



Modellprojekt

 **Effizienzhaus Plus Standard**

## Münnerstadt (MüPEG)

Effizienzhaus-Plus Netzwerkpartner, 29.09.2016

8. Norddeutsche Passivhauskonferenz, Kiel

1

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller - 97702 Münnerstadt)



### Agenda

#### MüPEG

=

*Münnerstädter  
Plusenergiegebäude*

#### Gebäude

Lage  
Entwurfskonzept  
Grundrisse  
Impressionen  
Bauweise

#### Motivation

#### Bauablauf

#### Technik

#### Energiebilanz - Monitoring

#### Baukosten

#### Optimierungen

2

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller - 97702 Münnerstadt)



## Süden



## GEBÄUDE



Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

5

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnerstadt)

## Konzept + Motivation



## GEBÄUDE

- möglichst hohe **Energieautarkie** (inkl. Elektromobilität)  
...Ressourcenverknappung.....Klimaschutz.....  
...Energiepreisexplosionen.....
- Hauptfokus auf der energetischen **Qualität der Gebäudehülle (Passivhaus-Kriterien)**
- „Restenergie“-Deckung möglichst mit eigenem **PV-Strom**
- Raumkonzept **Wohnen + Arbeiten** unter einem Dach  
Architekturbüro im UG + Wohnbereiche Familie im EG+OG
- Einsatz von **nachhaltigen + ökologische Baustoffen**
- Einfache und **kosteneffiziente Bauweise**

Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

6

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnerstadt)



GEBÄUDE

Leitmotiv

form follows energy...

MÜPEG MÜnnerstädter – Plus – Energie - Gebäude



Passiv



+ aktiv



= plus



Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

7

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnertstadt)



GEBÄUDE

Parameter

- **Kompakte Gebäudehülle**  $A/V = 0,58$
- **Wärmebrückenfreie Bauweise**  $\Psi$  max.  $0,01 \text{ W/mK}$
- **Hohe Luftdichtheit** baubegleitende Messungen:  $n_{50} = 0,20 \text{ 1/h}$
- Hohe **solare Deckung** - „Solarkollektoren“ Fensterbauteile
- **Dachflächen** vollständig zur **Südseite** ausgerichtet zur **Sonnenstromerzeugung** =  $185 \text{ m}^2$  solare Dachfläche
- **Blickbeziehung** in die Mittelgebirgslandschaft
- energetische **Verschmelzung** der Energieversorgung von **Mobilität und Gebäude** zur ökologischen und wirtschaftlichen Optimierung

Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

8

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnertstadt)



GEBÄUDE

Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

## Baumsetzung + Herausforderungen

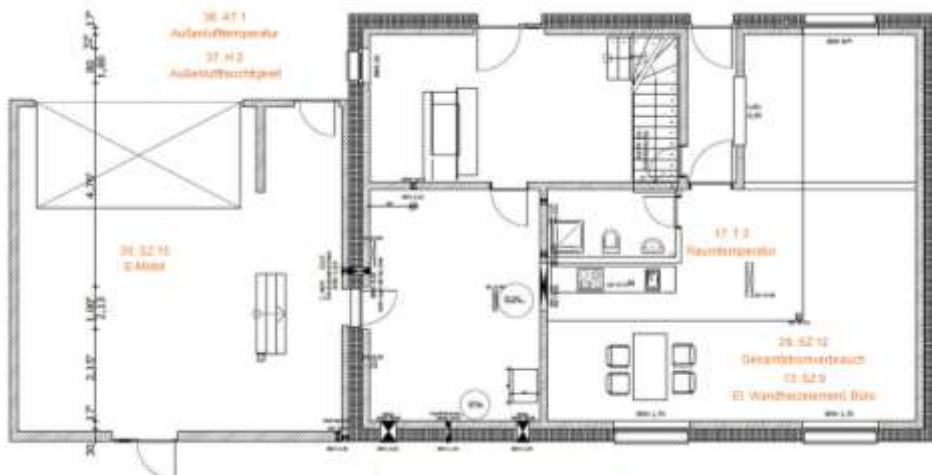
- Genehmigungsplanung im August 2010...  
*Bebauungsplan war nicht auf Plusenergiebauweise ausgelegt.*  
*Befreiungen: Hausrichtung – Dachneigung – Vollgeschoss OG*
- Werkplanungsphase bis April 2011
- Baubeginn Mai 2011
- ab 2012 Forschungsprojekt Effizienzhaus Plus
- Baufertigstellung Wohnung + Büro März-Mai 2012
- Messeinrichtungen Hochschule Augsburg ab August 2012  
*Installation Messeinrichtung funktionierte leider nicht mit bestehendem BUS (5 Monate Testphase – dann Umstellung)*  
BUS-System auf Energieerfassung und Optimierungen nicht ausgelegt.

9

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnerstadt)



GEBÄUDE

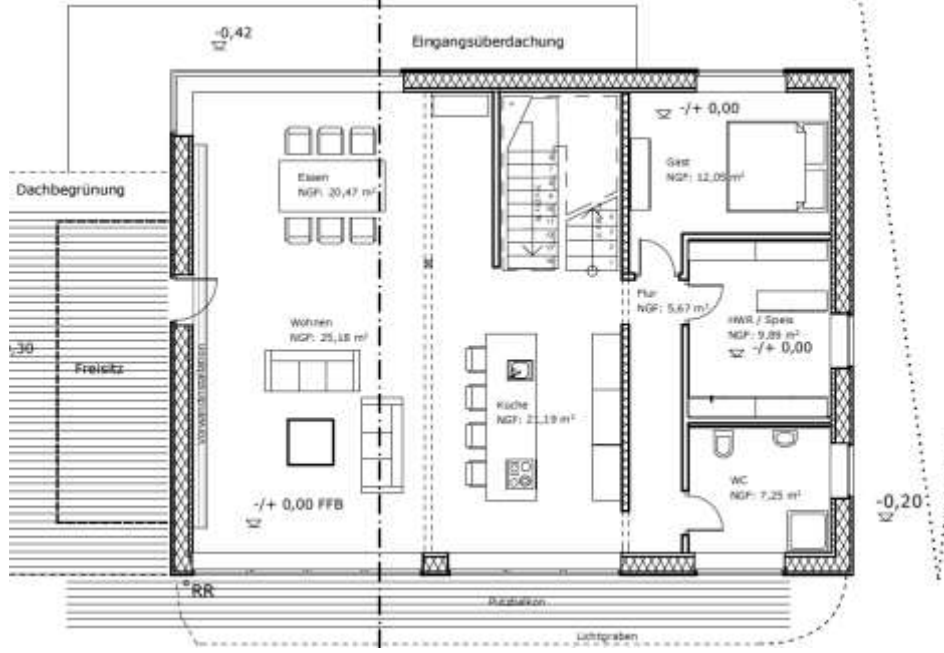
UG - 102 m<sup>2</sup> Büro

10

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnerstadt)

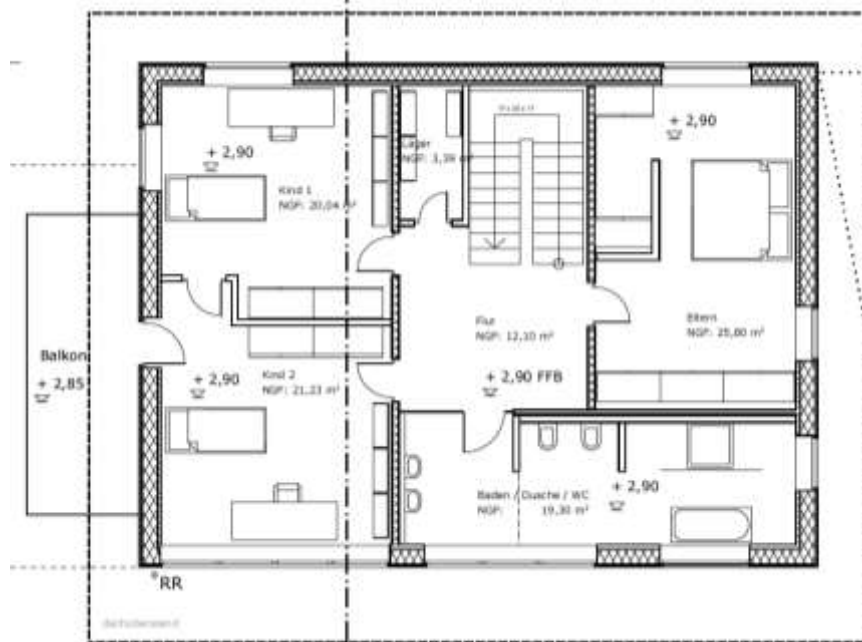
EG - 102 m<sup>2</sup> - Wohnen

GEBÄUDE



OG - Vollgeschoss - 102 m<sup>2</sup> - Schlafen

GEBÄUDE



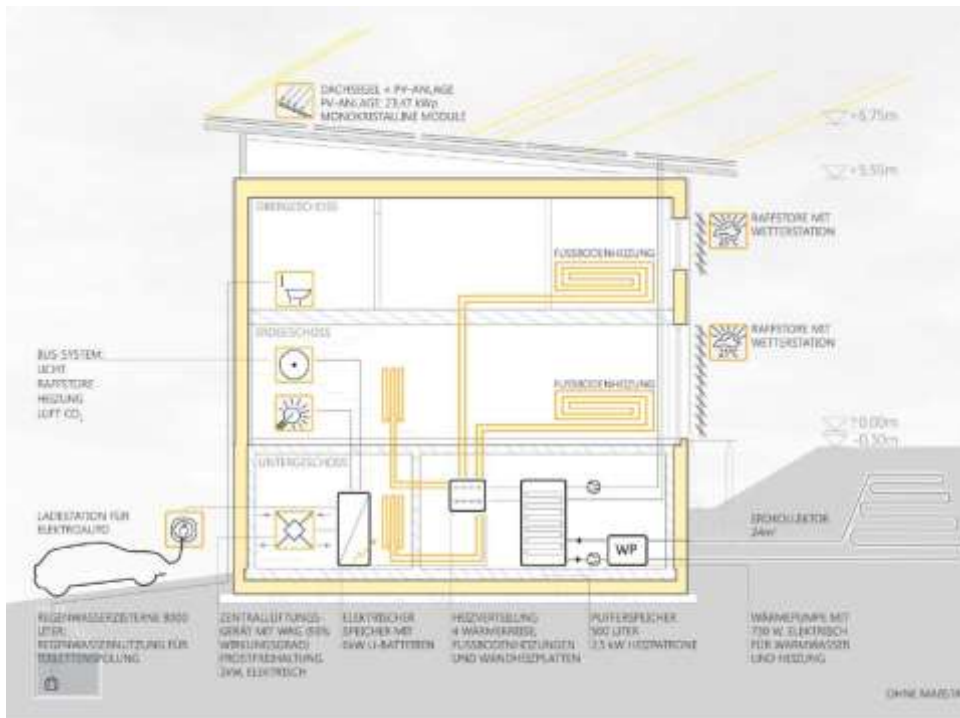
## Bauweise

### Holztafelbau EG + OG – Betonfertigteile UG

- **Massivholz-Fertigteile** mit **36 cm Zellulose- und Holzweichfaserdämmung**  $U= 0,10- 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Bodenplattendämmung 30 cm**  $U= 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Dachdämmung 40 cm**  $U= 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Passivhausfenster** mit gedämmten Rahmen
- $U_w$  (eingebaut) =  $0,69 - 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Passivhaustüren** mit gedämmten Profilen
- $U_d$  (eingebaut) =  $0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$

13

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnersstadt)





GEBÄUDE

Bauphase



Holzbau – Wände + Decken

Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

15



Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnerstadt)



GEBÄUDE

Bauphase



HWL + Zellulosedämmung

Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

16



Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnerstadt)



## MONITORING HS-Augsburg mit IBP Fraunhofer

- Beginn 2012
- 38 Messstellen
- Energieverbräuche, Wärmemengen, CO<sub>2</sub>-Gehalt, Temperaturen, relative Feuchtigkeit, Globalstrahlung, E-Mobil, Speicherladungen.....

- Auswertungen beziehen sich auf zwei Betriebsjahre:  
Zeitraum Nov. 2012 bis Okt. 2014.

HS Augsburg – E2D

© Hochschule Augsburg E2D

Effizienzhaus-Plus Netzwerkpartner, MUEPEG

Tabelle 24: Vergleich von Prognose und Messergebnissen

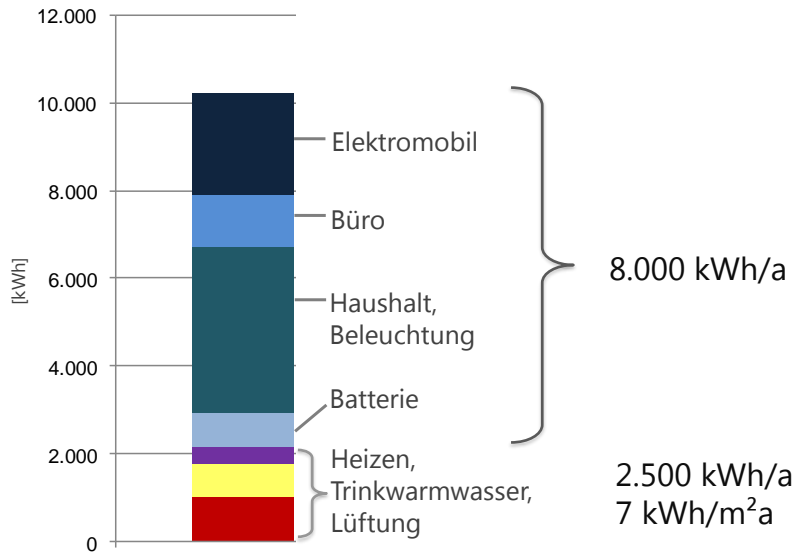
|                                     | Prognose<br>[kWh/a] | Nov 12 - Okt 13<br>[kWh/a] | Nov 13 - Okt 14<br>[kWh/a] |
|-------------------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| Heizen, TWW, Lüftung                | 5.264               | 3.470                      | 1.792                      |
| Haushalt                            | 2.500               | 4.250                      | 4.187                      |
| <b>Summe Aufwand</b>                | <b>7.764</b>        | <b>7.720</b>               | <b>5.979</b>               |
| PV-Strom Erzeugung                  | 20.057              | 20.992                     | 22.209                     |
| <b>Überschuss<br/>(rechnerisch)</b> | <b>12.293</b>       | <b>13.272</b>              | <b>16.230</b>              |

|                      |
|----------------------|
| PHPP 2009<br>(kWh/a) |
| 2618                 |
| 4972                 |

Im Monitoring des BBSR wurden nur Berechnung/Prognosen nach EnEV DIN 18599 + Haushaltstrom Effizienzhaus-Plus-Rechner herangezogen. Kein ausgereiftes Simulationswerkzeug für den Bereich Stromerzeugung mit E-Mobilität als auch Energiemanagement.

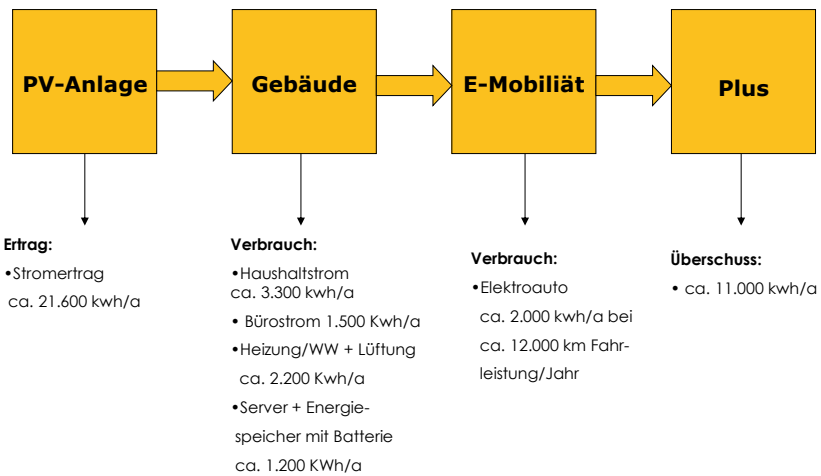
Ergebnis:  
geringerer Verbrauch für Heizung – höherer Verbrauch für Haushaltstrom  
(z.B. Server für Messeinrichtungen, Wasserbett, Umwälzpumpe Schwimmbad, Beleuchtung...)  
etwas höherer PV-Überschuss als nach Norm ermittelt – E-Mobilität noch unberücksichtigt

### JAHRESBILANZ VERBRAUCH (MESSWERTE)



**ENERGIE**

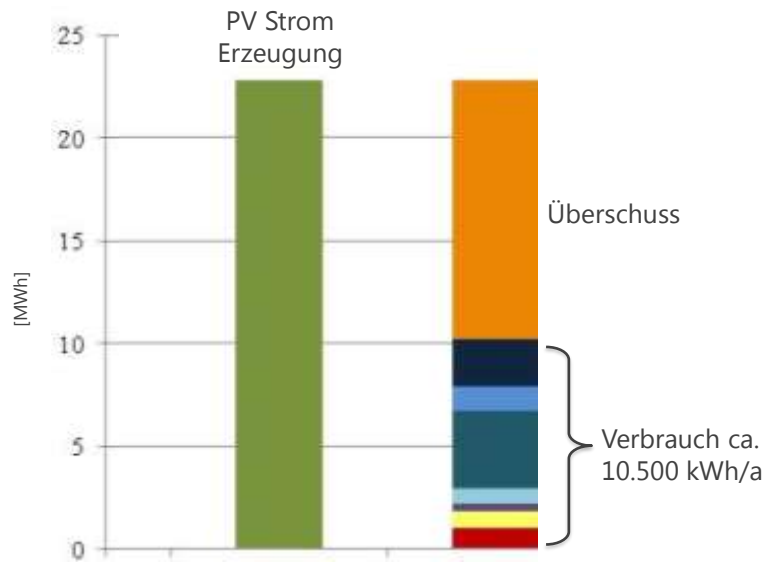
### ENERGIEBILANZ



Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller



### JAHRESBILANZ (MESSWERTE)



HS Augsburg – E2D

© Hochschule Augsburg E2D

Effizienzhaus-Plus Netzwerkpartner, MUEPEG

### Überangebot Solarstrom März - November



## Screening – November 2013 - ca. 58 % bilanziell autark (ohne Batterie)

| Datum    | PV-Strom [kWh] | Strom-Lieferung [kWh] | Strom-Einspeisung [kWh] | Bilanz [kWh] | Autarkiegrad [%] |
|----------|----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|------------------|
| 31. Okt  | 56             | 39                    | 43                      | 52           | 108              |
| 01. Nov  | 20             | 15                    | 11                      | 24           | 83               |
| 02. Nov  | 51             | 14                    | 40                      | 25           | <b>204</b>       |
| 03. Nov  | 0              | 0                     | 0                       | 0            | -                |
| 04. Nov  | 17             | 27                    | 4                       | 40           | 43               |
| 05. Nov  | 15             | 12                    | 5                       | 22           | 68               |
| 06. Nov  | 12             | 17                    | 6                       | 23           | 52               |
| 07. Nov  | 5              | 20                    | 1                       | 24           | 21               |
| 08. Nov  | 8              | 25                    | 0                       | 33           | 24               |
| 09. Nov  | 40             | 38                    | 28                      | 50           | 80               |
| 10. Nov  | 14             | 25                    | 3                       | 36           | 39               |
| 11. Nov  | 13             | 14                    | 3                       | 24           | 54               |
| 12. Nov  | 15             | 20                    | 5                       | 30           | 50               |
| 13. Nov  | 17             | 21                    | 7                       | 31           | 55               |
| 14. Nov  | 4              | 34                    | 0                       | 38           | <b>11</b>        |
| 15. Nov  | 4              | 24                    | 0                       | 28           | 14               |
| 16. Nov  | 7              | 28                    | 0                       | 35           | 20               |
| 17. Nov  | 8              | 14                    | 1                       | 21           | 38               |
| 18. Nov  | 18             | 11                    | 7                       | 22           | 82               |
| Zeitraum | 324            | 398                   | 164                     | 558          | <b>58</b>        |
| Gesamt   | 34538          | 4452                  | 31391                   | 7599         | 455              |

23

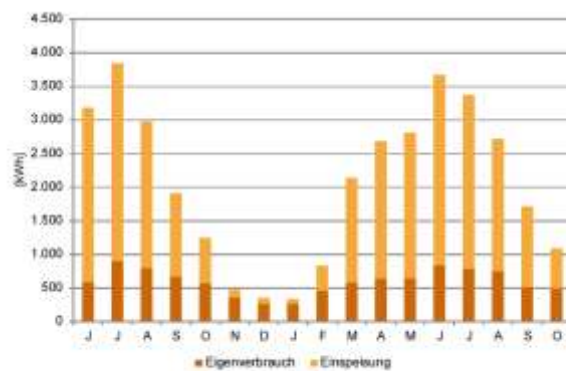
Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 M $\ddot{u}$ nnerstadt)

Abb. 34: Eigenverbrauch PV-Strom rechnerisch

Eigenverbrauch incl. Batterie 6600 kWh = ca. 65 % Bedarfsdeckung  
 Eigenstromnutzung PV-Anlage = ca. 30 % Deckungsquote

24

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 M $\ddot{u}$ nnerstadt)



**KOSTEN**

|                     |  |
|---------------------|--|
| Kostengruppe<br>300 | <b>Bauwerk</b><br>(Baukonstruktionen +<br>technische Anlagen<br>mit PV-Anlage) |
| Kostengruppe<br>400 |  |



**408.600 €\*  
= ca. 1.450 €/m<sup>2</sup>**

Geringe Mehrkosten gegenüber konventionellem Wohngebäude

Voraussetzung für das Einhalten eines reduzierten Kostenansatzes sind **strukturierte und kostenoptimierte Ausführungen** sowie disziplinierte Einhaltung des Kostenrahmens bei der Auswahl der Oberflächen.

- \* Ohne, Nebengebäude, Vordach und Außenanlagen. Malerarbeiten, Bodenbeläge
- \* incl. PV-Anlage

Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

25



Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnerstadt)



**GEBÄUDE**



Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

26



Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnerstadt)



**GEBÄUDE**



Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

27



Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller - 97702 Münnerstadt)



**offene moderne Bauweise**

**GEBÄUDE**



Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

28



Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller - 97702 Münnerstadt)



## großzügige Grundrisse



## GEBÄUDE



Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

29

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller - 97702 Münnerstadt)



## helle + sonnige Räume



## GEBÄUDE



Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

30

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller - 97702 Münnerstadt)



**Blickbeziehungen Außen + Innen**

**GEBÄUDE**



Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller

31



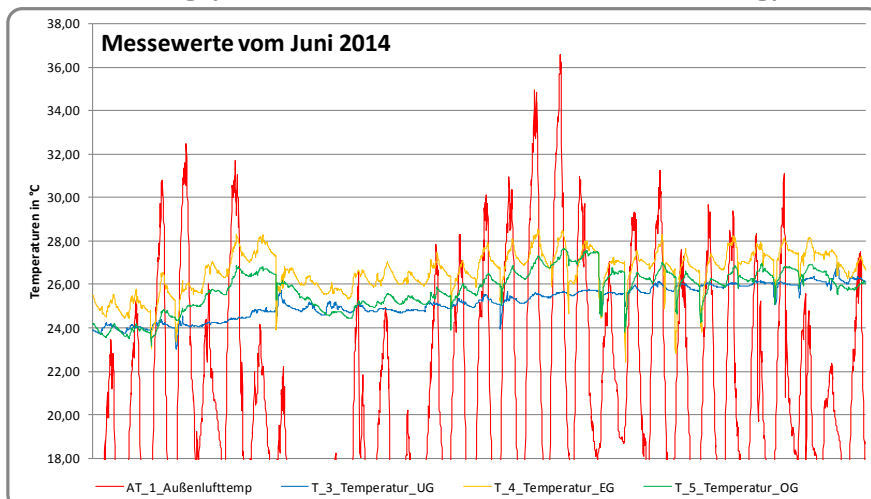
Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller - 97702 Münnerstadt)



Folgendes „Komfort-Plus“ ist im MüPEG gegeben:

- ✓ Thermische Behaglichkeit auch im Sommer ohne aktive Kühlung (Grafik für den wärmsten Monat im Monitoring)

Komfort-Plus



32



Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller - 97702 Münnerstadt)



HS Augsburg – E2D

© Hochschule Augsburg E2D

Effizienzhaus-Plus Netzwerkpartner, MUEPEG

Behaglichkeit:  
Lufttemperaturen Innen

Verlängerung der  
Sommertemperaturen  
ohne Heizung  
bis Frühjahr + Herbst

| Monat                          | UG          | EG          | OG          |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                | °C          | °C          | °C          |
| Nov 13                         | 22,5        | 22,5        | 21,9        |
| Dez 13                         | 20,4        | 21,8        | 21,3        |
| Jan 14                         | 20,0        | 21,7        | 21,1        |
| Feb 14                         | 20,0        | 22,0        | 21,4        |
| Mrz 14                         | 21,8        | 24,5        | 23,6        |
| Apr 14                         | 23,5        | 25,8        | 24,6        |
| Mai 14                         | 24,2        | 25,7        | 24,6        |
| Jun 14                         | 24,2        | 25,1        | 24,2        |
| Jul 14                         | 25,2        | 26,6        | 25,8        |
| Aug 14                         | 25,6        | 25,9        | 24,9        |
| Sept 14                        | 24,4        | 25,4        | 24,3        |
| Okt 14                         | 23,9        | 24,6        | 23,6        |
| <b>Mittelwert Heizperiode*</b> | <b>21,7</b> | <b>23,3</b> | <b>22,5</b> |

\*Heizperiode November 2013 bis April 2014 und Oktober 2014

33

HS Augsburg – E2D

© Hochschule Augsburg E2D

Effizienzhaus-Plus Netzwerkpartner, MUEPEG

Behaglichkeit:  
Luftfeuchte Innen

gutes Raumklima

| Monat                          | UG          | EG          | OG          |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                | %           | %           | %           |
| Nov 13                         | 47,0        | 49,1        | 49,9        |
| Dez 13                         | 44,2        | 44,9        | 45,7        |
| Jan 14                         | 44,3        | 44,0        | 44,9        |
| Feb 14                         | 42,2        | 41,0        | 41,9        |
| Mrz 14                         | 40,2        | 37,5        | 38,9        |
| Apr 14                         | 40,8        | 37,4        | 39,1        |
| Mai 14                         | 44,1        | 41,9        | 43,6        |
| Jun 14                         | 44,5        | 42,8        | 44,1        |
| Jul 14                         | 52,2        | 49,1        | 49,7        |
| Aug 14                         | 47,7        | 47,2        | 48,4        |
| Sept 14                        | 51,6        | 51,1        | 52,3        |
| Okt 14                         | 51,1        | 51,3        | 52,6        |
| <b>Mittelwert Heizperiode*</b> | <b>44,3</b> | <b>43,6</b> | <b>44,7</b> |

\*Heizperiode November 2013 bis April 2014 und Oktober 2014

34

Tabelle 32: Zusammenstellung der Werte für den mittleren monatlichen CO<sub>2</sub>-Gehalt

Behaglichkeit  
CO<sup>2</sup> Innen  
  
frische  
unverbrauchte  
Luftverhältnisse

| Monat             | CO <sub>2</sub> -Gehalt | Monat             | CO <sub>2</sub> -Gehalt |
|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
|                   | ppm                     |                   | ppm                     |
| Nov 12            | 0                       | Nov 13            | 906                     |
| Dez 12            | 0                       | Dez 13            | 963                     |
| Jan 13            | 0                       | Jan 14            | 858                     |
| Feb 13            | 0                       | Feb 14            | 782                     |
| Mrz 13            | 0                       | Mrz 14            | 770                     |
| Apr 13            | 0                       | Apr 14            | 696                     |
| Mai 13            | 0                       | Mai 14            | 706                     |
| Jun 13            | 644                     | Jun 14            | 607                     |
| Jul 13            | 606                     | Jul 14            | 607                     |
| Aug 13            | 604                     | Aug 14            | 597                     |
| Sept 13           | 700                     | Sept 14           | 681                     |
| Okt 13            | 845                     | Okt 14            | 783                     |
| <b>Mittelwert</b> | <b>-</b>                | <b>Mittelwert</b> | <b>746</b>              |

35



- ✓ Lebenszykluskostenstudie HS Augsburg 2014
  - geringe Sanierungskosten für die Heizung & Brauchwasser
  - normale Wartungs- + Instandhaltungskosten für die Gebäudesubstanz
- ✓ Nachhaltige Holzbauweise mit ökologischen Baumaterialien
  - Wenig Herstellungsenergie (graue Energie) – moderate Rückbaukosten
  - lange Bindung von CO<sub>2</sub> in der Gebäudesubstanz
- ✓ In der Ökobilanzstudie Univ. Darmstadt 2015 ein PLUS!

Gebäude-Plus



Quelle: Masterthesis Robin Schöttner, TU Darmstadt, FB Bauingenieurwesen

36

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller – 97702 Münnernstadt)

## Optimierung der IST-SITUATION

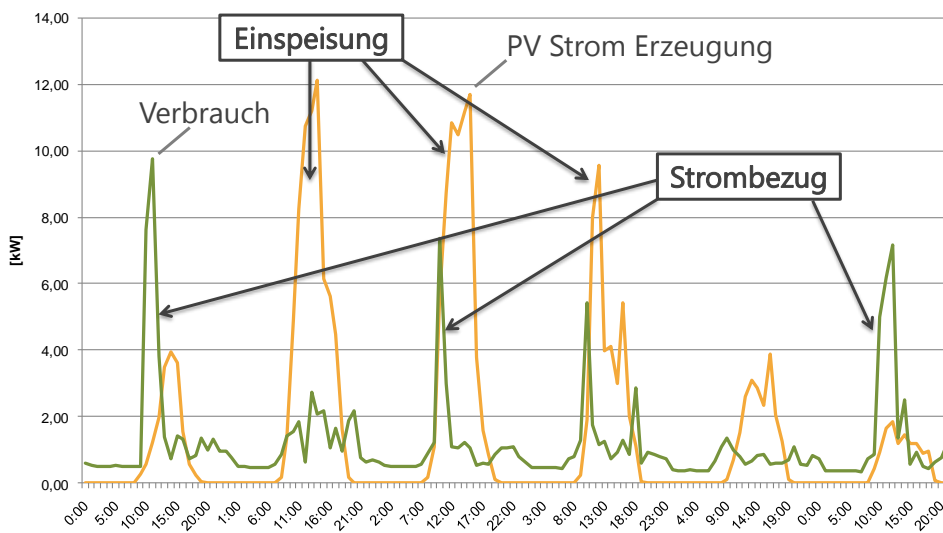
- geringer Verbrauch
- hohe Erzeugung aus PV
- Netzstrom zu 100 % aus Erneuerbaren Energien

### Warum Optimierung?

1. Eigenverbrauch erhöhen
2. Netz entlasten

## Lastganganalyse mit Gebäudesimulation

### ZIEL: NETZENTLASTUNG



VORGEHEN – Simulieren – Energiemanagement - Monitoring



## Solartankstelle - Quartierspeicher

Die überschüssige Energie der PV-Anlage könnte als **Solartankstelle** für das Quartier oder über einem dezentralen **Quartierspeicher** andere Gebäude mitversorgen.

Konzept und Planung: Ingenieurbüro Miller



**Nachhaltigkeit ist ein Gemeinschaftsprojekt!**

39

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller - 97702 Münnerstadt)

HS Augsburg - E2D

© Hochschule Augsburg E2D

Effizienzhaus-Plus Netzwerkpartner, MUEPEG



Man behauptet immer die Zeit verändert die Welt...,  
aber in Wirklichkeit musst du sie selbst ändern.

(Andy Warhol)

Passiv  + aktiv  = plus 

40

Ref.: Andreas Miller Architekt + Energieberater (IB Miller - 97702 Münnerstadt)