

## Performance Gap im Detail Minergie-A-Eco Mehrfamilienhaus in Basel



Bild: Ruedi Walti

Gregor Steinke, René L. Kobler, Achim Geissler – Institut Energie am Bau - FHNW  
Kontaktperson: Gregor Steinke, Institut Energie am Bau – FHNW,  
Hofackerstrasse 30, 4132 Muttenz, [gregor.steinke@fhnw.ch](mailto:gregor.steinke@fhnw.ch), [www.fhnw.ch](http://www.fhnw.ch)

Zusammenfassung

Résumé

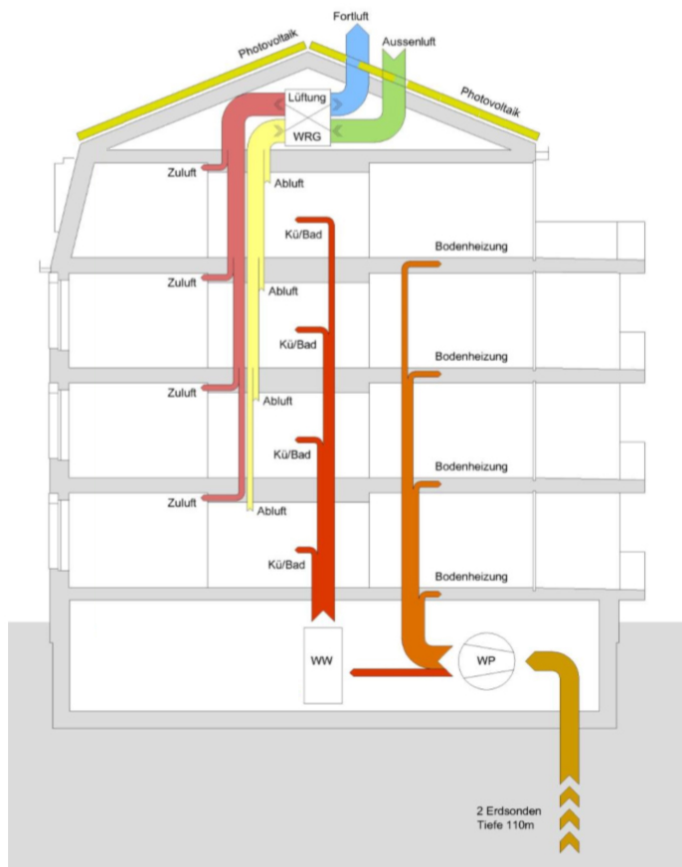
Abstract

Der berechnete effektive Heizwärmebedarf  $Q_{h,eff}$  des Minergie-A-Eco Mehrfamilienhauses beträgt 11 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der gemessene Heizwärmeverbrauch für die ersten beiden Betriebsjahre ist um 55 – 64 % höher. Mit Hilfe von Messwerten, den Gebäudedaten und Angaben aus einer Nutzerbefragung lässt sich die Abweichung rechnerisch gut nachvollziehen. Die Planungswerte nach Minergie-A-Eco und SIA Effizienzpfad Energie werden in der Praxis erreicht und übertroffen. Jahresbilanziert deckt die PV-Anlage 93 – 97 % des gesamten Endenergieverbrauchs. Der sommerliche Wärmeschutz wird gemäss einer Umfrage teilweise bemängelt, was die Erkenntnisse aus den Messungen bestätigt. Das Raumklima und die Behaglichkeit im Winter werden durchgängig gut beurteilt.

The calculated effective heating demand  $Q_{h,eff}$  of the Minergie-A-Eco apartment building is 11 kWh/(m<sup>2</sup>a). The measured heat consumption for the first two years of operation is 55 – 64 % higher. With the help of measured values, the building data and information from a user survey, the deviation can be reproduced. The planning values according to Minergie-A-Eco and SIA Effizienzpfad Energie are achieved and exceeded in practice. In the yearly sum, the PV system covers 93 – 97 % of the total end energy consumption. According to a survey, the summer thermal insulation is partially criticised, which confirms the findings of the measurements. The residents are very satisfied with the indoor climate and the comfort in winter.

# 1. Ausgangslage

Mit dem Mehrfamilienhaus Aescherstrasse 12 realisiert Immobilien Basel-Stadt ein Pilotprojekt des nachhaltigen Bauens. Das Gebäude mit 7 Wohnungen (Energiebezugsfläche 781 m<sup>2</sup>) wird Ende 2015 fertiggestellt und ist als erstes Projekt im Kanton Basel-Stadt nach Minergie-A-Eco zertifiziert und erfüllt zudem die Anforderungen des SIA Effizienzpfads Energie. Das Institut Energie am Bau der FHNW hat das Projekt von Beginn an begleitet und führt 2016-2019 ein Monitoring durch. Die Kernpunkte des Nachhaltigkeits- und Energiekonzepts sind im Folgenden aufgeführt und in Abbildung 1 dargestellt.



## Erstellung Minergie-Eco-Standard

- Gesundheit der Bewohnerschaft
- Graue Energie
- Bauökologie der Materialien

## Betrieb Minergie-A-Standard

- Wärmeerzeugung mit erneuerbaren Energien – Wärmepumpe + Erdsonde
- Sehr gut gedämmte Gebäudehülle (Minergie-P-Standard)
- mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- PV-Anlage auf dem Dach 19.4 kWp, 112 m<sup>2</sup>
- sommerlicher Wärmeschutz
- Bestgeräte, Bestbeleuchtung

## Mobilität

- Verzicht auf Tiefgarage
- Zentrumslage

Abbildung 1: Schemaschnitt Energiekonzept. Quelle: OPQMB

Bauherrschaft	Einwohnergemeinde Basel-Stadt vertreten durch Immobilien Basel-Stadt OPQMB
Generalplaner	Osolin & Plüss Architekten BSA AG, Basel quade architects, Basel Moosmann Bitterli Architekten, Basel
Bauingenieur	Walther Mory Meyer Bauingenieure AG, Basel
Holzbauplaner	Pirmin Jung Ingenieure AG, Rain
Fachplaner	Waldhauser Haustechnik AG, Münchenstein Eplan AG, Basel Locher Schwittay GmbH, Basel
Landschaftsarchitekt	Berchtold.Lenzin, Liestal
Monitoring	FHNW - Institut Energie am Bau, Muttenz Willers AG, Rheinfelden InhouseControl, Ettingen

## 2. Monitoring

Mit Hilfe eines Monitorings werden die berechneten Bedarfswerte aus der Planung mit den Verbrauchswerten im Betrieb verglichen und Ursachen für mögliche Abweichungen ermittelt. Es wird überprüft, ob die Planungswerte des Heizwärmebedarfs, die Anforderungen des Minergie-A Standards und des SIA Effizienzpfads Energie auch in der Praxis erreicht werden. Im vorliegenden Paper werden die Zeiträume 04'2016 bis 03'2017 und 04'2017 bis 03'2018 betrachtet. Zusätzlich zum Energie- und Wasserverbrauch und den Raumklimadaten in den sieben Mietwohnungen werden auch detaillierte Daten der Wärmeerzeugung, der Lüftungsanlage und der Photovoltaikanlage aufgezeichnet. Die technische Umsetzung des Monitorings ist in Abbildung 2 dargestellt. Für das Monitoring werden knapp 100 Messwerte im 15-Minuten Intervall erfasst, gespeichert und einmal pro Tag per Email versendet.

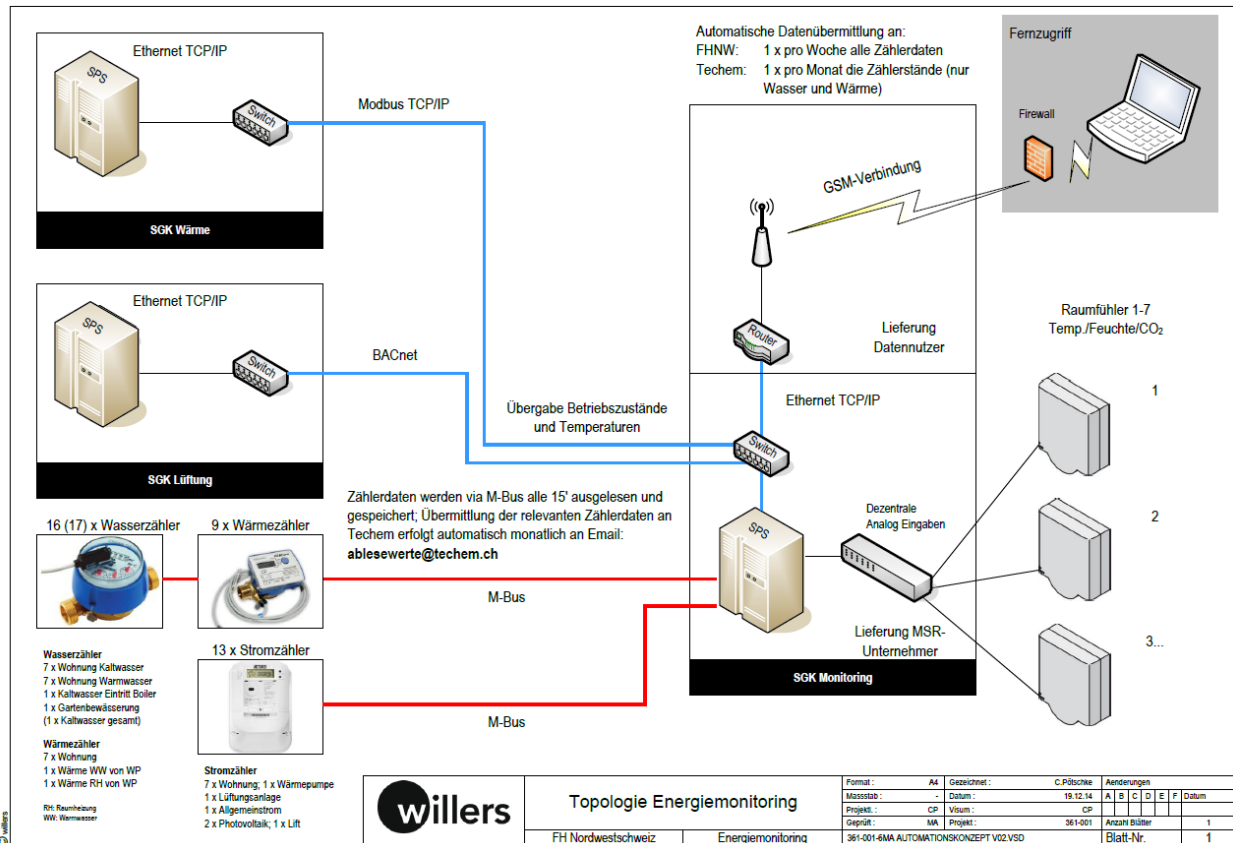


Abbildung 2: Konzept für die technische Umsetzung des Monitorings. Quelle: Willers AG

Die Mieterinnen und Mieter erhalten Auswertungen zu ihrem individuellen Energieverbrauch. In Abschnitt 4 ist diese Auswertung exemplarisch dargestellt. Durch eine Umfrage bei der Mieterschaft werden Erkenntnisse über das Nutzerverhalten, die Zufriedenheit bezüglich des Raumklimas und weitere sozioökonomische Aspekte gewonnen. Anonymisierte Ergebnisse der Umfrage werden in Abschnitt 5 erläutert.

## 3. Auswertung Messdaten

In den folgenden Abschnitten wird die Auswertung der Messdaten 2016/17 und 2017/18 dargestellt. Dabei werden der Heizwärmeverbrauch, Minergie-A, SIA Effizienzpfad Energie und Raumlufttemperaturen im Sommer betrachtet. Im Projektverlauf werden weitere Auswertungen erstellt.

### 3.1 Heizwärmebedarf und Heizwärmeverbrauch

Die gesetzlichen Anforderungen an den Heizwärmebedarf im Kanton Basel-Stadt werden beim Mehrfamilienhaus Aescherstrasse 12 aufgrund der sehr gut wärmegeprägten Gebäudehülle (Minergie-P) in der Planung um mehr als 30 Prozent unterschritten. Als weitere Kenngrösse wird in der Planung der effektive Heizwärmebedarf  $Q_{h,eff}$  ermittelt. Dieser berücksichtigt zusätzlich zu den vorgenannten Parametern die Reduzierung der Lüftungswärmeverluste durch die Wärmerückgewinnung der mechanischen Lüftungsanlage und beträgt für das untersuchte Gebäude 11 kWh/(m<sup>2</sup>a). Dieser Rechenwert wird für den Vergleich mit den Messwerten herangezogen.

Der im Mehrfamilienhaus Aescherstrasse 12 gemessene Heizwärmeverbrauch für den Zeitraum April 2016 bis März 2017 beträgt 17 kWh/(m<sup>2</sup>a) und für den Zeitraum April 2017 bis März 2018 18 kWh/(m<sup>2</sup>a) (Tabelle 1). Der Verbrauch ist somit um 6 bis 7 kWh/(m<sup>2</sup>a) höher, als der berechnete Planungswert. Im Folgenden werden mögliche Gründe für diese Abweichung erläutert.

Heizwärmebedarf	SIA 380/1:2009	Planungswert	Messwerte	
			2016/17	2017/18
		[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]
effektiver Heizwärmebedarf $Q_{h,eff}$		11		
gemessener Heizwärmeverbrauch			17	18
Abweichung Planungswert zu Messwert			6	7

Tabelle 1: Planungswert des effektiven Heizwärmebedarfs  $Q_{h,eff}$  gemäss Norm SIA 380/1:2009 und gemessener Heizwärmeverbrauch 2016/17 und 2017/18.



Abbildung 3: Langjähriges Monatsmittel der Aussenlufttemperatur Klimastation Basel-Binningen gemäss Norm SIA 2028 und Monatsmittel der Messwerte 2016/17 und 2017/18 am Standort Aescherstrasse 12 Basel.

Zunächst werden die Klimadaten betrachtet. Abbildung 3 zeigt die Monatsmittel der Aussenlufttemperatur am Gebäude Aescherstrasse 12 für die Messperiode April 2016 bis März 2017 und 2017/18 im Vergleich zu den Standardtemperaturen der Klimastation Basel-Binningen gemäss Merkblatt SIA 2028:2010 [2]. Demnach waren die Aussenlufttemperaturen im Monatsmittel während der Heizperiode (Oktober bis März) meist höher als die Standardwerte. Die Aussenlufttemperatur am Standort des Gebäudes ist gemäss den Messwerten im Monatsmittel um 2.1 bis 2.3 K höher als die Messwerte der Klimastation Basel-Binningen. Die höheren Temperaturen am Gebäudestandort sind durch die geringere Höhe über dem Meeresspiegel und die städtische Lage begründet. Die im Vergleich zu den Normwerten höhere Aussenlufttemperatur führt zu geringeren Transmissionswärmeverlusten und einem geringeren Heizwärmeverbrauch.

Die Sonneneinstrahlung hat einen Einfluss auf die passiven Solargewinne durch die Fenster und wird über die Globalstrahlung bestimmt. Die Messwerte der horizontalen Globalstrahlung der Klimastation Basel-Binningen liegen in der Summe der Wintermonate 2016/17 um 18 % über dem Normwert, 2017/18 um 9 % unter dem Normwert.

Wird der Heizwärmebedarf mit den gemessenen Klimadaten am Gebäudestandort anstelle der Normklimadaten berechnet, führt dies zu einem um 3 bis 4 kWh/(m<sup>2</sup>a) geringeren Heizwärmebedarf. Demnach sind die Abweichungen der gemessenen Klimadaten nicht die Ursache für den höheren Heizwärmeverbrauch im Betrieb.

Im Folgenden wird der Einfluss der Nutzerinnen und Nutzer auf den Heizwärmeverbrauch betrachtet. In der Praxis weichen die tatsächlichen Nutzungsdaten aufgrund des Nutzerverhaltens meist von den Standarddaten gemäss SIA 380/1:2009 aus der Planung ab. Auf Grundlage von Messdaten wurden reale Nutzungsdaten ermittelt und den Standardnutzungsdaten gegenübergestellt (Tabelle 2).

	Standardnutzungsdaten SIA	Nutzungsdaten real	Bemerkung Auswirkung Heizwärmebedarf
Energiebezugsfläche pro Person [m <sup>2</sup> /P]	40	78	Geringere interne Wärmegewinne durch Personen
Elektrizitätsverbrauch [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	28	16	Geringere interne Wärmegewinne durch Abwärme Elektrogeräte
Mittlere Raumtemperatur Heizperiode [°C]	20	22	Höhere Transmissionswärmeverluste Gebäudehülle

Tabelle 2: Ausgewählte Standardnutzungsdaten gemäss SIA 380/1:2009 und reale Nutzungsdaten.

Die internen Wärmegewinne  $Q_i$  durch Personen sind im Mehrfamilienhaus Aescherstrasse nur halb so hoch im Vergleich zu den Standardvorgaben, da die Energiebezugsfläche pro Person fast doppelt so gross ist. Die internen Gewinne durch die Abwärme von Elektrogeräten sind geringer, da der tatsächliche Stromverbrauch wesentlich geringer ist als nach Norm SIA 380/1:2009.

Die passiven Solargewinne  $Q_s$  über die Verglasungsflächen im Winter werden auch durch den aussenliegenden Sonnenschutz beeinflusst. Wenn der Sonnenschutz geschlossen ist, können die Solargewinne kaum genutzt werden. Der Sonnenschutz wird durch eine automatische Steuerung zweimal täglich geschlossen, um in den Sommermonaten einer Überhitzung der Wohnungen vorzubeugen. Die automatische Steuerung ist auch in der Heizperiode aktiv. Zudem nutzen die Bewohnerinnen und Bewohner den Sonnenschutz teilweise auch als Sicht- oder Blendschutz. Dies führt zur Reduzierung der nutzbaren passiven Solargewinne und zu einem höheren Heizwärmebedarf. In dieser Betrachtung wird davon ausgegangen, dass die passiven Solargewinne im Winter dadurch um 20% reduziert werden.

Zu den Wärmeverlusten in der Energiebilanzierung zur Berechnung des Heizwärmebedarfs zählen die Lüftungswärmeverluste  $Q_V$  und die Transmissionswärmeverluste  $Q_T$  der thermischen Gebäudehülle. Die Transmissionswärmeverluste sind vom U-Wert der Bauteile und der Temperaturdifferenz zwischen Aussentemperatur und Innenraumtemperatur abhängig. Die mittlere Innenraumtemperatur beträgt nach Norm SIA 380/1:2009 bei Wohnbauten 20 °C für die Berechnung des Heizwärmebedarfs. In den betrachteten Heizperioden Winter 2016/2017 und 2017/18 liegt die gemessene durchschnittliche Innenraumtemperatur der Wohnungen bei 22 °C, was zu höheren Transmissionswärmeverlusten und einem höheren Heizwärmebedarf führt.

Die Lüftungswärmeverluste  $Q_V$  resultieren aus dem thermisch wirksamen Luftwechsel durch die mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und manueller Lüftung über die Fenster. In einer Wohnung des Gebäudes wurde die mechanische Lüftung auf Wunsch der Mieterschaft deaktiviert. Dies wird in der Betrachtung der Lüftungswärmeverluste rechnerisch berücksichtigt und führt gegenüber der Planung zu einem höheren Heizwärmebedarf.

Die realen Nutzungsdaten der Messperiode tragen in der Energiebilanz zur Erhöhung des Heizwärmebedarfs bei. Mit diesen tatsächlichen Daten und den Klimadaten wurde die Berechnung des effektiven Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1:2009 erneut durchgeführt und mit dem gemessenen Heizwärmeverbrauch verglichen. Der mit den angepassten Nutzungs- und Klimadaten berechnete effektive Heizwärmebedarf für 2016/17 und 2017/18 beträgt 18 kWh/(m<sup>2</sup>a) der gemessene Heizwärmeverbrauch beträgt 17 und 18 kWh/(m<sup>2</sup>a). Somit lässt sich die Abweichung des mit Normbedingungen berechneten Heizwärmebedarfs vom gemessenen Heizwärmeverbrauch von 6 und 7 kWh/(m<sup>2</sup>a) durch die abweichenden realen Klima- und Nutzungsdaten erklären und rechnerisch nachvollziehen. Die höhere Raumlufttemperatur von 22 °C im Vergleich zum Normwert von 20 °C hat den grössten Einfluss auf den Mehrverbrauch.

### 3.2 Minergie-A-Eco

Die Aescherstrasse 12 ist das erste Minergie-A-Eco Mehrfamilienhaus im Kanton Basel-Stadt. Jahresbilanziert ist bei Minergie-A für den Bereich Wärme/Kälte/Lüftung ein Nullenergiehaus gefordert, d.h. die für die Wärmeerzeugung und Lüftung erforderliche gewichtete Endenergie muss in der Jahressumme durch Photovoltaik vor Ort produziert werden. Neben Anforderungen an die thermische Qualität der Gebäudehülle (Heizwärmebedarf) bestehen beim Minergie-A-Eco Standard zum Zeitpunkt der Planung und Nachweiserstellung (2013/2014) auch Anforderungen an effiziente Haushaltsgeräte und Beleuchtung, an die Graue Energie bei der Erstellung des Gebäudes, an die Wohngesundheit (Eco) und an den gewichteten Endenergiebedarf für die Wärmeerzeugung. Diese Anforderungen wurden vom Verein Minergie Anfang 2017 überarbeitet.

Die energetischen Anforderungen an die Gebäudehülle (Heizwärmebedarf) und der Vergleich mit den Messwerten wurde in Abschnitt 3.1 erläutert. Das Gebäude erfüllt gemäss den Messwerten die Minergie-A Anforderungen an den Heizwärmebedarf auch im Betrieb. Die Anforderung Nullenergie-Wärme/Kälte/Lüftung für den gewichteten Endenergiebedarf (Minergie-Kennzahl) < 0 kWh/(m<sup>2</sup>a) gemäss Minergie-A Reglement aus dem Jahr 2013 [3] wird im Betrieb ebenfalls erfüllt. Die Gewichtung erfolgt gemäss EnDK (Konferenz Kantonalen Energiedirektoren) entsprechend der nationalen Gewichtungsfaktoren und beträgt für Strom 2.0. Die Ergebnisse des Vergleichs der Planungswerte mit den Messwerten pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr ist in Tabelle 3 dargestellt. Demnach sind die für die Minergie-A Betrachtung relevanten gemessenen Verbrauchswerte tiefer als die Planungswerte. Der gemessene Ertrag der Photovoltaikanlage ist höher als die Planungswerte im Minergie-A-Nachweis. In der Praxis werden die Planungswerte nach Minergie erfüllt und weit übertroffen.

Minergie-A	Gewichteter Endenergiebedarf		Gewichteter Endenergieverbrauch	
	Planungswerte	Messwerte 2016/17	Messwerte 2017/18	
	Gewichtung	Strom [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Strom [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Strom [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Wärmepumpe Heizung und Warmwasser	2	22.0	15.2	15.2
Lüftungsanlage	2	6.8	4.5	4.6
Hilfsenergie	2	3.9	1.9	1.7
Photovoltaik	2	-34.8	-45.4	-44.2
<b>Total, Minergie-Kennzahl (Anforderung &lt; 0 )</b>		<b>-2.1</b>	<b>-23.8</b>	<b>-22.7</b>

Tabelle 3: Vergleich der Planungswerte und Messwerte der Minergie-Kennzahl pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr für die Anforderung gemäss Minergie-A (2013). Quelle: Minergie-A-Nachweis OPQMB 11'2013

Im Folgenden werden die Absolutwerte des Verbrauchs und des PV-Ertrags dargestellt. Für die Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser durch die Wärmepumpe, die mechanische Lüftung und Hilfsenergie werden gemäss Abbildung 4 im Betriebsjahr 2016/2017 8'427 kWh Strom verbraucht. Die PV-Anlage produziert im selben Zeitraum 17'732 kWh Strom. Somit ergibt sich für die Betrachtung nach Minergie-A jahresbilanziert eine Deckung von 210% und ein Überschuss von 9'306 kWh Strom. Für das Betriebsjahr 2017/2018 beträgt der Stromverbrauch 8'389 kWh, die Stromproduktion 17'249 kWh, die jahresbilanzierte Deckung 206 % und der Überschuss 8'858 kWh. Der Mehrertrag der PV-Anlage im Betrieb gegenüber der Planung ist vor allem auf eine veränderte Ausführung zurückzuführen. Statt geplanten 17.6 kWp wurden 19.4 kWp realisiert.

Der gesamte Stromverbrauch des Gebäudes für die Wärmeerzeugung durch die Wärmepumpe, Lüftung, Hilfsenergie, Allgemeinbeleuchtung, Lift und die sieben Wohnungen beträgt für 2016/2017 18'197 kWh. Dieser Verbrauch kann jahresbilanziert zu 97 % durch den Ertrag PV-Anlage gedeckt werden. Für 2017/18 beträgt der Stromverbrauch 18'629 kWh und kann jahresbilanziert zu 93 % durch den Ertrag PV-Anlage gedeckt werden. Bei monatsweiser Betrachtung können für die Messperiode 65 % des Stromverbrauchs durch die PV-Anlage gedeckt werden. Für einen Intervall von 15 Minuten beträgt der Eigenverbrauch 27 %.



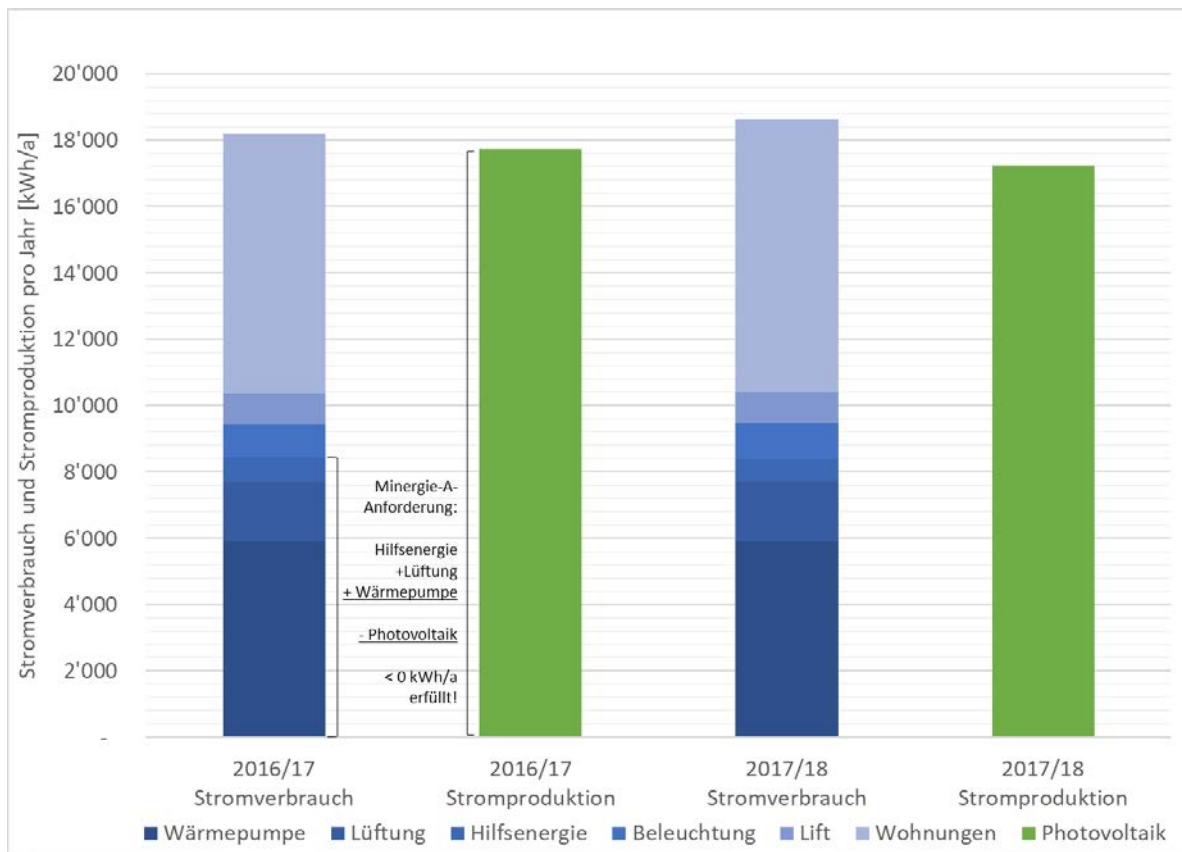


Abbildung 4: Messwerte des Stromverbrauchs und der Stromproduktion 2016/17 und 2017/18.

### 3.3 SIA Effizienzpfad Energie

Das Ziel des SIA Effizienzpfad Energie (Merkblatt SIA 2040:2011) [4] ist die Gesamtbetrachtung der Umweltbelastung durch Gebäude in Bezug auf die 2000-Watt-Gesellschaft. Hierbei werden die Erstellung des Gebäudes, der Betrieb und die induzierte Mobilität berücksichtigt. Im SIA Effizienzpfad Energie wird für die drei Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität jeweils ein Richtwert pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr für den Primärenergiebedarf nicht erneuerbar und für die Treibhausgasemissionen angegeben. Für die Summe dieser Einzelwerte ist eine Gesamtanforderung formuliert. In der Planung erfüllt das Mehrfamilienhaus Aescherstrasse die Anforderungen des SIA Effizienzpfad Energie. In dieser Untersuchung wird der Energiebedarf und –verbrauch im Bereich Betrieb betrachtet. Die Standardwerte und die Berechnungsmethodik gemäss SIA Effizienzpfad Energie und Minergie (Abschnitt 3.2) weichen voneinander ab. Daher sind diese Werte nicht miteinander vergleichbar.

In der Planung beträgt der berechnete Wert für den Betrieb auf Stufe Primärenergie nicht erneuerbar pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr  $69 \text{ MJ}/(\text{m}^2\text{a})$ , was  $19 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  entspricht. Der Richtwert gemäss SIA Effizienzpfad Energie beträgt  $56 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . In Tabelle 4 ist der Vergleich der Planungswerte mit den Messwerten der Betriebsjahre 2016/17 und 2017/18 dargestellt. Demnach ist der gemessene Gesamtendenergieverbrauch um  $0.7$  und  $1.3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  höher als der berechnete Bedarf, was  $+3$  bis  $+5 \%$  Abweichung entspricht. Der gemessene Ertrag der PV-Anlage ist um ca.  $7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  höher als der berechnete Wert, woraus ein Mehrertrag von über  $+40\%$  resultiert. Der Verbrauch und der Ertrag werden gemäss SIA Effizienzpfad Energie mit dem Faktor für Primärenergie nicht erneuerbar und dem Faktor Treibhausgasemissionen gewichtet und miteinander verrechnet. Dank der Stromproduktion durch die PV-Anlage werden die Richtwerte für den Betrieb gemäss SIA Effizienzpfad Energie in Planung und Praxis eingehalten. Die Messungen belegen die Tauglichkeit des Gebäudes für die 2000-Watt-Gesellschaft.



SIA 2040:2011	Endenergie			Primärenergie nicht erneuerbar <sup>1</sup>			Treibhausgasemissionen <sup>2</sup>			
	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]			[kWh/(m <sup>2</sup> a)]			[kg/(m <sup>2</sup> a)]			
	Planung	Messung		Planung	Messung		Planung	Messung		
	2016/17	2017/18		2016/17	2017/18		2016/17	2017/18		
<b>Bedarf Strom</b>										
Wärmepumpe <sup>3</sup>										
Heizung +										
Warmwasser	9.6	8.5	8.4	25.4	22.5	22.2	1.4	1.3	1.2	
Lüftung	1.7	2.3	2.3	4.4	6.0	6.1	0.2	0.3	0.3	
Beleuchtung allg.	3.3	1.3	1.4	8.8	3.4	3.7	0.5	0.2	0.2	
Lift	1.1	1.2	1.2	2.8	3.2	3.2	0.2	0.2	0.2	
Wohnungen	6.9	10.0	10.5	18.3	26.5	27.8	1.0	1.5	1.6	
<b>Total Bedarf</b>	<b>22.6</b>	<b>23.3</b>	<b>23.9</b>	<b>59.7</b>	<b>61.5</b>	<b>63.0</b>	<b>3.3</b>	<b>3.4</b>	<b>3.5</b>	
<b>Produktion</b>										
Photovoltaik	-15.4	-22.7	-22.1	-40.7	-59.9	-58.3	-2.3	-3.4	-3.3	
<b>Total</b>	<b>7.2</b>	<b>0.6</b>	<b>1.8</b>	<b>19.0</b>	<b>1.6</b>	<b>4.7</b>	<b>1.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.3</b>	
<b>Richtwert SIA 2040</b>				<b>56</b>				<b>2.5</b>		

<sup>1</sup> Primärenergiefaktor Elektrizität CH Verbrauchermix 2.64

<sup>2</sup> Faktor Treibhausgasemissionen Elektrizität CH Verbrauchermix 0.148 kg/kWh

<sup>3</sup> inklusive Hilfsenergie

*Tabelle 4: Planungswerte für den Endenergiebedarf und Messwerte des Endenergieverbrauchs für 2016/17 und 2017/18. Umrechnung der Endenergiewerte in Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen gemäss Merkblatt SIA 2040:2011 Effizienzpfad Energie.*

## 4. Information Bewohnerschaft

Den Bewohnerinnen und Bewohnern wurde im Rahmen der Befragung (siehe Abschnitt 5) die individuellen Auswertungen zu ihrer Wohnung für 2016/2017 überreicht. Abbildung 5 zeigt anonymisiert (Wohnung XY) exemplarisch die in der Auswertung enthaltenen Darstellungen.

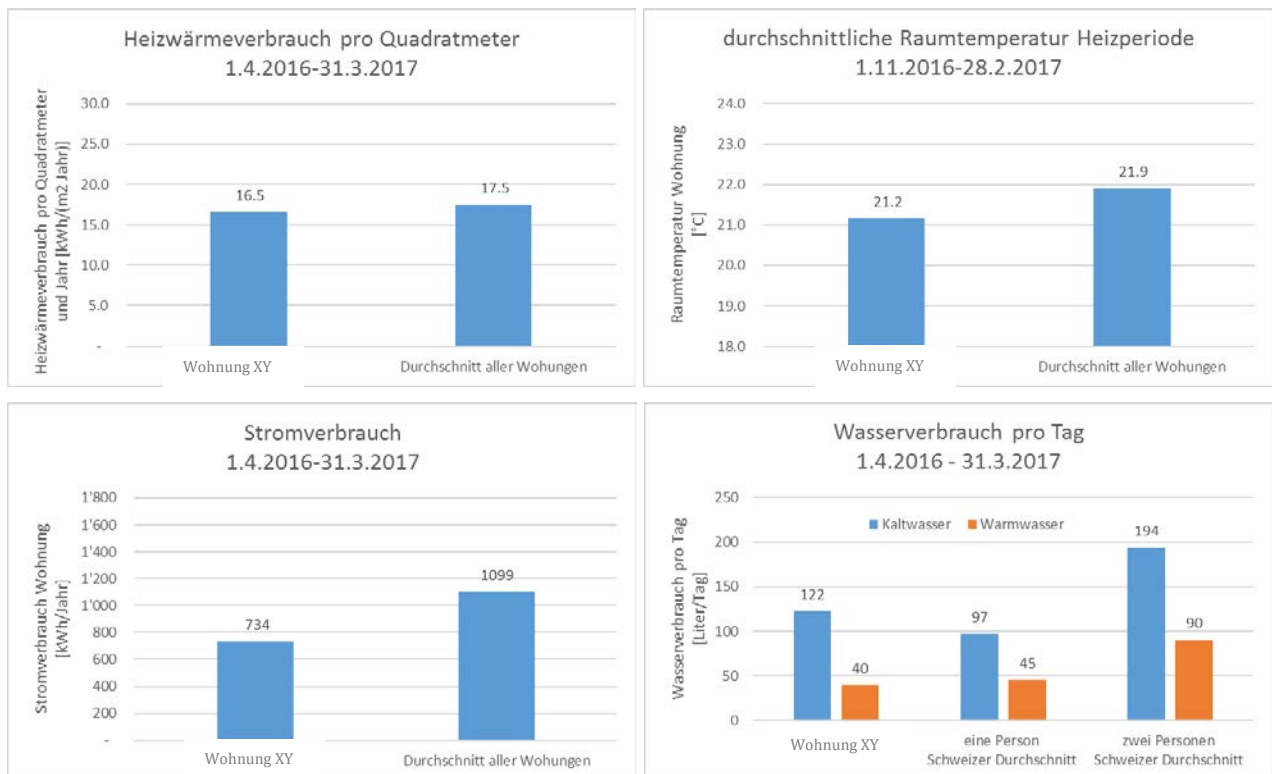


Abbildung 5: Information für die Bewohnerschaft Wohnung XY für 2016/2017 zum Heizwärmeverbrauch, zur durchschnittlichen Raumtemperatur während der Heizperiode, zum Strom- und Wasserverbrauch.

## 5. Bewohnerbefragung

Im Folgenden werden einzelne Resultate aus der Bewohnerbefragung im Dezember 2017 erläutert.

In Bezug auf den Komfort, (Raumtemperatur, deren individuelle Regulation und das Behaglichkeitsempfinden) werden grosse Unterschiede zwischen Winter und Sommer deutlich (Abbildung 6). Auf den Winter bezogen ist vollständig übereinstimmende Zufriedenheit festzustellen. Hier liefert die eingebaute Technik in der Praxis den beabsichtigten Erfolg. Allerdings wurde die automatische Storensteuerung im Winter bemängelt. Im Sommer wird diese gut akzeptiert, aber im Winter wird es als sehr störend und vor allem unlogisch empfunden. Die Bewohner müssen während ihrer Präsenzzeit dagegen steuern. Abgesehen vom Reagieren «gegen die Technik» ist das runterlassen der Storen auch kontraproduktiv für die solaren Gewinne  $Q_s$ . Dieser Gewinn könnte weiter den Heizwärmebedarf für Raumwärme senken. Wenn die Personen nicht anwesend sind, geht dieser verloren.

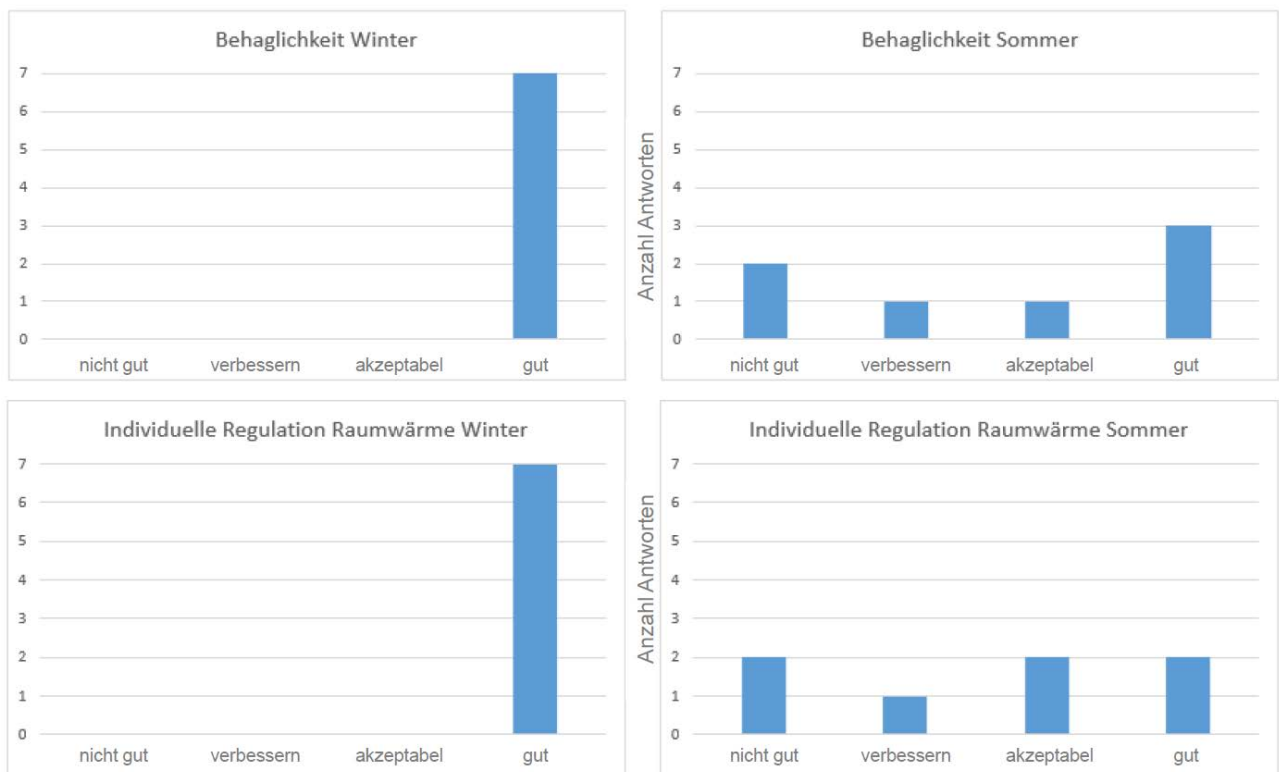


Abbildung 6: Bewertung Bewohner Raumwärme/Klima

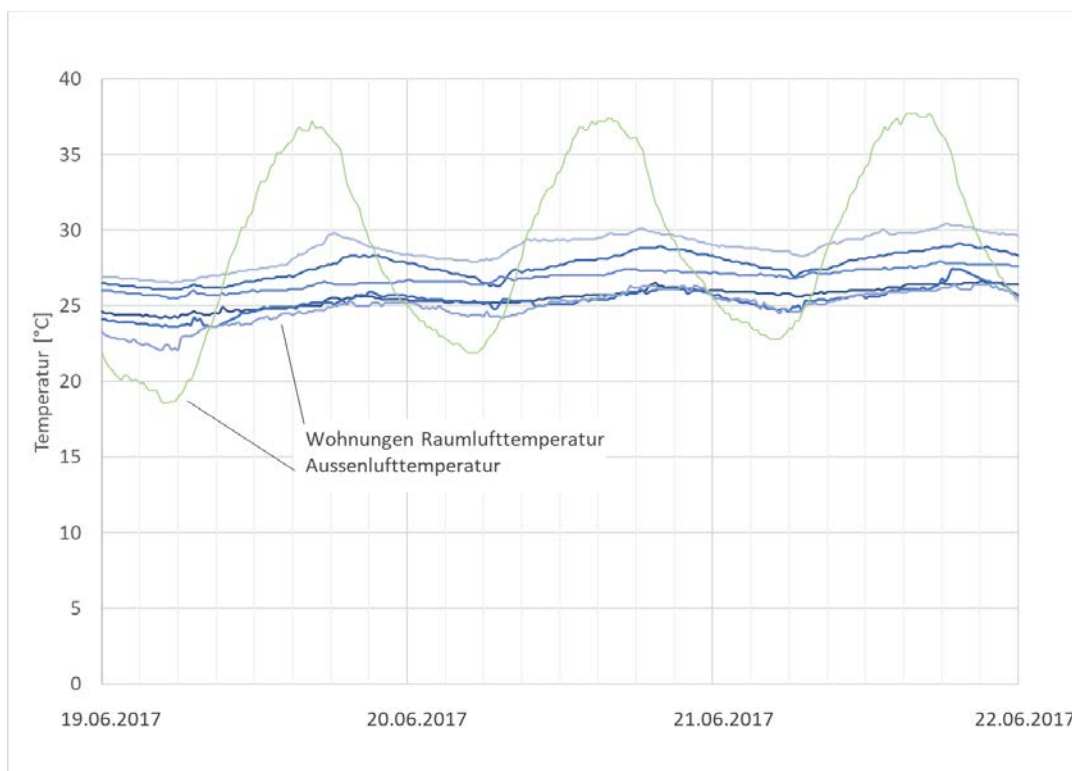


Abbildung 7: Messwerte der Aussenlufttemperatur und der Raumlufttemperaturen in den Wohnungen (Entrée) zwischen 19.6.2017 0:00 Uhr und 21.6.2017 24:00 Uhr.

Die Sommerzeit hingegen wird deutlich schlechter bewertet. Zwei bis drei Wohnungen finden die Situation «gut», die gleiche Anzahl «nicht gut». Hier müssten im weiteren Projektverlauf die Verschattungsmöglichkeiten und die Wirkung der Lüftungsanlage betrachtet werden. Teilweise wurde geäußert, dass eine Regulierung nicht mehr möglich sei. In einer anderen Wohnung ist die mechanische Lüftung aus individuellen Gründen permanent ausgeschaltet. In dieser Wohnung

wurde aber die Sommerzeit jedoch auch als «gut» bewertet. Die Aussagen der Umfrage decken sich mit der Darstellung der Messwerte der Raumlufttemperatur in Abbildung 7 während einer Hitzeperiode Sommer 2017.

## 6. Diskussion

Die Abweichungen des berechneten effektiven Heizwärmebedarfs zum gemessenen Heizwärmeverbrauch können rechnerisch gut nachvollzogen werden. Der vermeintliche «Performance Gap» lässt sich durch die von den Standardklima- und -nutzungsdaten abweichenden realen Betriebsdaten erklären. Der gesetzlich geforderte Heizwärmebedarf wird trotz des gemessenen Mehrverbrauchs durch die sehr gut wärmegeämmte Gebäudehülle und die Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage im Betrieb um 35 % unterschritten. Zusammen mit dem Einsatz erneuerbarer Energien für die Wärmeerzeugung und der Energieproduktion vor Ort durch PV sind dies wichtige Bausteine für ein robustes und zukunftsfähiges Gebäudekonzept im Sinne der 2000-Watt Gesellschaft. Die Anforderungen des SIA Effizienzpfades hinsichtlich Betriebsenergie werden auch in der Praxis vor allem durch die erneuerbare Wärmeerzeugung und PV erreicht. Daher kann bei diesem Gebäudekonzept die Aufforderung an die Bewohner zu suffizientem Verhalten hinsichtlich des Betriebs diskutiert werden. Die Energiebezugsfläche pro Person liegt mit 78 m<sup>2</sup> weit über dem Schweizer Durchschnitt. Dies lässt sich beim hier untersuchten Projekt nach Aussage der Bauherrschaft durch die geringe Gebäudegrösse, die Zielgruppe Ü 60 und den Wohnungsschlüssel mit 2.5 und 3.5 Zimmerwohnungen begründen. Es besteht für zukünftige Neubauprojekte eine grosse Herausforderung und Untersuchungsbedarf, wie die Energiebezugsfläche pro Person möglichst geringgehalten werden kann.

Für die ganzjährige Behaglichkeit ist der sommerliche Wärmeschutz sehr wichtig. Sollten sich Hitzesommer aufgrund des Klimawandels häufiger auftreten und zudem die Anspruchshaltung der Bevölkerung zukünftig steigen, im Sommer kühlere Raumtemperaturen haben zu wollen, könnten durch eine Vergrösserung des Energiebedarfs für Kühlung ein Reboundeffekt entstehen, der die erreichten Energieeinsparungen im Winter wieder teilweise aufhebt. Um dies zu verhindern, müssen Gebäudekonzepte auch hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes weiterentwickelt werden.

## 7. Danksagung

Die wissenschaftliche Begleitung durch das Institut Energie am Bau wird im Rahmen des Projekts „2000-Watt-Gesellschaft – Pilotregion Basel“ vom Amt für Umwelt und Energie Kanton Basel-Stadt und von Immobilien Basel-Stadt finanziell unterstützt.

## Literatur/Referenzen

- [1] SIA, SIA 380/1:2009 – Thermische Energie im Hochbau, Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2008.
- [2] SIA, Merkblatt SIA 2028 - Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik, Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2010.
- [3] Verein Minergie, „www.minergie.ch,“ Januar 2013. [Online]. Available: [https://www.minergie.ch/media/reglement\\_me-a-v1.1\\_dt.pdf](https://www.minergie.ch/media/reglement_me-a-v1.1_dt.pdf). [Zugriff am 3 April 2018].
- [4] SIA, Merkblatt SIA 2040:2011 – SIA Effizienzpfad Energie, Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2011.