen mit Übernachtungen wurden Plausibilitätsprüfungen vorgenommen und Gesamtdistanzen für Hin- und Rückwege berechnet. Anhand des Ansatzes des SIA-Merkblattes 2039 Mobilität, wurden bei späteren Auswertungen zusätzlich noch die gebäudebezogenen Anteile der nicht-alltäglichen Mobilität berechnet.

### **Datenauswertung**

Im Mittelpunkt der Datenauswertung stand das Bestimmen der Tagesdistanzen mit den einzelnen Verkehrsmitteln; auf dieser Basis gründet die spätere Ermittlung des Primärenergieverbrauchs (PE) und der Emissionen von Treibhausgasen (THG). Diese Kenngrössen sind für die Stichprobe der Befragten mit Hilfe von spezifischen, fahrzeugbezogenen Energieverbrauchscoeffizienten für die nicht-erneuerbare Energie und mit THG-Emissionsfaktoren je Verkehrsmittel ermittelt worden. Grundlagen waren die Angaben im SIA-Merkblatt 2039 Mobilität. Die Primärenergiekoeffizienten enthalten auch die Graue Energie für den Bau der Verkehrsinfrastrukturen und der Fahrzeuge. Eine Ausnahme stellen der Fussverkehr und der Veloverkehr dar, für die mangels Daten, und aufgrund von Abgrenzungsproblemen in Bezug auf die Strassenverkehrsinfrastruktur, noch keine Ansätze für die Graue Energie gewählt werden konnten (Annahme eines Primärenergieverbrauchs und von Treibhausgasemissionen von jeweils Null).

### **Hochrechnung**

Die ermittelten Werte für den Stichtag, sind auf Jahreswerte der Alltagsmobilität hochgerechnet worden. Vereinfacht wurden 335 Tage mit Alltagsmobilität angenommen (365 Tage minus 10 Tage Tagesreisen, minus 20 Tage Reisen mit Übernachtungen). Bei der Hochrechnung ist berücksichtigt worden, dass Kinder in der realisierten Stichprobe leicht unterrepräsentiert sind.

Leider kann aus den Angaben der Befragten zur nicht-alltäglichen Mobilität nicht eindeutig geschlossen werden, ob auch die anderen Haushaltsmitglieder mit auf Reisen waren. Um

bei der Hochrechnung auf der sicheren Seite zu sein, wird angenommen, dass dies der Fall war. Der Ermittlung von Durchschnittswerten je Bewohnerin und Bewohner der Siedlung wurden deshalb die Mittelwerte der Personen mit Angaben zur nicht-alltäglichen Mobilität zugrunde gelegt. Bei der Hochrechnung der nicht-alltäglichen Mobilität ist ferner zu beachten, dass die Befragung nicht über das ganze Jahr hinweg stattfand: abgedeckt wurde nur eine zurückliegende Bezugsperiode von 4 Wochen im Frühsommer bei Tagesreisen und 4 Monaten bei Reisen mit Übernachtungen – ein Zeitraum überdurchschnittlicher Reiseintensität.

### 5.7.2. Datenauswertung

#### Fahrzeug- und Abo-Besitz

Die Bewohner der Siedlung Burgunder unterscheiden sich bezüglich des Besitzes von ÖV-Abonnements und Fahrzeugen stark von der übrigen Bevölkerung des Kantons Bern.

Ein Auto oder ein Motorrad, respektive Mofa, besitzt keine Person der untersuchten Haushalte. Dagegen finden sich in 88% aller Haushalte Velos (mehr als im Schweizer Mittel von 70% der Haushalte).

Tabelle 5-7: Fahrzeuge in den Haushalten

Art des Fahrzeugs	Anzahl der Haushalte	Anteil der Haushalte (%)
kein Auto	22	100%
Auto	0	0%
kein Mofa oder Motorrad	22	100%
Mofa / Motorrad	0	0%
kein Velo	4	18%
Ein Velo	5	23%
Zwei Velos	8	36%
Drei und mehr Velos	5	23%
E-Bike	1	5%

89% der Bewohnerschaft verfügt über mindestens ein Abonnement des öffentlichen Verkehrs. Dies liegt deutlich über dem Durchschnitt des Kantons Bern (64% im Jahr 2010), wie auch über dem Durchschnitt der Berner Stadtbevölkerung (76% im Jahr 2005). Sehr hoch ist die Besitzquote beim Generalabonnement: mehr als die Hälfte der Bewohnerschaft hat ein GA; gut ein weiteres Viertel besitzt ein Halbtax-Abo. Im Vergleich dazu: 2010 hatten 18% der Einwohnerinnen und Einwohner der Agglomeration Bern ein GA.

Tabelle 5-8: Abo-Besitz der Haushaltsmitglieder

Art des ÖV-Abos	Anzahl Personen	Anteil Personen (%)
Halbtax-Abo	11	24%
Generalabo	23	50%
Verbund-Abo (libero)	7	15%
kein Abo	5	11%
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>100%</b>

#### Führerschein- und Autoverfügbarkeit

Die Mehrzahl der erwachsenen Bewohnerschaft (knapp drei Viertel) besitzt einen PW-Führerschein; davon steht nur 23% kein Personenwagen zur Verfügung. Bei den verfügbaren PW handelt es sich in der Regel um ein Car-Sharing-Auto (54% der

Führerscheinbesitzerinnen und -besitzer sind Car-Sharing-Mitglied). 19% der Personen mit Führerschein können über ein Auto von Dritten verfügen.

Tabelle 5-9: PW-Führerschein (Personen ab 18 Jahren)

<b>Führerschein</b>	<b>Anzahl Personen</b>	<b>in %</b>
Ja	26	72%
Nein	9	25%
keine Angabe	1	3%
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>

Tabelle 5-10: Verfügbarkeit eines PW (Personen mit Führerschein)

<b>PW-Verfügbarkeit</b>	<b>Anzahl Personen</b>	<b>in %</b>
immer verfügbar	1	4%
nach Absprache	5	19%
Car-Sharing-Auto	14	54%
nicht verfügbar	6	23%
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>100%</b>

Tabelle 5-11: Car-Sharing-Mitgliedschaft (Personen mit Führerschein)

<b>Car-Sharing-Mitglied</b>	<b>Anzahl Personen</b>	<b>in %</b>
Ja	14	54%
Nein	11	42%
keine Angabe	1	4%
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>100%</b>

### 5.7.3. Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistungen

Die Auswertungen wurden zum einen für die Wege und Etappen in der Alltagsmobilität insgesamt sowie für den gebäudeinduzierten Teil, der dem Wohngebäude zugerechnet werden kann, ermittelt (wohngebäudebezogene Mobilität). Zu letzterem werden vor allem die Rückwege zur Wohnung sowie Rundwege (Spaziergänge etc.), die am Wohngebäude beginnen und enden, gezählt (vergleiche [12] S.24-25). In der Stichprobe der Siedlung Burgunder wurde in Bezug auf die Tagesdistanzen der Bewohnerinnen und Bewohner ein Anteil der gebäudebezogenen Alltagsmobilität von 49% berechnet, was dem Ansatz im SIA-Merkblatt Mobilität von 47% nahekommt.

Die Verkehrsmittelwahl der Bewohnerinnen und Bewohner ist in Bezug auf die Etappen sehr stark vom Langsamverkehr geprägt (65% Langsamverkehr, davon 41% zu Fuss und immerhin rund ein Viertel der Etappen mit dem Velo). Autoetappen sind am Stichtag der Erhebung kaum und Mofa-/Motorrad-Etappen gar nicht vorgekommen. Unter den öffentlichen Verkehrsmitteln, die zusammen einen Anteil von 31% aller Etappen darstellen, nehmen der Regionalzug respektive die S-Bahn, mit rund der Hälfte der Etappen des ÖVs einen hohen Anteil ein.

Bezogen auf die Tagesdistanzen zeigt sich bei den Bewohnerinnen und Bewohnern ebenfalls ein vergleichsweise hohes Niveau des Langsamverkehrs (11%; Stadt Bern 2005: 9%). Der Anteil des motorisierten Individualverkehrs ist verschwindend klein (2%; Stadt Bern 2005: 50%). Der Hauptteil der Tagesdistanz der Bewohnerinnen und Bewohner wird von öffentlichen Verkehrsmitteln übernommen, die zusammengekommen 85% der Distanzen abdecken (Stadt Bern 2005: 39%). Der grösste Teil der ÖV-Distanzen entfällt dabei auf Fernverkehrszüge. Die Verkehrsmittelaufteilung (Modal Split) ändert sich nicht wesentlich, wenn anstelle der gesamten Alltagsmobilität nur die wohngebäudebezogene Mobilität betrachtet wird.

Tabelle 5-12: Anteile der Verkehrsmittel an Etappen und Tagesdistanzen (in %)

Kenngrosse	Fuss	Velo	PW	Mofa/ Motorrad	Bus (Diesel)	Regionalzug /S-Bahn	Fernreise- zug	Tram	Summe
<b>Alltagsmobilität insgesamt</b>									
Anteil an Etappen	41	24	4	0	4	15	4	8	100
Anteil an Tagesdistanz	3	9	2	0	1	30	52	3	100
<b>Mobilität bezogen auf Wohngebäude</b>									
Anteil an Tagesdistanz	2	9	1	0	1	31	53	2	100

Für die Berechnung des Primärenergieverbrauchs für Mobilität, der damit verbundenen Treibhausgasemissionen und für die anschliessende Hochrechnung auf Jahreswerte, wurden Mobilitätskenngrossen berechnet, bei denen der leicht unterdurchschnittliche Anteil der Kinder in der realisierten Stichprobe der Befragung ausgeglichen wurde. Die entsprechenden Kenngrossen wurden für mittlere Wochentage bestimmt, von denen aus auf Jahreswerte für die Alltagsmobilität respektive auf Jahreswerte für die wohngebäudebezogene Mobilität hochgerechnet wurde.

Die Bewohnerinnen und Bewohner der Siedlung Burgunder legen an einem mittleren Wochentag pro Person im Mittel 3.3 Wege und 4.9 Etappen zurück. Dies entspricht der Mobilität der Bewohner der Stadt Bern, wie sie 2005 ermittelt wurde. Auch die Tagesdistanz je Person liegt mit 40 km an einem mittleren Tag ungefähr auf dem Niveau der Stadtberner Bevölkerung des Jahres 2005.

Tabelle 5-13: Etappen, Wege und Distanzen in der Alltagsmobilität an einem mittleren Wochentag

<b>Kenngrossen Alltagsmobilität</b>	<b>Mobile in Stichprobe (Alltagsmobilität)</b>	<b>Mobile und Nicht-Mobile in Stichprobe (Alltagsmobilität)</b>	<b>Kinder (Annahme)</b>	<b>Bewohner/-in Siedlung Burgunder</b>	<b>Stadt Bern 2005</b>
Anzahl Wege/Person	3.8	3.2	3.8	3.3	3.3
Anzahl Etappen/Person	5.7	4.9	5.0	4.9	4.9
Tagesdistanz/Person	48.3	41.4	22.6	40.0	40.5

Bemerkung: Dargestellt sind Kenngrossen für die Gesamtmobilität im Alltag, nicht nur die wohngebäudebezogene Mobilität.

#### 5.7.4. Primärenergie und Treibhausgasemissionen in der Alltagsmobilität

Der aus der Verkehrsmittelnutzung resultierende Primärenergieverbrauch (nicht-erneuerbare Energie) und die Treibhausgasemissionen in Verbindung mit der Alltagsmobilität werden pro Person nachfolgend zuerst für einen mittleren Wochentag und danach als Jahreswerte dargestellt. Dabei wird der Anteil der Alltagsmobilität, der dem Wohngebäude zugerechnet wird, separat ausgewiesen. Für die Bevölkerung der Stadt Bern wurde ausgehend von den verfügbaren Mobilitätsdaten des Jahres 2005 [10] mit den gleichen Energieverbrauchs-koeffizienten und THG-Emissionsfaktoren der Verkehrsmittel eine näherungsweise Hochrechnung für die Alltagsmobilität vorgenommen.

Der Verbrauch von Primärenergie und die Emission von Treibhausgasen liegen pro Person in der Siedlung Burgunder markant unter dem Durchschnitt der Stadtberner Bevölkerung: Primärenergie für Alltagsmobilität pro Person in der Siedlung Burgunder: rund 5'400 MJ, davon sind rund 2'400 MJ dem Wohngebäude zurechenbar.

Bevölkerung der Stadt Bern 2005: pro Person rund 25'000 MJ, davon ein wohngebäudebezogener Anteil von rund 11'000 MJ pro Kopf.

Tabelle 5-14: Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen der gebäudebezogenen Alltagsmobilität pro Person und Jahr

<b>Kenngrössen Alltagsmobilität (Jahreswerte)</b>	<b>Mobile Erwachsene</b>	<b>Mobile und nicht-mobile Erwachsene</b>	<b>Kinder (Annahme)</b>	<b>Bewohner/-in Siedlung Burgunder</b>	<b>Stadt Bern 2005</b>
Anzahl Wege/Person	1'256	1'077	1'261	<b>1'090</b>	1'106
Anzahl Etappen/Person	1'898	1'627	1'659	<b>1'629</b>	n. e.
Jahresdistanz/Person	16'171	13'861	7'561	<b>13'400</b>	13'568
Primärenergie Alltagsmobilität (MJ/Person)	6'571	5'632	3'072	<b>5'445</b>	24'792
Primärenergie gebäudebezogene Mobilität (MJ/Person)	2'928	2'509	1'369	<b>2'426</b>	11'157
Treibhausgasemissionen Alltagsmobilität (kg CO <sub>2</sub> eq/Person)	242	208	113	<b>201</b>	1'495
Treibhausgasemissionen gebäudebezogene Mobilität (kg CO <sub>2</sub> eq/Person)	102	88	48	<b>85</b>	628

Anteil der gebäudebezogenen Primärenergie an der gesamten Primärenergie für Alltagsmobilität: 45%

Anteil der gebäudebezogenen THG-Emissionen an den gesamten THG-Emissionen der Alltagsmobilität: 42%  
n.e. = nicht ermittelt

### 5.7.5. Primärenergie und Treibhausgasemissionen in der nicht-alltäglichen Mobilität

Die nicht-alltägliche Mobilität ist durch relativ hohe Verkehrsleistungen der Personen gekennzeichnet (Durchschnittswerte aller an der Befragung Beteiligten):

Tagesreisen: rund 2'340 km/Person und Jahr, davon 78% mit Fernzügen, 11% mit Regionalzügen und nur 6% mit Personenwagen

Reisen mit Übernachtungen: rund 4'590 km/Person und Jahr, davon 34% mit Fernzug, 57% mit Flugzeug, 8% mit Bus (inkl. Reisecar) sowie Schiff, nur 1% mit Personenwagen.

Die relativ hohe Verkehrsleistung mit dem Flugzeug hat Auswirkungen auf den Verbrauch von Energie für Mobilität und auf die Treibhausgasemissionen.

Tabelle 5-15: Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen der nicht-alltäglichen Mobilität

<b>Kriterium</b>	<b>Tages- reisen</b>	<b>Reisen mit Übernachtung</b>	<b>Nicht-alltägliche Mobilität gesamt</b>
Primärenergie (nicht-erneuerbar) (MJ/Person)	1'150	6'020	7'170
Treibhausgasemissionen (kg CO <sub>2</sub> eq /Person)	52	380	430

## 5.7.6. Zusammenfassung

Tabelle 5-16: Zusammenfassung Mobilitätskennzahlen

Kenngrössen (Jahreswerte)	Bewohner/ -in Siedlung Burgunder	Stadt Bern 2005	Schweiz 2005	2000-Watt- Vorgabe <sup>5</sup>
<b>Alltagsmobilität</b>				
Jahresdistanz (km/Person)	<b>13'400</b>	13'568	13'233	
Anteil MIV und Flugzeug	<b>0%</b>	50%	68%	
Primärenergie (MJ/Person)	<b>5'445</b>	24'792	33'667	
Primärenergie gebäudebezogene Mobilität (MJ/Person)	<b>2'426</b>	11'157	15'150	7'800
Treibhausgasemissionen (kg CO <sub>2</sub> eq/Person)	<b>201</b>	1'495	2'481	
Treibhausgasemissionen gebäudebezogene Mobilität (kg CO <sub>2</sub> eq/Person)	<b>85</b>	628	1'042	330
<b>Nicht-alltägliche Mobilität</b>				
<b>Tagesreisen</b>				
Jahresdistanz (km/Person)	<b>2'339</b>		1'237	
Anteil MIV und Flugzeug	<b>6%</b>		68%	
Primärenergie (MJ/Person)	<b>1'147</b>		3'029	1'550
Treibhausgasemissionen (kg CO <sub>2</sub> eq/Person)	<b>52</b>		178	55
<b>Nicht-alltägliche Mobilität</b>				
<b>Reisen mit Übernachtung</b>				
Jahresdistanz (km/Person)	<b>4'585</b>		4'639	
Anteil MIV und Flugzeug	<b>58%</b>		93%	
Primärenergie (MJ/Person)	<b>6'020</b>		9'710	5'000
Treibhausgasemissionen (kg CO <sub>2</sub> eq/Person)	<b>376</b>		614	190

Die Bewohnerinnen und Bewohner der Siedlung Burgunder unterscheiden sich in Bezug auf zentrale Mobilitätskenngrössen wie die Anzahl Etappen, die Anzahl Wege und die mittleren Tagesdistanzen pro Person nicht von der übrigen Stadtberner Bevölkerung. Deutliche Unterschiede bestehen allerdings bei der Verfügbarkeit über „Mobilitätswerkzeuge“: Die Haushalte besitzen keine eigenen Personenwagen, die Führerscheinbesitzenden haben stattdessen zu einem hohen Anteil eine Mitgliedschaft bei einer Carsharing-Organisation. Sehr hoch ist ausserdem die Besitzquote bei Abonnements des öffentlichen Verkehrs, insbesondere beim Generalabonnement.

Die Alltagsmobilität ist durch einen hohen Anteil von Etappen zu Fuss und mit dem Velo gekennzeichnet. Längere Distanzen werden fast ausschliesslich mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt; das Auto spielt keine entscheidende Rolle.

In der Summe weisen die Bewohnerinnen und Bewohner im Vergleich zur Bevölkerung der Stadt Bern respektive der Schweiz im Bereich der Alltagsmobilität einen markant niedrigeren

<sup>5</sup> Da der SIA-Effizienzpfad Energie für die 2000-Watt Beurteilung nur die gebäudebezogene alltägliche Mobilität einbezieht und dort einen Richtwert vorgibt, wurden hier die gleichen Reduktionsfaktoren für die nicht-alltägliche Mobilität angenommen.

Verbrauch an (nicht-erneuerbarer) Primärenergie für Mobilität sowie deutlich niedrigere Emissionen von Treibhausgasen auf. Die für die Siedlung Burgunder für die Mobilität formulierten Zielwerte in Bezug auf Primärenergie und Treibhausgasemissionen werden im Bereich der Alltagsmobilität deutlich erreicht.

Die nicht-alltägliche Mobilität wird nur sehr bedingt durch das Gebäude und den Standort beeinflusst (ca. 33% werden gemäss SIA Merkblatt Mobilität dem Gebäude zugeordnet – dieser Wert wurde bei unserer Umfrage bestätigt; 36% bei den Übernachtungsreisen). In der Stichprobe ergeben sich überdurchschnittlich hohe Verkehrsleistungen bei den Tagesausflügen und durchschnittliche Werte bei den Reisen mit Übernachtung. Die Anteile des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und der Flüge sind bei den Tagesreisen wesentlich und bei den Übernachtungsreisen nur noch spürbar tiefer. Dies führt auch hier zu bedeutend tieferen Energieverbräuchen und Treibhausgasemissionen, die dem Gebäude zugeordnet werden.

Die Umrechnung von personenbezogenen auf flächenbezogene Werte ist von der mittleren Personenbelegung abhängig. Der SIA-Effizienzpfad Energie geht von einem Standardwert von 60 m<sup>2</sup> pro Person aus. In der Siedlung Burgunder lag der Wert während der Untersuchung bei 88 m<sup>2</sup>. Dabei gilt es zu beachten, dass 4 von 22 Wohnungen zur Zeit der Erhebung noch nicht belegt waren. Sofern diese mit gleicher Personendichte (knapp 2 Personen pro Wohnung) bezogen würden, würde der Wert auf 72 m<sup>2</sup> pro Person sinken, was immer noch deutlich über dem Schweizer Durchschnitt läge.

Mit dem aktuellen Flächenbedarf von 88 m<sup>2</sup> pro Person wird der geforderte SIA-Richtwert von 130 MJ/m<sup>2</sup> mit einem Wert von 28 MJ/m<sup>2</sup> deutlich unterschritten.

## 5.8. 2000-Watt-Gesellschaft

### 5.8.1. Berechnung nach SIA-Effizienzpfad Energie 2040

Tabelle 5-17: Auszug aus dem SIA-Effizienzpfad Energie

#### 3.3 Zielwerte Wohnen

Tabelle 4 Zielwerte und orientierende Richtwerte für die Gebäudekategorie Wohnen, bezogen auf ein Jahr und die Energiebezugsfläche  $A_E$

Wohnen	Primärenergie nicht erneuerbar MJ/m <sup>2</sup>		Treibhausgasemissionen kg/m <sup>2</sup>	
	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau
Richtwert Erstellung	110	60	8,5	5,0
Richtwert Betrieb	200	250	2,5	5,0
Richtwert Mobilität	130	130	5,5	5,5
Zielwerte	440		16,5	15,5

Der SIA-Effizienzpfad Energie geht von einem Wohnflächenbedarf von 60 m<sup>2</sup> pro Person aus. 2000-Watt-kompatibel sind Gebäude, die den Zielwert erreichen. Dieser Zielwert ist auf das Jahr 2050 fokussiert, d.h. es werden 3'500-Watt erreicht. Die 2'000-Wattgesellschaft soll im Jahr 2150 erreicht werden. Die Aufteilung in die Bereiche Erstellung<sup>6</sup>, Betrieb und Mobilität sind als Richtwerte zu verstehen.

<sup>6</sup> In der SIA 2040 wird in Kpt. 2.2 „Erstellung“ die Graue Energie (oder Graue Treibhausgasemissionen) für Erstellung und Entsorgung bezeichnet.

Die Siedlung Burgunder erreicht deutlich die 2000-Watt-Kompatibilität (Tabelle 5-18).

Auch mit einer Korrektur des während der Untersuchung (noch) hohen Flächenbedarfs von 88 m<sup>2</sup> pro Person auf den Standardwert von 60 m<sup>2</sup> pro Person (Tabelle 5-19) wird die Kompatibilität noch erreicht. Dabei wurden die Mobilität, der Haushaltstrom und der Warmwasserverbrauch proportional hochgerechnet. Die Heizwärmeeinsparung wurde aufgrund der höheren Wärmegewinne nicht korrigiert. Die Graue Energie und die Hilfsenergien wurden auch nicht angepasst, da diese nicht von der Personenbelegung abhängig sind.

Ergänzend sei erwähnt, dass der Flächenbedarf im Juni 2013, gem. Angaben der Verwaltung bei 63 m<sup>2</sup> pro Person liegt, (resp. mit Einbezug der Ateliers sogar bei 56 m<sup>2</sup>).

Tabelle 5-18: Zusammenfassung 2000-Watt (88 m<sup>2</sup>/Pers.)

Thema	PE nicht erneuerbar [MJ/m <sup>2</sup> ]			TGEK [kg CO <sub>2</sub> eq./m <sup>2</sup> ]		
	Zielwert	Planwert	Messwert	Zielwert	Planwert	Messwert
1 Graue Energie	110	74	98	8.5	-	6.1
2.1 Heizen	35	15	48	0.4	0.3	0.8
2.2 Lüften, Klima, Hilfsenergie	20	47	40	0.2	0.8	0.7
3 WW	35	62	42	0.5	1.0	0.7
4 Licht & Apparate	110	102	102	1.4	1.7	1.7
Total Betriebsenergie	200	227	232	2.5	4	3.9
5 Mobilität	130	62	28	5.5	0.9	1.0
Betriebsenergie & Mobilität	330	289	260	7.5	4.7	4.8
Total	440	363	358	16.5		10.9

Tabelle 5-19: Zusammenfassung 2000-Watt mit Flächenkorrektur (60 m<sup>2</sup>/Pers.)

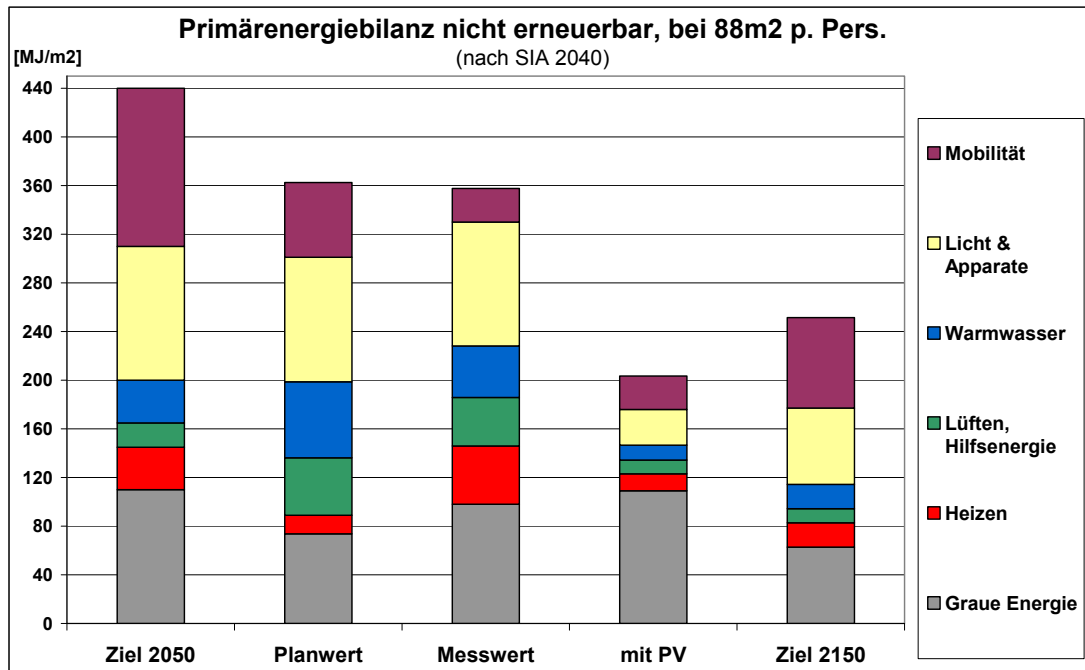
Thema	PE nicht erneuerbar [MJ/m <sup>2</sup> ]			TGEK [kg CO <sub>2</sub> eq./m <sup>2</sup> ]		
	Zielwert	Planwert	Messwert	Zielwert	Planwert	Messwert
1 Graue Energie	110	74	98	8.5	-	6.1
2.1 Heizen	35	15	48	0.4	0.3	0.8
2.2 Lüften, Klima, Hilfsenergie	20	47	40	0.2	0.8	0.7
3 WW	35	62	62	0.5	1.0	1.0
4 Licht & Apparate	110	102	149	1.4	1.7	2.5
Total Betriebsenergie	200	227	299	2.5	4	5.0
5 Mobilität	130	62	40	5.5	0.9	1.4
Betriebsenergie & Mobilität	330	289	340	7.5	4.7	6.4
Total	440	363	438	16.5		12.5

### 5.8.2. Ergänzung mit aktiver Solarnutzung

Das Gebäude weist einen Stromverbrauch von 75'000 kWh pro Jahr für Heizen, Warmwasser, Lüftung und Haushaltstrom auf. Eine Photovoltaikanlage (PV) ist momentan durch ewb in Planung. Eine ertragsoptimierte Anlage auf dem Attikadach könnte in etwa wie folgt aussehen. Die Gebäudegrundfläche beträgt 660 m<sup>2</sup>, das Attikadach 420 m<sup>2</sup>. Mit monokristallinen Siliziummodulen und einem Wirkungsgrad von rund 20% kann auf einer Fläche von 250 m<sup>2</sup> eine Leistung von ca. 53 kWp installiert und ein Ertrag 52'700 kWh pro Jahr erwartet werden. Unter der Voraussetzung, dass der Strom auch dem Gebäude zukommt, werden die Werte bezüglich der 2000-Watt-Kompatibilität nochmals wesentlich verbessert und der 2'000-Watt Zielwert für das Jahr 2150 kann erreicht werden. Je nach Systemgrenzen müssten Bewohnerschaft und ewb als Wärmecontractor (Versorgung der Wärmepumpe) gemeinsam den gesamten Ertrag der PV-Anlage erwerben bzw. vor Ort verbrauchen.

Für einen 100%-Deckungsgrad reicht das Attikadach allerdings nicht aus; es müssten weitere Flächen (Fassaden, Geländer) mit Photovoltaik erschlossen werden. Eine Alternative wäre es, dank des höheren spezifischen Ertrags, einen Teil der Fläche mit thermischen Solarmodulen zu belegen.

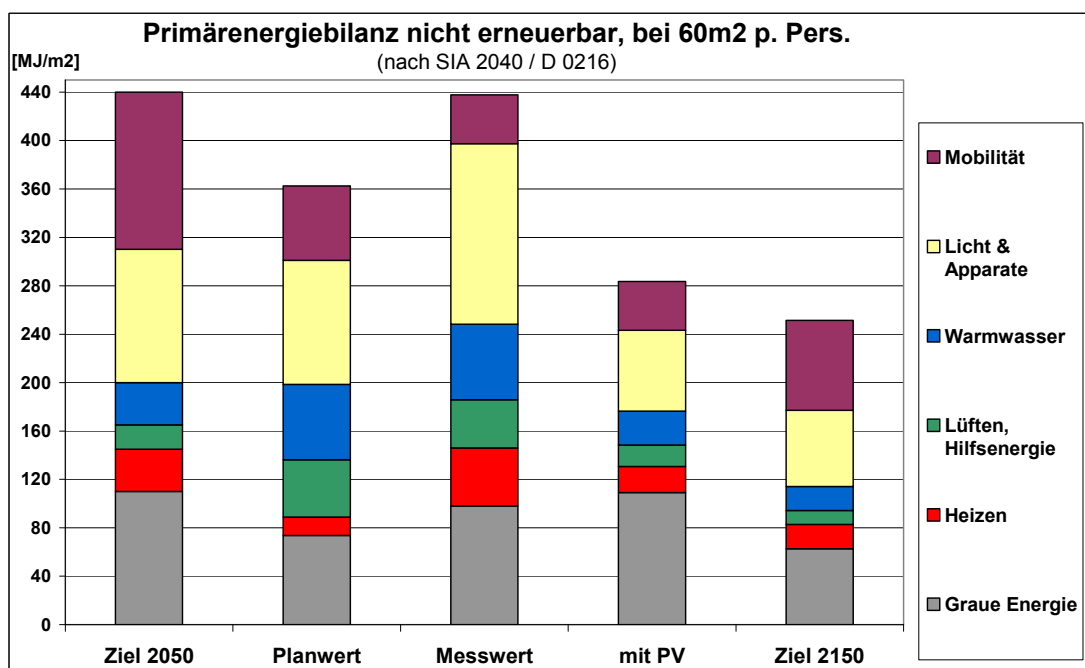
Nachtrag: Die Erstellung der Anlage durch ewb erfolgt im 2013, wobei nur 27 kWp auf einer Fläche von 190 m<sup>2</sup> installiert werden.



Grafik 5.10: Energiebilanz Graue Energie nicht erneuerbar bei 88 m<sup>2</sup>/Person

Grafik 5.10 und Grafik 5.11 zeigen die Gesamtbilanz der nicht erneuerbaren Energie ohne respektive mit Flächenkorrektur.

Die Graue Energie der PV-Anlage ist in 2 Jahren amortisiert, unter der Annahme, dass die Primärenergiequalität bei der Grauen Energie dem Schweizer Strommix entspricht.



Grafik 5.11: Energiebilanz Graue Energie nicht erneuerbar bei 60 m<sup>2</sup>/Person

## 5.9. Bewohnerinnen- und Bewohnerumfrage

Mit der im Juni 2011 durchgeführten Bewohnerinnen- und Bewohnerumfrage wurden mehrere Themenfelder untersucht. Der Fragebogen umfasst zwei Teile. Einen ersten Teil mit Haushaltsbögen mit Angaben zum Haushalt, einer Bewertung des Wohnumfeldes und der Wohnung sowie des Verkehrsangebotes. Einen zweiten Teil zur Mobilität, welcher Wege an einem Stichtag, Tagesreisen sowie Reisen mit Übernachtungen einbezieht. Die Resultate zum Teil Mobilität und die dazu relevanten Aspekte mit den Angaben zum Haushalt sind im Kapitel 5.7 ausgewertet worden. Im vorliegenden Kapitel wird die Bewertung des Wohnumfeldes und der Wohnung erläutert und kommentiert.

Die Siedlung Burgunder umfasst 40 Wohnungen der npg und 40 Wohnungen der wok Burgunder. Die vorliegende Studie bezieht sich nur auf die zwei Gebäude der npg. Nach schriftlichen Vorankündigungen wurden im Juni 2011 total 35 Fragebögen an die Haushalte verschickt. Mit 22 anonymisierten Dossiers beträgt der Rücklauf gute 63%. In 10 Haushalten (45.5%) lebt eine Person, in 8 Haushalten (36.5%) leben 2 Personen, in 3 Haushalten (13.5%) sind es 3-4 Personen inkl. Kinder, ein Haushalt (4.5%) ist eine Wohngemeinschaft. Das Altersspektrum der erwachsenen Personen reicht von 21 bis 69 Jahren. Die Fragen zu Wohnumfeld/Wohnung sind pro Haushalt ausgefüllt, die Fragen zur Mobilität von allen Personen der Haushalte.

Zur Bewertung des Wohnumfeldes und der Wohnung wurden die folgenden sechs Fragen gestellt:

- Was war die Motivation zum Einzug in die Siedlung Burgunder?
- Wie beurteilen Sie die Qualität Ihres Wohnumfeldes?
- Wie beurteilen Sie Ihr Wohngebäude und Ihre Wohnung im Hinblick auf die Qualität des Raumangebotes?
- Wie beurteilen Sie Ihr Wohngebäude und Ihre Wohnung im Hinblick auf Wohlbefinden und Behaglichkeit?
- Wie stark berücksichtigen Sie energetische und ökologische Aspekte bei Ihren Käufen und bei Ihrem Verhalten in der Wohnung?
- Wie beurteilen Sie den Planungs- und Bauprozess in der Siedlung Burgunder?

Jede Frage bot eine Auswahl von vier bis zehn Kriterien, die mit Zahlen von 1 (= sehr schlecht) bis 5 (= sehr gut) beurteilt werden konnten. In einer zusätzlichen Spalte wurden besonders wichtige individuelle Verbesserungsvorschläge erwartet.

Folgende Frage (mit 12 verschiedenen Aspekten zur Beurteilung plus Raum für Verbesserungsvorschläge) wurde im Kapitel Bewertung des Verkehrsangebots in der Siedlung Burgunder gestellt:

- Wie beurteilen Sie die folgenden Verkehrsangebote in der Siedlung Burgunder und im Umfeld der Siedlung?

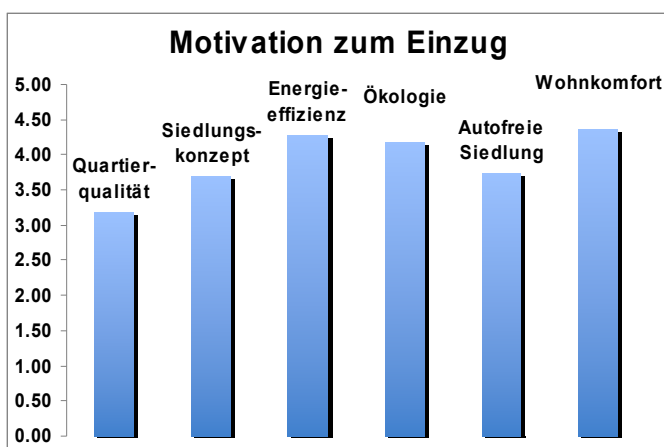
### 5.9.1. Motivation zum Einzug

Bei der Frage nach der Motivation zum Einzug in die Siedlung Burgunder fallen zwei wesentliche Punkte auf: Erstens sind die Erwartungen an das Gebäude höher als diejenigen an das Quartier. Zweitens spielt die Tatsache einer autofreien Siedlung nicht die Hauptmotivation für den Einzug. In der Detailbetrachtung liegen die Aspekte Wohnkomfort (4.36, 1 = unwichtig, 5 = wichtig), hohe Energieeffizienz resp. MINERGIE-P (4.27) und

Ökologie und Gesundheit resp. MINERGIE-ECO (4.18) relativ hoch und nahe beieinander. Die Aspekte autofreie Siedlung (3.73), Siedlungskonzept (3.68) und Quartierqualität (3.18) werden deutlich weniger stark gewichtet. Die Resultate können auf eine gewisse Selbstverständlichkeit (autofrei) und andererseits auf eine Akzeptanz der Situation zurückgeführt werden.

Bei den individuellen Gründen überwiegen Aussagen zur guten Erschliessung mittels ÖV sowie die Nähe zu Stadt und Arbeitsplatz. Weitere Aspekte beziehen sich auf die Wohnungstypologie und Raumgestaltung, auf die Partizipationsmöglichkeiten und Gemeinschaftsbildung sowie auf das gute Preis-/Leistungsverhältnis.

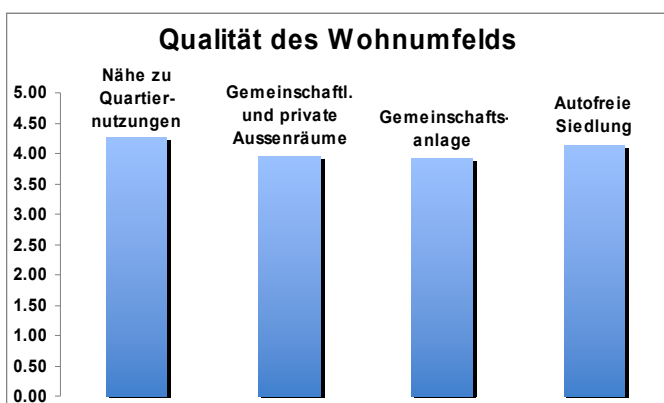
13 von 15 individuellen Rückmeldungen zur Frage, ob die Erwartungen erfüllt seien, werden grossmehrheitlich mit gut, sehr gut oder übertroffen beantwortet. Nur zwei Antworten bemängeln einzelne Punkte (keine Sonnenkollektoren, hohe Stufe von Wohnung auf Terrasse, Lärm).



Grafik 5.12: Umfrage „Motivation zum Einzug“

### 5.9.2. Qualität des Wohnumfeldes

Bei der Beurteilung von vier Qualitätsaspekten des Wohnumfeldes zeigt sich ein relativ gleichmässiges Bild auf recht hohem Niveau; die Werte liegen durchschnittlich bei der Stufe 4 (1 = sehr schlecht, 5 = sehr gut). Die Kriterien sind die Nähe zu Quartiernutzungen (4.27), die Autofreiheit der Siedlung (4.14), die gemeinschaftlichen und privaten Aussenräume (3.95) und die Gemeinschaftsanlage/Kita (3.91).



Grafik 5.13: Umfrage „Qualität des Wohnumfeldes“

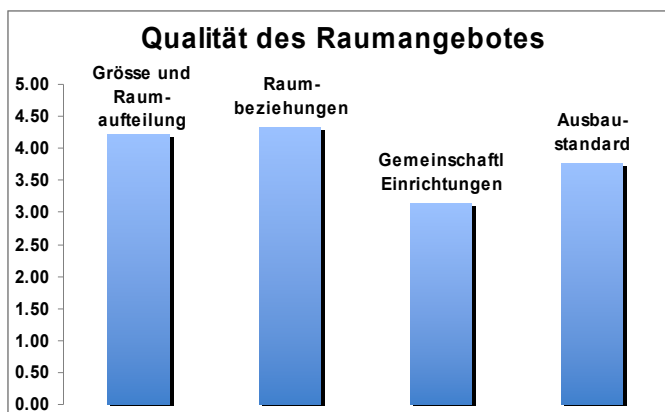
Verbesserungsvorschläge beziehen sich auf gestalterische wie auch auf prozessbedingte Themen: mehr Begrünung (Wachstumsprozess offensichtlich, z.B. auch an Fassade), Schattenplätze, Verkehrsberuhigungsmassnahmen bei Anliegerstrassen, höhere Schallwände gegen die Bahn, Betriebsstrukturen und Informationsfluss für die ganze Siedlung.

### 5.9.3. Qualität des Raumangebots

Das Bild bei der Beurteilung der Wohngebäude und Wohnungen ist im Hinblick auf die Qualität des Raumangebotes nicht ganz einheitlich. Raumbeziehungen innerhalb der Wohnung sowie von innen nach aussen werden mit 4.32 gut bis sehr gut beurteilt (1 = sehr schlecht, 5 = sehr gut), ebenso die Grösse und die Raumaufteilung (4.23). Dem gegenüber schneidet der Ausbaustandard der Wohnungen mit 3.77 noch deutlich über dem Mittelwert ab – die gemeinschaftlichen Einrichtungen (Gemeinschaftsraum, Veloraum, etc.) mit 3.14 nur noch knapp.

Bei den individuell formulierten Verbesserungsvorschlägen betreffen denn auch 9 von 22 Vorschlägen den Platz für Velos. Obschon im Hof gedeckte Veloabstellplätze zur Verfügung stehen, wird das Fehlen eines geschlossenen, gemeinschaftlichen Veloraums beanstandet. Dies zeigt deutlich – wenn auch nicht überraschend –, dass die Velodichte bei Siedlungsgemeinschaften ohne eigene Autos überdurchschnittlich hoch liegt. Dies verlangt eine quantitativ hohe Anzahl Plätze (erfahrungsgemäss 1.5-2/Person) sowie qualitativ unterschiedliche Möglichkeiten; vom Kurzparking direkt neben dem Eingang, dem offenen, überdeckten Platz mit einfacher Schliessvorrichtung im Hof für die Alltagsvelos bis hin zum abgeschlossenen Raum im Untergeschoss für die Spezialvelos, eventuell in Kombination mit einem Veloreparaturabteil.

Weitere Verbesserungsvorschläge zum Raumangebot beziehen sich vornehmlich auf Schrank- und Stauraum in den Wohnungen.



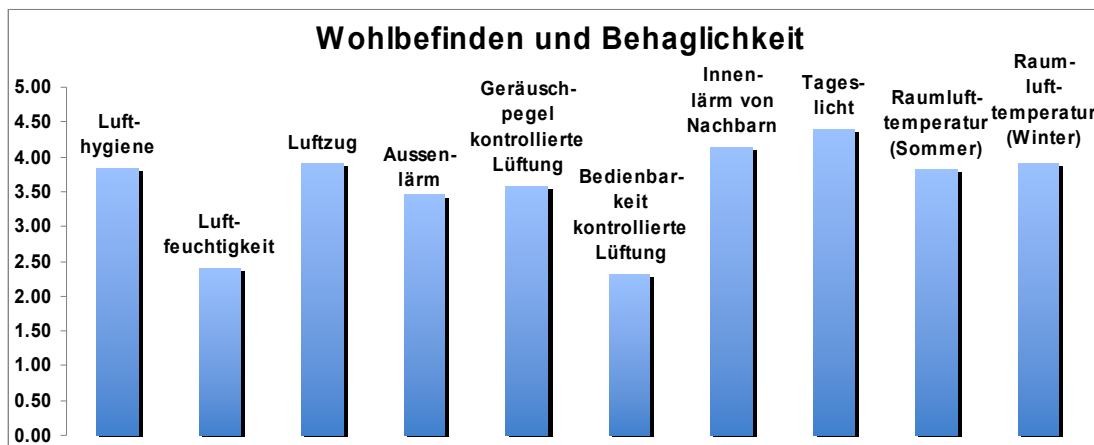
Grafik 5.14: Umfrage „Qualität des Raumangebots“

### 5.9.4. Wohlbefinden und Behaglichkeit

Die Ergebnisse der Umfrage zum Thema des Wohlbefindens und der Behaglichkeit im Wohngebäude resp. der Wohnung verdeutlichen drei Tendenzen: Tageslicht (4.41) und Innenlärm von Nachbarn (4.14) werden mit gut bis sehr gut beurteilt. Ein breites Mittelfeld (Werte zwischen 3 und 4, bei 1= sehr schlecht, 5 = sehr gut) findet sich in den Bereichen Raumlufttemperatur im Winter (3.91), Raumlufttemperatur im Sommer (3.82), Luftzug (3.91), Lufthygiene (3.85), Geräuschpegel der kontrollierten Lüftung (3.59) und Aussenlärm (3.45).

Unterdurchschnittliche Beurteilungen beziehen sich auf die Luftfeuchtigkeit (2.41) und die Bedienbarkeit der kontrollierten Lüftung (2.31).

Die beiden Negativbeurteilungen (Luftfeuchtigkeit/Bedienbarkeit der kontrollierten Lüftung) werden in den individuellen Kommentaren und Verbesserungsvorschlägen thematisiert. 7 von 22 Rückmeldungen betreffen die zu trockene Luft im Winter, weitere 7 bemängeln, dass die Lüftung nicht individuell eingestellt werden kann. Die übrigen Hinweise beziehen sich auf eine noch nicht optimal eingestellte Gebäudetechnik sowie auf individuell störende Lärmquellen von innen (Lüftung) oder aussen (Bahnlärm).

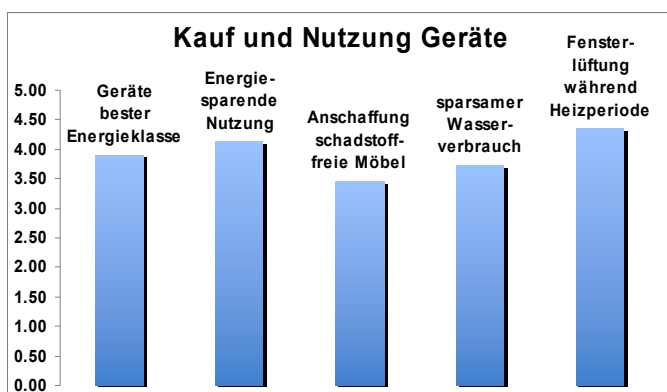


Grafik 5.15: Umfrage „Wohlbefinden und Behaglichkeit“

#### 5.9.5. Kaufverhalten bezüglich energetischen und ökologischen Aspekten

Die Umfrage zeigt, dass energetische und ökologische Aspekte den Kauf und das Verhalten in der Wohnung relativ stark beeinflussen und Abweichungen unterschiedlicher Art eher gering sind. So beeinflusst z.B. das Fensterlüften während der Heizperiode das Verhalten stark bis sehr stark (4.36; 1 = sehr wenig, 5 = sehr stark). Die energiesparende Nutzung von Haushaltgeräten wird mit 4.14, die Anschaffung von Haushaltgeräten der besten Energieklasse mit 3.91 beurteilt. Ein sparsamer Wasserverbrauch liegt in der Selbstdeklaration bei 3.73, die Anschaffung von schadstofffreien Möbeln bei 3.45.

Als Handlungsbedarf wird in 3 von 9 Hinweisen das Fehlen von thermischen Solarkollektoren für die Warmwasseraufbereitung (wie beim Nachbarhaus sichtbar) vermerkt. Weiter wird ein hoher Strombedarf vermutet und das automatische Einschalten von 6 Lampen im Treppenhaus kritisiert. Auch eine Optimierung des Fensterlüftungsverhaltens wird zweimal angesprochen.

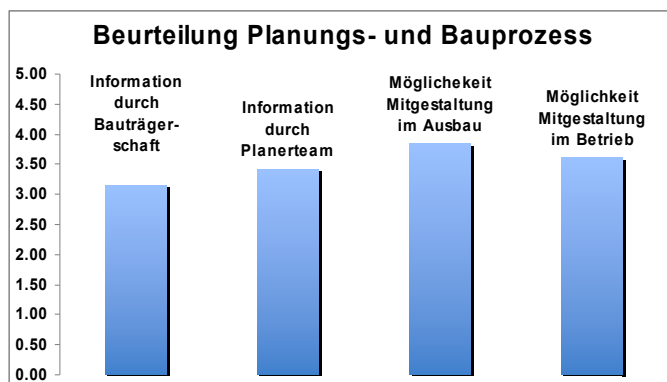


Grafik 5.16: Umfrage „Kauf und Nutzung Geräte“

### 5.9.6. Planungs- und Bauprozess

Der Planungs- und Bauprozess wird als durchschnittlich beurteilt und liegt in der Bewertungsskala bei 3.50 (1 = sehr schlecht, 5 = sehr gut). Zu den einzelnen Kriterien: Am besten beurteilt werden die Mitgestaltungsmöglichkeiten im Ausbau, bei Oberflächen und Farben (3.84) sowie die Mitgestaltungsmöglichkeiten im Betrieb über den Hausverein (3.61). Einbeziehung und Informationen durch das Planerteam werden mit 3.42, Einbeziehung und Informationen durch die Bauträgerschaft mit 3.15 bewertet.

Die individuellen Kommentare zu Verbesserungen betreffen in 5 von 12 Vorschlägen die Kommunikation und den Informationsfluss der Bauträgerschaft, drei zusätzliche Vorschläge das – zum Zeitpunkt der Umfrage – Nichtvorhandensein eines Hausvereins. Weiter stehen Wünsche zu einer Kommunikation ohne Computer (2), denjenigen nach stetig aktuellen und online verfügbaren Plänen gegenüber. Ebenso wird das frühzeitige Klären von Bewohnerwünschen (Betonwände streichen) erwähnt.

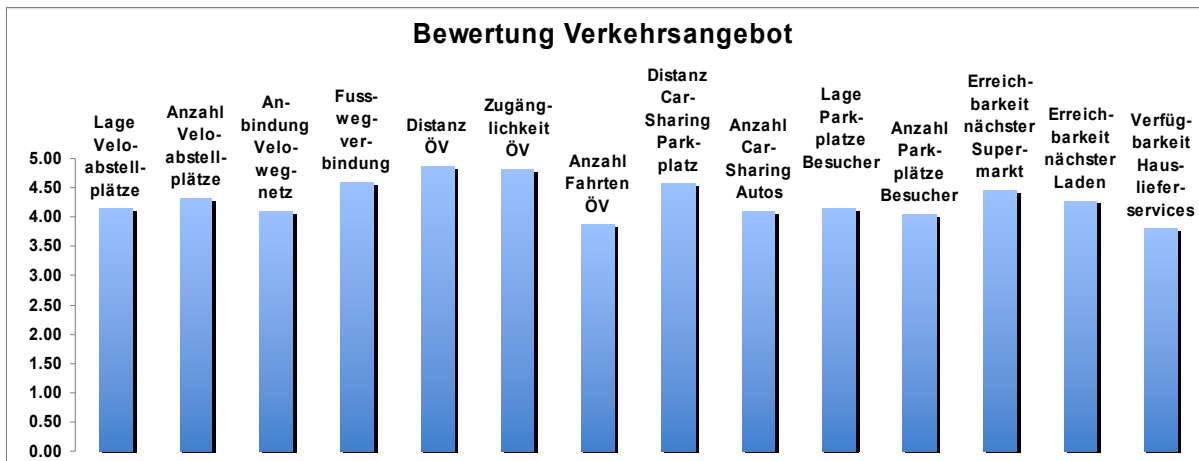


Grafik 5.17: Umfrage „Beurteilung Planungs- und Bauprozess“

### 5.9.7. Verkehrsangebot in der Siedlung

Das Verkehrsangebot in der Siedlung Burgunder und im Umfeld der Siedlung wird allgemein als gut bis sehr gut beurteilt (4.35; 1 = sehr schlecht, 5 = sehr gut). Am besten schneiden die Distanz zur nächsten Haltestelle des öffentlichen Verkehrs (4.86) sowie die Zugänglichkeit der nächsten Haltestelle des ÖV (4.82) ab. Allerdings wird die Anzahl Fahrten der öffentlichen Verkehrsmittel in der Umfrage als nicht ganz so gut eingeschätzt (3.86). Die Distanz zum nächsten Car-Sharing-Parkplatz (4.57) wird als leicht besser beurteilt als die Anzahl verfügbarer Car-Sharing-Autos (4.10). Ähnlich werden Lage (4.14) und Anzahl Parkplätze für Besucher (4.05) beurteilt. Die Erreichbarkeit des nächsten Ladens (4.45), Supermarktes (4.27) und die Verfügbarkeit von Hauslieferservices (3.80) runden das gute Bild zum Verkehrsangebot ab.

Was nach Meinung der Befragten unbedingt verbessert werden sollte: Viertelstundentakt der S-Bahn (2), bessere Anschlüsse an Fernverkehrszüge (2), Veloabstellplätze (5), Veloweg in die Stadt (1), Beschilderung (2), Bäckerei und Bioladen in der Nähe (1).



Grafik 5.18: Umfrage „Verkehrsangebot in der Siedlung“

### 5.9.8. Fazit

Die Umfrage zeigt generell eine gute (bis sehr gute) Beurteilung des Wohnumfeldes und der Wohnung. Hervorzuheben sind folgende Punkte:

- Das gewählte ortsbauliche und wohnungstypologische Konzept sowie insbesondere der Standard MINERGIE-P-ECO, haben die Motivation zum Einzug in die Siedlung begünstigt.
- Autofreiheit wird als relativ selbstverständlich angenommen, was die gesellschaftliche Realität des urbanen Wohnens widerspiegelt (47% aller städtischen Haushalte besitzen kein eigenes Auto [3]).
- Das Wohnumfeld mit einer hervorragenden Quartiernutzung und einem sehr guten Verkehrsangebot ist entscheidend.
- Die autofreie städtische Bevölkerung fährt Velo und beansprucht ein entsprechendes quantitatives und qualitatives Platzangebot.
- Bei der Behaglichkeit sind zwei Ausreisser nach unten erkennbar. Die Luftfeuchtigkeit (d.h. trockene Luft im Winter) und die Bedienbarkeit resp. nicht individuelle Bedienbarkeit der kontrollierten Lüftung stellen bekannte Themen dar, die bei Wohnungslüftungen oft beanstandet werden. Lösungsansätze sind ebenso auf kommunikativer wie auch auf technischer Ebene notwendig.
- Ökologisches Verhalten wird in der Selbsteinschätzung der Bewohnerinnen und Bewohner aktiv gelebt.
- Klare, direkte, situationsbezogene und periodische Kommunikation ist im Planungs- und Bauprozess sehr wichtig.

## 6. Erkenntnisse und Empfehlungen

### 6.1. Gesamtvergleich MINERGIE-P

Der Grenzwert für MINERGIE-P wird unter Einbeziehung des Benutzerverhaltens erreicht. Die grösste Abweichung besteht bei der Heizwärme; der Verbrauch ist wesentlich höher, als die Berechnung gemäss SIA 380/1 mit Standardwerten. Das Resultat erstaunt wenig, sind doch z.B. Effekte wie höhere Raumtemperaturen, Verschattung durch Storen oder das Lüftungsverhalten in der heutigen Lebenspraxis abweichend von den Standardannahmen der Norm.

Der höhere gemessene Heizwärmeverbrauch wird mit dem tiefen Warmwasserverbrauch – hervorgerufen durch die (noch) tiefe Belegungsdichte – weitgehend kompensiert. Dieser Effekt wird durch verschiedene Faktoren bestimmt: Neben dem tieferen Warmwasserverbrauch wirkt sich ebenfalls die schlechtere Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (grosser Temperaturhub für das Warmwasser) aus. Zudem verursacht die niedrige Belegungsdichte tiefere interne Lasten bzw. kleinere Gewinne, sowohl bei den Personen wie auch bei den Geräten. Diese Einschätzung gilt für sehr gut gedämmte Gebäude.

In der Gesamtbilanz (nach SIA 2040) günstig – bezogen auf den Grenzwert MINERGIE-P jedoch ungünstig – wirken sich die Bemühungen um tiefe Haushaltstromverbräuche aus. Die niedrigen Verbrauchswerte verdeutlichen das aktive Benutzerverhalten, den Strombedarf zu senken. Da Haushaltstrom einen wesentlichen Teil der Energiebilanz umfasst, sind Massnahmen in diesem Bereich bedeutsam.

Zusätzliche, heute ebenfalls nicht untypische Effekte, erzeugen die grossen Flächenansprüche der Bewohnerschaft. In der Siedlung Burgunder wurden diese mit dem gestaffelten Bezug der Wohnungen noch verschärft. Obschon sich der Flächenanspruch mit der Belegung aller Wohnungen im Jahr 2011 auf 72 m<sup>2</sup> pro Person reduziert hat, liegt er immer noch deutlich über dem Standardwert des Effizienzpfades Energie von 60 m<sup>2</sup> pro Person EBF oder dem statistischen Schweizer Durchschnitt von 45 m<sup>2</sup>.

Gemäss aktuellen Belegungsdaten der Hausverwaltung liegt der Flächenbedarf in den Häusern A und B der npg AG im Juni 2013 nun bei 63 m<sup>2</sup> pro Person (resp. mit Einbezug der Ateliers sogar bei 56 m<sup>2</sup>).

Zusammenfassend einige wichtige bauliche und betriebliche Erkenntnisse:

- Das gewählte städtebauliche und wohnungstypologische Konzept sowie insbesondere der Standard MINERGIE-P-ECO, haben die Motivation zum Einzug in die Siedlung begünstigt.
- Die grossen Anstrengungen zur Erreichung des MINERGIE-P-Standards lassen sich im Betrieb durch die Messwerte bestätigen. Neben der Bedarfsoptimierung ist die effiziente Wärmeerzeugung mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energie (Erdsonde) ein Erfolgsfaktor.
- Die hohe Primäranforderung an die Gebäudehülle wirkt prägend, sowohl für den Planungs- als auch für den Bauprozess. So müssen viele räumliche und konstruktive Detailentscheide genau abgewogen werden, um rechnerisch den Nachweis zu erfüllen. Dies kann sich negativ auf den gestalterischen und konstruktiven Spielraum und auf einen kontextuellen, aus dem Ort entwickelten Entwurfsansatz auswirken.
- Eine sehr gute Gebäudehülle (Primäranforderung) ist ein wichtiges Schlüsselement für energieeffiziente Bauten, der Einfluss der Nutzerschaft wird verhältnismässig gross.
- Die Fenster sind entscheidende Bauteile, die sowohl auf der Gewinn- wie auch auf der Verlustseite die Heizwärmebilanz wesentlich beeinflussen.

- Bei polaren (d.h. sehr gut wärmege­dämmt­en) Bauten mit bescheidenen solaren Gewinnen wird der Spielraum in der Gebäudehülle klein.
- Im Gegensatz zur Gebäudehülle sind Anforderungen z.B. an die Haushaltgeräte, den Lüftungsstrom, den Warmwasserbedarf und an die Beleuchtung moderat oder nicht vorhanden.
- Das Benutzerverhalten wirkt sich bei einer relativen Betrachtung stark auf den Energieverbrauch aus, vor allem auf die Heizwärme und das Warmwasser. In absoluten Werten sind die Abweichungen jedoch wesentlich geringer als bei alten oder schlecht gedämmten Bauten. Zudem reagieren polare Bauten weniger empfindlich auf das Benutzerverhalten als solare Bauten, oder anders ausgedrückt: Benutzerinnen und Benutzer werden durch die gut gedämmte und gedichtete Gebäudehülle klimatisch stärker von der Aussenwelt abgekoppelt.

## 6.2. Gesamtvergleich MINERGIE-ECO

Mit je 72 (von 100) Punkten im Bereich Gesundheit und Bauökologie werden die Anforderungen von MINERGIE-ECO erfüllt. Die Untersuchung belegt einerseits die hohe Zufriedenheit mit der Wohn- und Raumqualität, verdeutlicht andererseits aber auch einen überdurchschnittlich hohen Flächenbedarf pro Person.

Im Bereich Gesundheit bestätigen unter anderem die Raumluf­tmessungen die akribische Arbeit bei der Planung und Ausführung vor allem bezüglich der Materialisierung. Der Zusammenhang von Raumluf­tk­qualität (v.a. Feuchte) und Lüftungstechnik benötigt besondere Aufmerksamkeit; von der Planung bis hin zur Information der Benutzenden und des Betriebes. Schwächster Punkt im Projekt ist nicht zuletzt aus ökonomischen Gründen der Schallschutz.

Im Bereich der Bauökologie sind neben der nachträglichen Berechnung der Grauen Energie weitere Faktoren wichtig. Die Wohnungen zeichnen sich durch eine einfache und anpassungsfähige Raumstruktur, robuste Konstruktionen und einen gebrauchstauglichen Ausbau aus, den die Erstmietenden mitbestimmen konnten. Nicht genutzt wurde allerdings die Planungsflexibilität bei den Wohnungsgrundrissen, so dass eher konventionelle Aufteilungen realisiert wurden.

Bei der Siedlung Burgunder konnte der Grenzwert 1 nach MINERGIE-P-ECO bei der Grauen Energie eingehalten werden.

Das Beispiel zeigt zudem, dass eine aus bauökologischer Sicht nicht optimal kompakte EPS-Fassade, durch ein konsequentes Umsetzen anderer Massnahmen kompensiert werden kann. Als Schlüsselfaktoren erwiesen sich:

- die Kompaktheit der Gebäudevolumetrie
- die einfache, langlebige und anpassungsfähige Trag- und Raumstruktur
- die Nutzungsflexibilität
- die durch das architektonische und energetische Konzept bedingte bescheidene (und z.T. über sichtbare Leitungen auch anpassbare) Haustechnik
- der einfache und auf wesentliche Elemente reduzierte Ausbau mit bewusstem Weglassen von Schichten (z.B. sichtbare unbehandelte Betondecken)

### 6.3. Gesamtvergleich Mobilität

Autofreiheit wird von den Bewohnerinnen und Bewohnern der Siedlung Burgunder als relativ selbstverständlich wahrgenommen. Dies spiegelt die gesellschaftliche Realität des urbanen Wohnens wider; besitzen heute doch 47% aller städtischen Haushalte kein eigenes Auto. Das Wohnumfeld mit seiner hervorragenden Quartierinfrastruktur und einem sehr guten Verkehrsangebot wirkt dabei als entscheidender Faktor. Die Mobilität der Bewohnerschaft ist, bezogen auf zentrale Mobilitätskenngrössen wie Anzahl Etappen und Wege sowie Distanzen pro Person, vergleichbar mit dem Durchschnitt der Stadtberner und Schweizer Bevölkerung. Weil die Alltagsmobilität jedoch hauptsächlich zu Fuss, mit dem Velo und mit öffentlichen Verkehrsmitteln erfolgt, liegen die Energiewerte bei 1/5 und die Emissionswerte bei 1/7 des Stadtberner Mittels.

Zusammenfassend seien nochmals vier Punkte hervorgehoben:

- Auch wenn Autofreiheit in urbanen Gebieten heute als relativ selbstverständlich angenommen wird und ein zunehmend grösseres Publikum anspricht (siehe oben), sind entsprechende städtebauliche, räumliche und rechtliche Rahmenbedingungen ausschlaggebend für eine Umsetzung.
- Die Idee einer autofreien Siedlung verlangt ein ganzheitliches, aus dem Ort entwickeltes Konzept sowie eine kreative und situationsangepasste Auslegung der Parkplatzordnung.
- Ein Wohnumfeld mit einer hervorragenden Quartiernutzung und einem sehr guten Verkehrsangebot ist dabei entscheidend.
- Die autofreie städtische Bevölkerung fährt Velo und beansprucht ein entsprechendes quantitatives und qualitatives Platzangebot.

### 6.4. SIA Effizienzpfad Energie und nachhaltige Entwicklung

Die in der P+D-Studie ausgewerteten Messresultate bestätigen, dass die Energie- und Emissionswerte der Siedlung Burgunder gemäss SIA-Effizienzpfad Energie kompatibel sind mit den Zielwerten der 2000-Watt- und der 1-Tonne-CO<sub>2</sub>-Gesellschaft für 2050:

Mit 438 MJ/m<sup>2</sup> wird der Energiezielwert von 400 MJ/m<sup>2</sup> knapp, der Emissionszielwert von 16.5 kg CO<sub>2</sub> eq./m<sup>2</sup> mit 12.5 kg CO<sub>2</sub> eq./m<sup>2</sup> sehr gut erreicht. Durch eine ertragsoptimierte PV-Anlage auf dem Attikadach könnten nahezu die Zielwerte für 2150 erreicht werden: 298 (250) MJ/m<sup>2</sup> und 11.4 (8.25) kg CO<sub>2</sub> eq./m<sup>2</sup>. Die sich im Bau befindliche PV-Anlage erreicht die baulich und energetisch möglichen Werte leider nicht.

Die Messungen und die BewohnerInnenumfrage zu Wärme-, Strom- und Wasserverbrauch sowie zur Mobilität bestätigen im Wesentlichen die Planungswerte und die angestrebten Zielsetzungen.

Das aus dem Ort entwickelte städtebauliche und architektonische Konzept – welches MINERGIE-P-ECO als auch die autofreie Mobilität konsequent umsetzt – ist damit nicht nur die Grundlage der ersten autofreien Siedlung der Schweiz, sondern auch ein Modell für eine gesellschaftliche, ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit.

## 6.5. Empfehlungen

Aufgrund der Erkenntnisse aber auch Erfahrungen aus weiteren Projekten, haben sich – hinsichtlich der Ziele einer 2000-Watt-Gesellschaft – folgende Empfehlungen herauskristallisiert:

### Heizwärme

Bei modernen energieeffizienten Gebäuden spielt der Heizwärmebedarf eine immer geringere Rolle. Die in den letzten Jahrzehnten erreichten Optimierungen aufgrund des hohen bau- und gebäudetechnischen Entwicklungsstandes bewirken, dass der Anteil Heizwärme bei einer Gesamtbetrachtung (z.B. nach Effizienzpfad Energie) vom dominierenden Anteil auf einen schon fast marginalen Teil geschmolzen ist. Dennoch zeigt der Einfluss des Benutzerverhaltens, dass eine sehr gute Gebäudehülle eine wichtige Basis für 2'000-Watt-kompatibles Bauen ist. Eine richtige Planung, intelligente Systemvernetzung, präzise Umsetzung und ein optimierter Betrieb werden für die Praxis als selbstverständlich vorausgesetzt.

- > Die hohe Primäranforderung an die Gebäudehülle gemäss MINERGIE-P stösst an Grenzen und sollte im Sinne einer breiten Anwendung angepasst und leicht abgeschwächt werden.

### Warmwasser

Der Warmwasserverbrauch insbesondere bei Mehrfamilienhäusern ist gegenüber der Heizwärme bedeutender geworden. Die Optimierungsinstrumente in der Planung sind jedoch deutlich weniger weit entwickelt als beim Heizwärmebedarf. Hier besteht Handlungsbedarf, der mit der neuen SIA-Norm 385/2 thematisiert wird. Vor allem bei kompakten Bauten hat die solarthermische Nutzung gegenüber der Photovoltaik (in Kombination mit Wärmepumpen) aufgrund des höheren spezifischen Ertrages Vorteile.

- > Beim Warmwasserbedarf besteht sowohl bei den Anforderungen (Gesetz und Labels) als auch bei den Planungsinstrumenten ein Optimierungspotenzial, das weiterentwickelt werden sollte.

### Lüftung und Hilfsenergie

Das Effizienzpotenzial ist hoch und verlangt insbesondere in der Schnittstelle zwischen Architektur und Gebäudetechnik planerisch koordinierte Leistungen und sorgfältige Umsetzungen. Bauträger und Nutzende sind im Planungs- und Betriebsprozess für die Thematik zu sensibilisieren.

- > Das vorhandene Wissen und die normativen Vorgaben müssen verstärkt und gezielt in die Praxis umgesetzt werden.

### Haushaltstrom

Der Haushaltstrom hat einen höchst relevanten Anteil an der Energiebilanz. Fast die Hälfte des Verbrauchs wird durch fest installierte Geräte verursacht, wobei das Sparpotenzial beim Einsatz von Bestgeräten gross ist.

Auch wenn die Energieeffizienz, wie in der Befragung nachgewiesen, bei Kauf und Einsatz von Haushaltgeräten eine Rolle spielt, liegt der Verbrauchsanteil bei den durch die Benutzenden installierten Geräten hoch, was auch mit einer tendenziell steigenden Anzahl von Geräten aller Art zusammenhängt. Verbesserungsansätze könnten über gezieltere

Kommunikation und insbesondere direktere Sichtbarmachung des individuellen Stromverbrauchs im Haushalt wirkungsvoll sein.

- > Der Einsatz von Bestgeräten soll stärker gefördert (oder allenfalls gefordert) werden, vergleiche Ansätze bei MINERGIE-A.
- > Die Frage, wie mit der Quantität (und auch Qualität) v.a. bei Unterhaltungs- und Kommunikationsgeräten umzugehen ist, soll angesprochen werden.

### **Graue Energie**

In Planung und Bau wird das Thema der Grauen Energie noch relativ bescheiden behandelt. Die heute verfügbaren Methoden und Instrumente sind allgemein nur beschränkt praxis- und alltagstauglich. Die Komplexität liegt jedoch nicht nur in der Messbarkeit und Beurteilung, sondern ebenso in der Tiefenschärfe (Übersicht und Tiefe) wie auch im Prozess der Entscheidungsträger.

- > Gefragt sind einfache und anwendungsfreundliche Tools, welche die Diskussion unter den Beteiligten strukturieren und Haltungen provozieren.

### **Mobilität**

Mobilität wird heute im Hochbaubereich noch ebenso verdrängt, wie sie auch als Reizthema polarisiert. Urbane Mobilität bedeutet jedoch auch – wenigstens für einen Grossteil der Bewohnerinnen und Bewohner der Städte – eine selbstverständliche Mobilität, beruhend auf einer Kombination von öffentlichem Verkehr mit Fuss- und Veloverkehr. In dichten urbanen Orten sind deshalb die Spielräume für neue Siedlungsformen mit zukunftsfähigen Mobilitätskonzepten – wie autofreie resp. autoarme Areale – konsequent zu nutzen. Mehr noch:

- > Politik und Gesellschaft müssen dringend aktive Anreize für nachhaltige Mobilitätskonzepte schaffen, die rechtlichen Voraussetzungen den gesellschaftlichen Verhältnissen anpassen und bürokratischen Hürden abbauen.

### **Einzelanforderungen und/oder Gesamtzielwert**

Eine Fokussierung auf einen gesamten Zielwert mit beliebigen Kompensationsmöglichkeiten bei einzelnen Segmenten, birgt die Gefahr, dass Ungleichgewichte bezüglich der Qualität unterschiedlicher Aspekte innerhalb eines Projektes entstehen. Beispielsweise im Bereich der Lüftung werden in der Siedlung Burgunder die Richtwerte bei weitem nicht erreicht, können aber entsprechend kompensiert werden.

Diskussionen innerhalb der interdisziplinären Planerteams werden mit überschaubaren Einzelanforderungen zwar vereinfacht, indem alle Disziplinen das jeweilige Optimum anstreben. Eine vernetzte Gesamtsicht sowie planerische und objektspezifische Entwurfsansätze können jedoch eingeschränkt werden.

- > Die (Zwischen-) Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft und das Instrument des Effizienzpfades Energie erweisen sich als äusserst taugliche Mittel, um die energetische Komponente der Nachhaltigkeit zu thematisieren und abzubilden. Grenz- und Zielwerte des Gesamtsystems ergänzen übliche Betrachtungen von Einzelanforderungen und schaffen Übersicht.

## **Systemgrenze Gebäude**

Die Systemgrenze des Gebäudes stösst an Grenzen. Verschiedene Entscheide wirken vom Gebäude auf übergeordnete Systeme wie z.B. Areale und Quartiere. Sei dies bei der Energieversorgung, bei der Mobilität, bei der Grauen Energie, welche sich in beide Richtungen, also vom Kleinen zum Grossen und umgekehrt, beeinflussen. Weiter führt ebenfalls die zeitliche Systemgrenze der Jahresbilanz zu Problemverschiebungen, wie z.B. die Bilanz einer PV-Anlage.

- > Neben der inhaltlichen muss auch die örtliche und zeitliche Systemgrenze thematisiert werden.

## **Benutzerverhalten**

Trotz hoher Technisierung beeinflusst – zum Glück – das Verhalten der Bewohnerinnen und Bewohner weiterhin das Raumklima. Messresultate zeigen das grosse Ausmass individueller Einflüsse. Übergeordnete Fragen bleiben: Welcher Einfluss ist sinnvoll? Wie, wo, warum, in welchem Art sollen Nutzende eingreifen wollen und sollen?

- > Die Diskussion über den Einbezug von Messwerten (wie z.B. bei 2'000-Watt Arealen) und damit der Einbezug der Benutzenden (und der Betriebsoptimierung) soll unterstützt werden.

## **Suffizienz**

Eine ausgeprägte Art von Suffizienz widerspiegelt der Raumbedarf der Bewohnerschaft. Das Beispiel der Siedlung Burgunder zeigt, dass auch eine auf Nachhaltigkeit sensibilisierte Bewohnerschaft den persönlichen Raumbedarf noch sehr hoch beansprucht. Dies obschon der zunehmende Flächenbedarf pro Person einer der entscheidenden negativen Faktoren der räumlichen Entwicklung darstellen. In diesem Zusammenhang sind wichtige Diskussionspunkte z.B.: Angebot- resp. Nachfrageplanung, Qualität vor Quantität des architektonischen (Wohn-)Raums, Belegungsempfehlungen oder -richtlinien (wie z.B. einzelne Genossenschaften).

- > Eine (Wieder-)Belebung der Suffizienzdiskussion, unter Berücksichtigung breiter Aspekte (weitergehend als im SIA-Suffizienzpfad), wird einen wichtigen Beitrag zur Zielerreichung der 2'000-Watt-Gesellschaft leisten.

## **Planungsprozess**

Gefragt ist eine interdisziplinäre Teamarbeit. Diese verlangt, neben hohen disziplinären Detailkenntnissen, eine grosse Übersicht und Offenheit innovative Lösungen gemeinsam anzustreben. Dabei sind alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – also nicht nur Ökologie, sondern auch Wirtschaft und insbesondere auch Gesellschaft – in eine zukunftsfähige Balance zu bringen. Widersprüche sind aktiv zu diskutieren, zu lösen oder bewusst auszuhalten.

- > 2000-Watt-kompatibles Bauen bedeutet: alle Dimensionen der Nachhaltigkeit gleichermassen zu berücksichtigen.

## 7. Literatur / Referenzen

---

- [1] *Nachhaltige Quartierentwicklung, Spannungsfelder*, BFE/ARE/BWO/Novatlantis, 2007
- [2] SIA: *Merkblatt 2040 SIA-Effizienzpfad Energie*. Zürich, 2011
- [3] npg AG: *die Siedlung Burgunder: Minergie-P-ECO und autofrei*. Im Auftrag von Bundesamt für Wohnungswesen BWO, Hrsg. npg AG für nachhaltiges Bauen, Bern, 2012
- [4] SIA: *D 0216 SIA-Effizienzpfad Energie*. Zürich, 2006
- [5] Stadt Zürich, Novatlantis, Hochparterre: *Bauen für die 2000-Watt Gesellschaft, Stand der Dinge*. Zürich, 2010
- [6] [www.energybox.ch](http://www.energybox.ch) (30.06.2010)
- [7] SIA: *D 0200 SNARC - Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Architekturprojekten für den Bereich Umwelt*. Zürich, 2004
- [8] SIA: *Merkblatt 2032 Graue Energie von Gebäuden*. Zürich, 2010
- [9] ecoinvent Centre: *ecoinvent data v 2.2*, Datenbank für Ökobilanzen, [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch), 2008
- [10] Ecoplan: *Auswertung Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005 für den Kanton Bern. Schlussbericht.*, im Auftrag der BVE und des AGR. Bern: 2007 (online: [http://www.bve.be.ch/de/index/mobilitaet/mobilitaet\\_verkehr/mobilitaet/grundlagen\\_mobilitaet/mikrozensus\\_mobilitaetundverkehr.html](http://www.bve.be.ch/de/index/mobilitaet/mobilitaet_verkehr/mobilitaet/grundlagen_mobilitaet/mikrozensus_mobilitaetundverkehr.html))
- [11] [www.mobitool.ch](http://www.mobitool.ch) (07.07.2010)
- [12] SIA: *Merkblatt 2039 Mobilität – Energiebedarf in Abhängigkeit vom Gebäudestandort* Zürich, 2010
- [13] Bürgi, Hanspeter und Hari Bruno: *Wohnsiedlung Burgunder, Bern: Autofrei und Minergie-P-ECO: Ein 2000-Watt-kompatibles Siedlungs- und Gebäudekonzept*. In: 16. Status-Seminar „Forschen und Bauen im Kontext von Energie und Umwelt“, ETH Zürich, September 2010
- [14] SIA: *Nachhaltiges Bauen – Hochbau: SIA-Empfehlung 112/1*. Zürich, 2004
- [15] Alternative Bank Schweiz ABS: *Nachhaltigkeitsrating*. Olten
- [16] SEV/VSE: *Der typische Haushaltsstromverbrauch*, SEV/VSE Bulletin 19/2007
- [17] [www.empa.ch/baustoffliste](http://www.empa.ch/baustoffliste), Ökologische Baustoffliste (Version 2.2e vom 11.1.2011)
- [18] Basler & Hofmann Ingenieure und Planer AG: *Ökologische Bewertung von Gebäudetechnikanlagen für SIA 2032, Schlussbericht* Zürich, 17. Oktober 2008, Rev. 4 Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, 2008
- [19] Ecoinvent Report Nr. 7 „Life Cycle inventories of building Products“ 2007, Part XXVI Glazing, Window frames, Cladding and Doors, EMPA bzw. [www.ewcoinvent.org](http://www.ewcoinvent.org), 2007
- [20] [www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm](http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm) (22.12.2010)
- [21] BFS/ARE (Hrsg., 2012): *Mobilität in der Schweiz. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010*. Neuchâtel und Bern: BFS/ARE (online: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/07/01/02/05.html>)

# Anhang 1:

## Messwerte Strom- und Wärmezähler

Siedlung Burgunder

### Gesamtbilanz

Stand: 12.07.2012

Verfasser: Bernhard Eggen

Ergänzung: B. Hart

Gruppe	Auswertung 31.12.10 - 19.12.11			Auswertung 19.12.11 - 27.6.12			Berechnung		Berechnung	Planwert Standard- werten
	Verbrauch	Hoch- rechnung		Verbrauch	Hoch- rechnung		2011		2011/2012	
Heizgradtage Auswertperiode (Total 3414)	2832	3414		2332	3414					
Tage Auswertperioden	353	365		189	365					
<b>Wärmemessung</b>	kWh	kWh		kWh	kWh		kWh/m2	MJ/m2	kWh/m2	MJ/m2
Erdsonde	66948	x	80713	49996	x	73190	27.3	98.1	25.1	90.4
Heizung total	50720			40250				<b>78.0</b>		<b>71.5</b>
- Luftentzwei	5469	x	6593	5035	x	7371	2.6	9.4	2.4	8.5
- Fussbodenheizung	45813	x	55232	35126	x	51422	19.1	68.6	17.5	63.0
Warmwasser	35753	x	36968	23036	x	44488	12.9	<b>46.5</b>	14.3	<b>51.5</b>
Wärmeproduktion total	87035		98794	63197		103280	34.6	124.5	34.2	123.0
Freecooling	561	x	634	1030	x	1989	0.2	0.8	0.7	2.4
<b>Elektromessung</b>										
Strom WP (ohne Pumpe Erdsonde)	22578	x	x	16368	x	x	8.5		9.3	
Strom WP (inkl. Pumpe Erdsonde)			27855			31213	<b>9.4</b>		<b>10.2</b>	
							<b>Ewp</b>			<b>8.3</b>
Strom Monoblock	8906	x	9209	4874	x	9413		<b>3.1</b>	<b>3.1</b>	<b>3.3</b>
Strom Hilfsbetriebe	4909			3637						
davon Pumpe Erdsonde	2454.5	x	2959	1818.5	x	2662				
Rest	2454.5	x	3723	1818.5	x	3574		<b>1.0</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>
							<b>Ehi</b>			
<b>Wärmepumpe</b>							<b>EKZ gew.</b>	<b>27.2</b>	<b>29.4</b>	<b>26.6</b>
JAZ ohne Pumpe	3.85		3.97	3.86		3.62				
<b>JAZ mit Pumpe</b>	<b>3.48</b>		<b>3.55</b>	<b>3.47</b>		<b>3.31</b>				<b>2.92/3.9</b>