

**Diskussionsbeitrag für  
Solarnutzung und WRG-aus Grauwasser**

am Beispiel

**Mehrfamilien-Wohnhausanlage  
GIWOG Harter-Plateau**

**Gesamt 209 WE, WNFL gesamt**

**15.047,54 m<sup>2</sup>**

Ableitung aus Haus 1

**Auszug aus TRNSYS- Simulationen**

Perg, 20. 11. 2009 / Aschauer



- **Einleitung:**

Energie- und umweltpolitische Rahmenbedingungen sollen die Reduktion des Energiebedarfs und einen verantwortungsbewussten und effektiven Energieeinsatz forcieren.

Intensive Planungsbemühungen mit entsprechender „Nachhaltigkeitsverantwortung“ unter Einsatz von geeignetem Werkzeug vertiefen die Einsichten von energetischen Systemen und können vorhin genannte Zielsetzungen unterstützen.

Der vorrangige Einsatz von umweltfreundlichen, nachhaltigen Energieformen (Solarnutzung, Ausschöpfung von Wärmerückgewinnungspotentialen,...) liegt dabei ohnehin nahe.

Auf diesem Weg tauchen in der „Umstellungsphase“ zwangsläufig wirtschaftliche, technische und legistische Hürden auf. Einige Ergebnisse sollen auf den nachfolgenden Seiten mit Simulationsdaten an Hand eines konkreten Projektes untermauert werden.

- **Anlass:**

Die GIWOG wird beim vorgenannten Projekt Harter Plateau (HP V - Wiederbebauung) weitere Optimierungs-Schritte in Richtung effizienter und ökologischer Energieerzeugung und -nutzung tätigen.



Bild1: Lageplan des Projektes Harter Plateau V

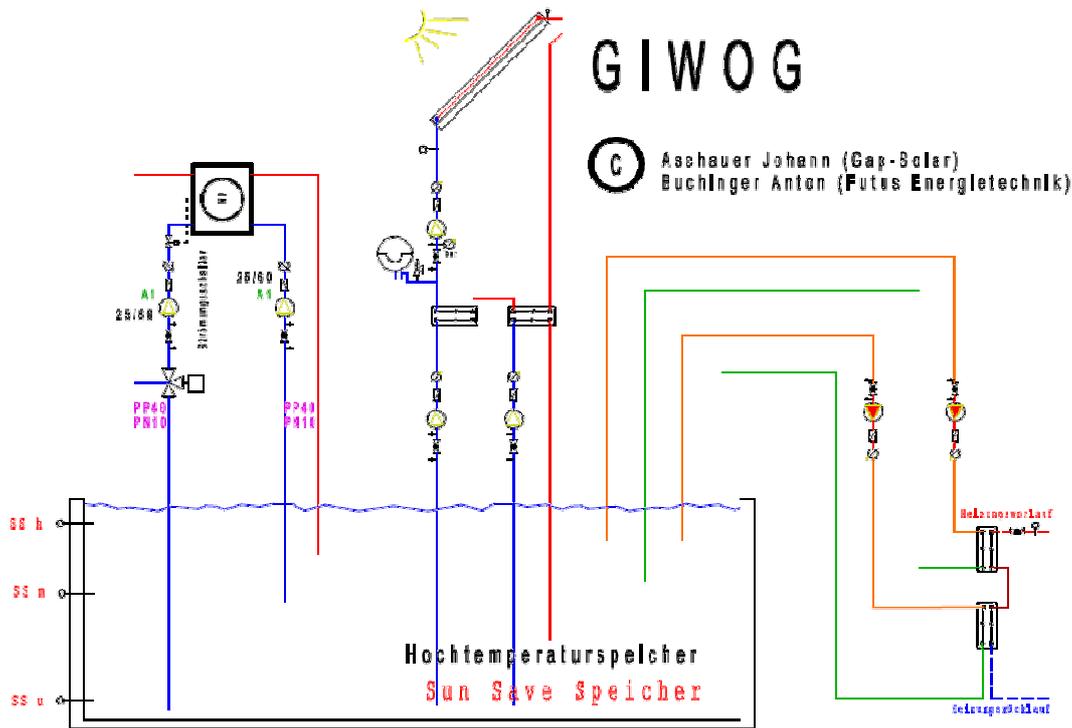
Das große Ziel ca. 70% des gesamten Warmwasser- und Heizungswärmebedarfs der Objekte Harter Plateau V mit Solarenergie und rückgewonnener Energie (WRG) aus dem Grauwasser abzudecken.



- **Grundkonzept:**

Konzeptiv wird um einen großen drucklosen Speicher („Energiezentrale“) die Energieerzeugung (Solarkollektoreinspeisung), die Wärmerückgewinnung (aus dem Grauwasser) und das Energiemanagement (Speicherbewirtschaftung) aufgebaut.

Bild2: Hydraulisches Grundkonzept für Projekte Harter Plateau V



Die nötige Energie wird über die rechts im Bild dargestellten Wärmetauscher (kurz „WT“) in den Heizungskreislauf übertragen. Sollte das Temperaturniveau nicht mehr ausreichen wird noch über einen weiteren Wärmetauscher Energie aus dem Fernwärmenetz angezapft. Über die Heizungsverteilungen wird in den Wohnungsübergabestationen die benötigte Energie für WW und Raumwärme zur Verfügung gestellt.

Die Energie durch Wärmerückgewinnung aus dem Grauwasser (kurz „WRG-grau“) könnte grundsätzlich ebenfalls in den Speicher in den „kalten unteren Bereich“ eingebunden werden.

Aus energietechnischer Sicht sollte diese Energie (diese steht auf relativ niedrigem Temperatur-Niveau zur Verfügung und erreicht maximal 25 bis 30°C) jedoch unbedingt zur ausschließlichen Vorwärmung des Warmwassers genutzt werden.



Anmerkung: seit 1.1.2007 bestehen verschärfte hygienische Anforderungen an die Brauchwassererwärmung – somit ist die energetisch optimale Variante nicht direkt umsetzbar! (diese Hygienerichtlinien werden sehr stark forciert und schaden insgesamt sämtlichen alternativen Energieformen, die nur auf relativ niedrigem Temperaturniveau zur Verfügung stehen!)

Eine den Normen entsprechende energetisch optimierte Lösung kann somit nur durch einen zusätzlichen zweiten Heizkreislauf erreicht werden. In diesen zweiten Heizkreislauf wird die Energie aus dem Grauwasser eingespeist zu den einzelnen Wohnungen transportiert und in den Wohnungsübergabestationen über einen zusätzlichen Wärmetauscher zur Warmwasservorwärmung verwendet (siehe nachfolgendes Hydraulikschema).

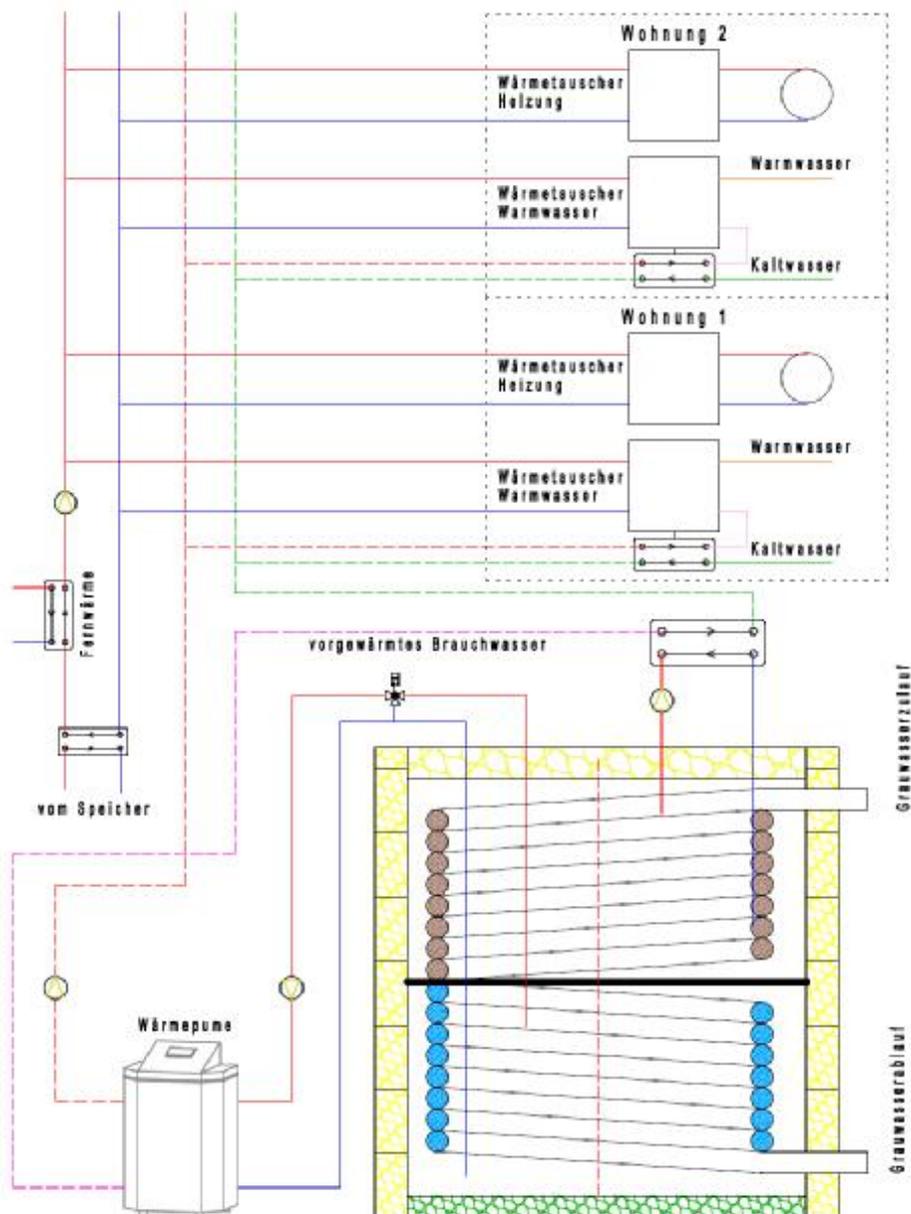


Bild3: Hydraulische Einbindung der Energie aus dem Grauwasser beim Projekt Harter Plateau V



## • Ergebnisüberblick für unterschiedliche Varianten:

Im folgenden Kapitel werden aus den zahlreichen untersuchten Varianten 4 geeignete Varianten ausgewählt um die wesentlichen Zusammenhänge herauszuarbeiten. Sämtliche Ausarbeitungen werden am Beispiel von Haus1 mit 77 WE mit insgesamt 5845 m<sup>2</sup> WNFL dargestellt.

Zuerst folgt die verbale Beschreibung der Varianten mit den wichtigsten Ergebnissen.

Eine Verdichtung der Daten erfolgt in Form von Ergebnistabellen – wobei die Kurzfassung im Text eingearbeitet ist und eine etwas umfangreichere Darstellung sich in der Anlage1 befindet.

Die Möglichkeit die energetischen Zusammenhänge der einzelnen Varianten im Quervergleich zu betrachten soll die Darstellung in Form der beigefügten Diagramme ermöglichen.

Ausgehend von einer rein fernwärmeversorgten Basis-Variante für das Haus1 würde ein Gesamtenergiebedarf von ca. 240.000 kWh/a vorliegen.

Variante 1: **nur Solar + FW**, d. h. 3m<sup>2</sup> Kollektorfläche pro Wohneinheit versorgen im Sommer das Warmwasser, können noch ca. 5-7 Wochen in die Heizperiode Energie aus dem Pufferspeicher in die schlechte Zeit retten und liefern zusätzlich im Winter einen geringen Beitrag zur WW- und Heizungsvorwärmung – alles was nicht solar gedeckt werden kann wird durch Fernwärme nachgeheizt.

Damit benötigt das Objekt nur mehr 64% an Energie gegenüber der Basisvariante, d.h. ca. 36% Energieeinsparung für die Heizungs- und Warmwasserversorgung – und führt damit zu einer ca. 26% Kosteneinsparung im Vergleich zur Fernwärme versorgten Basisvariante.

Variante 2: **nur WRG aus Grauwasser + FW**, d.h. die Energie aus dem Grauwasser wird das gesamte Jahr über zur Vorwärmung des Warmwasser genutzt, dabei kühlt das Grauwasser durch die direkte Wärmerückgewinnungsstufe (über den Plattenwärmetauscher) nur auf ca. 15 °C ab – mittels einer kleinen Wärmepumpe wird das 15grädige Grauwasser noch weiter entwärmt und zur weiteren Vorwärmung des Warmwassers (bzw. des zweiten Heizkreises zur Versorgung der einzelnen Wohnungen) verwendet. Der Nutzen ist das gesamte Jahr über ziemlich konstant.

Damit benötigt das Objekt ebenfalls nur mehr ca. 65% an Fernwärme-Energie gegenüber der Basisvariante und zusätzlich ca. 2% an Strom für die Wärmepumpe, d.h. ca. 33% Energieeinsparung für die Heizungs- und Warmwasserversorgung – und führt damit zu einer ca. 22% Kosteneinsparung im Vergleich zur Fernwärme versorgten Basisvariante.

Variante 3: **solar + WP in Speicher + FW**, wie Variante 1 jedoch wird mittels einer Wärmepumpe versucht das Temperaturniveau im unteren Bereich des Speichers zu „Entwärmen => damit entsteht ein kalter Bereich“ und in den oberen „warmen Bereich“ des Speichers einzuschichten, damit wird im Wesentlichen der Ertrag der Solaranlage massiv verbessert und dies bei relativ günstigen Jahresarbeitszahlen der WP.

Damit benötigt das Objekt ebenfalls nur mehr ca. 49% an Fernwärme-Energie gegenüber der Basisvariante und zusätzlich ca. 4% an Strom für die Wärmepumpe, d.h. ca. 47%



Energieeinsparung für die Heizungs- und Warmwasserversorgung – dies führt damit zu einer ca. 30% Kosteneinsparung im Vergleich zur Fernwärme versorgten Basisvariante.

Variante 4: **solar + WRG aus Grauwasser + WP in Speicher + FW**, diese Variante ist eine Kombination der Varianten 2 und 3 und entspricht der energetisch optimierten Variante.

Damit benötigt das Objekt nur mehr ca. 30% an Fernwärme-Energie gegenüber der Basisvariante und zusätzlich ca. 7% an Strom für die Wärmepumpe, d.h. ca. 63% Gesamteinsparung für die Heizungs- und Warmwasserversorgung – dies führt damit zu einer ca. 56% Kosteneinsparung im Vergleich zur Fernwärme versorgten Basisvariante.

**Anmerkung:**

- Die durchgeführten Untersuchungen/Simulationen beschränkten sich auf den ersten Bauabschnitt Harter Plateau V (Haus 1 mit 77 WE) – die Ergebnisse sind bei gleichen spezifischen Gebäudeheizlasten und annähernd gleicher Personenbelegung aus energetischer Sicht bei anderen Wohnobjekten identisch.
- Aus Gründen der direkten Vergleichbarkeit wurden die Variantengegenüberstellungen bei gleichbleibenden Parametern von Kollektorfläche (3m<sup>2</sup>/WE) und Speichervolumen (400 l/m<sup>2</sup>koll) durchgeführt. Für jede Variante wäre das spezifische Optimum zu ermitteln – bei reiner WRG-Nutzung aus dem Grauwasser (Variante 2) ist der Speicher stark überdimensioniert (ohne jedoch das Ergebnis merklich zu ändern!).

Die wesentlichen Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle kurz zusammengefasst (und in leicht erweiterter Form auch in der Anlage „Zusammenfassender Überblick der Jahresergebnisse ausgewählter Simulations-Varianten“ beigelegt).



Zusammenfassender Überblick der Jahresergebnisse ausgewählter Simulation-Varianten:

Objekt: GIWOG Harter Plateau V  
Basis:

Haus 1 77 WE  
3m<sup>2</sup> Sonnenkollektor / WE Südorientierung

Varianteanalyse - Grundlage für Förderüberlegungen

erstellt: 18.1.2008

| theoret. Gesamtenergiebedarf inkl. Verluste Verteilung                    | Q_solar_zapf_kW | Q_WW_WHrS_HWW_kW | P_FW_kW Fernwärme | Pel_WP_WHrS_kW Strom für WP | Q_gesamt kWh FW+Pel |
|---|-----------------|------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|
| Variante 4: Jahreswerte Solar + WHrS aus Brauwasser + WP im Speicher + FW | 271.210,81      | 108.687,27       | 11.275,38         | 16.801,84                   | 188.174,22          |
| 11,3%   | 407,84          |                  | 30%               |                             | 37%                 |
| Variante 3: Jahreswerte Solar + WP im Speicher + FW                       | 217.761,07      | 118.892,78       | 117.362,90        | 8.041,68                    | 126.094,07          |
| 10,3%   | 616,12          | 0,00             | 69%               |                             | 5,7%                |
| Variante 2: Jahreswerte nur WHrS aus Brauwasser + FW                      | 248.852,28      | 84.881,41        | 198.344,12        | 4.280,12                    | 180.814,88          |
| 10,3%   |                 |                  | 65%               |                             | 87%                 |
| Variante 1: Jahreswerte nur Solar + FW                                    | 285.947,98      | 112.629,38       | 159.104,29        | 0,00                        | 155.104,29          |
| 11,1%   | 407,82          | 0,00             | 54%               |                             | 64%                 |
| Jahreswerte nur FW  | 238.710,35      | -                | 238.710,35        | 0,00                        | 238.710,35          |
| 10,3%   | -               | 0,00             | 100%              |                             | 100%                |

Legende:

P\_Heiz\_kW  
Q\_BWW\_zapf kW  
Pel\_WP kW

Jahres-Raumwärmebedarf  
Jahres-NutzWarmwasserbedarf  
Jahresstrombedarf für WP zur Speichertemperaturerhebung  
zugeführte Wärmemenge aus dem Direkt-Wärmetauscher der WRG  
Nachheizenergie durch Fernwärme  
Jahresstrombedarf für WP zur indirekten WRG-Nutzung  
Gesamtenergiebedarf (elektrisch und Fernwärme)

Elektrische Energieverbräuche für WP  
Nachheizung mit FW  
Raumwärmebedarf  
Kollektoreinn. (am Kollektorausgang)  
Heizung Gesamt (FW + Pel WP)

Tabelle1: Zusammenfassender energetischer Überblick über ausgewählte Varianten beim Projekt Harter Plateau V, Haus1

Die gelb hinterlegten Felder in der Spalte P\_FW\_kW (Nachheizenergie aus Fernwärme) geben für die einzelnen Varianten wiederum den verbleibenden Energiebedarf für die Nachheizenergie durch Fernwärme an. **Dabei zeigt die Variante4 nur mehr 30%, d.h. 70% Energieeinsparung an Fernwärme.**

In der mattgelben Spalte von Qges =FW+Pel (d.h. benötigte Gesamtenergie für WW und Heizung) sind analog die absoluten und prozentuellen Gesamtenergiemengen der Einzelvarianten dargestellt. Die %-Angaben beziehen sich immer auf die mit Fernwärme versorgte Basisvariante (dies macht Sinn – (trotzdem für alle Zusatzvarianten ist der theoretische Gesamtenergieverbrauch gegenüber der Basisvariante erhöht ist) – da ja im Endeffekt nur die tatsächlich benötigte Energie entscheiden ist).

Die in der bereits erwähnten Beilage im Anhang gelb hinterlegten Felder in der Spalte von Q\_BWW\_zapf\_kW (Jahresnutzenenergiebedarf für Warmwasser) geben für die einzelnen Varianten den verbleibenden Energiebedarf für das Brauch-Warm-Wasser an.

In den nachfolgenden Diagrammen sind für die Einzelvarianten noch die Monatsbilanzen dargestellt – um die Detailunterschiede besser einsehen zu können. Deutlich zu erkennen ist dabei die Reduktion der FW-Nachheizleistungen einerseits aber auch die Dauer der FW-Heizleistung andererseits.



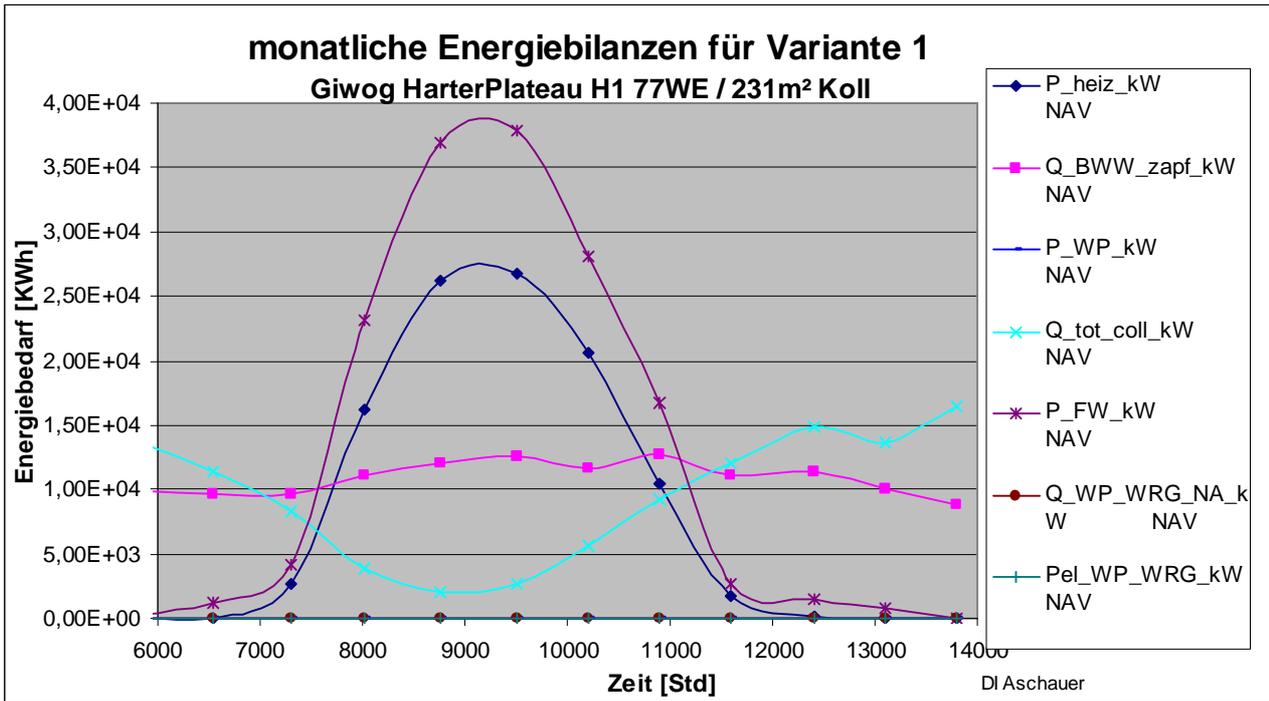


Diagramm1: Jahreszeitlicher Energiebedarf für Variante1 beim Projekt Harter Plateau V, Haus1

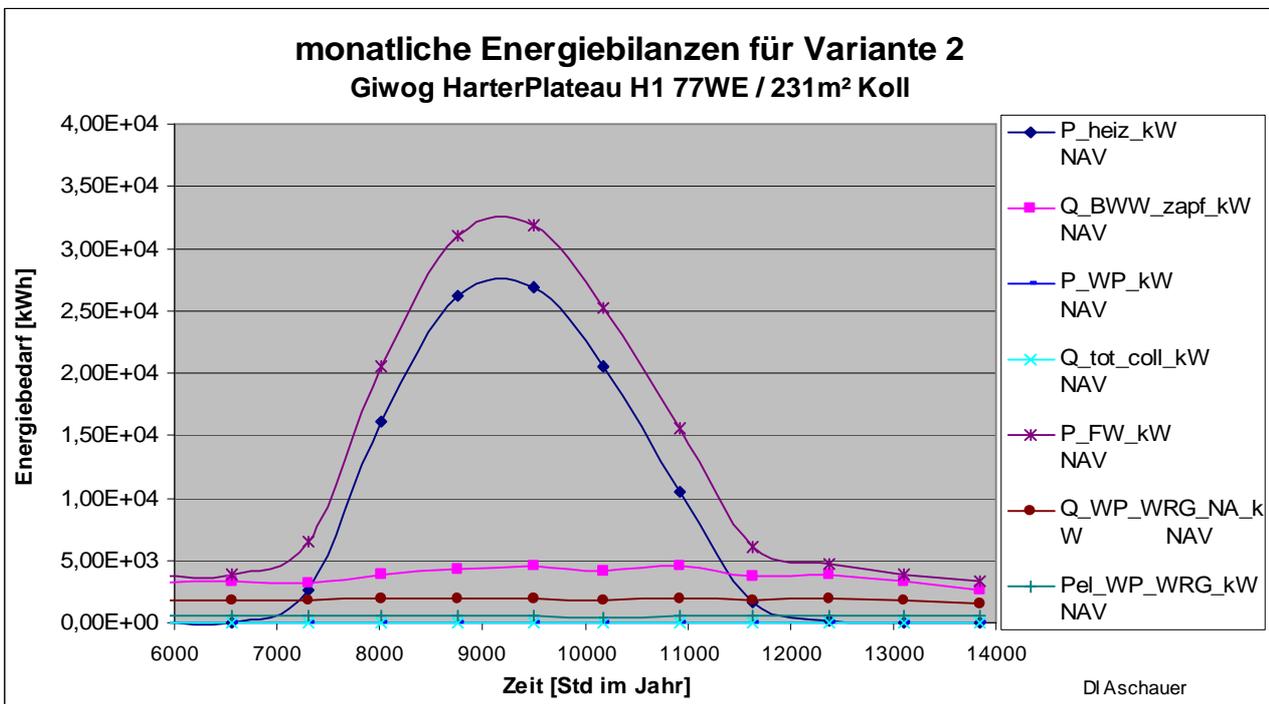


Diagramm2: Jahreszeitlicher Energiebedarf für Variante2 beim Projekt Harter Plateau V, Haus1



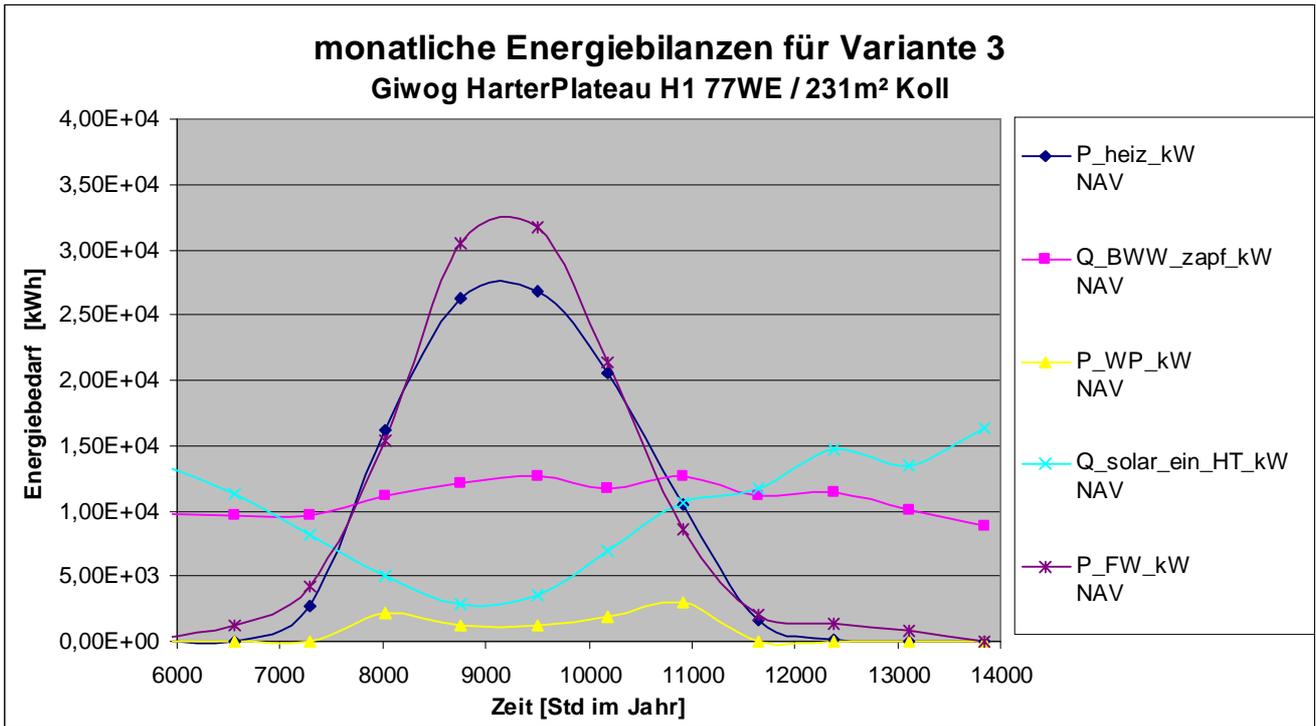


Diagramm3: Jahreszeitlicher Energiebedarf für Variante3 beim Projekt Harter Plateau V, Haus1

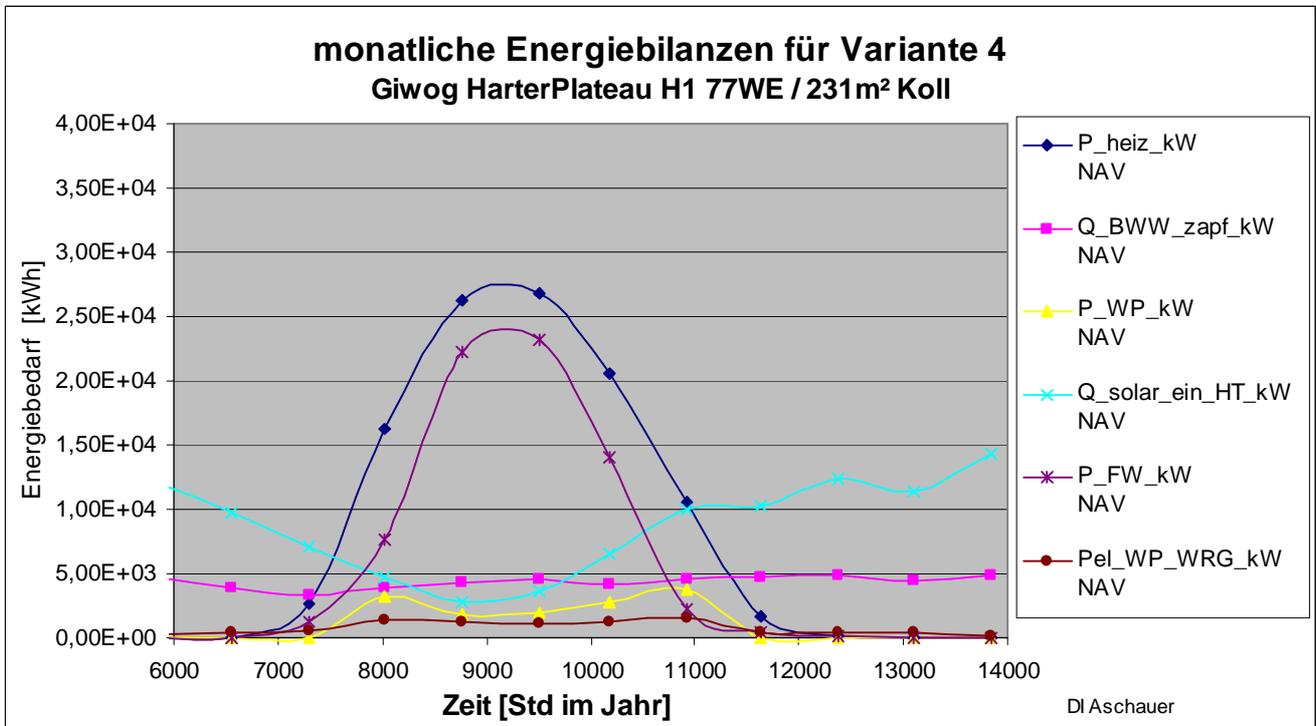


Diagramm4: Jahreszeitlicher Energiebedarf für Variante4 beim Projekt Harter Plateau V, Haus1



## Energiekosten bzw. -einsparung gegenüber Basisvariante:

In den nachfolgenden Tabellen 2 und 3 ist ein knapper Überblick über die Kosten, die Kosteneinsparung, den Gesamtenergiebedarf sowie dessen Aufschlüsselung in Fernwärme und Strom für die WP's beigefügt.

Eine erweiterte Tabelle zu den Kosten und Grunddaten finden Sie im Anlage 4. Darin wurde versucht sowohl die Absolutkosten als auch die Einsparungen gegenüber der Basisvariante aufzulisten.

Die Hauptaussage dabei, dass die Kosten von ca. 36 Cent/m<sup>2</sup>.Monat für die Basisvariante auf ca. 16 Cent/m<sup>2</sup>.Monat gesenkt werden können.

Ebenfalls erkennbar, dass sich die Tarifpolitik sehr stark auf den Gesamterfolg von Maßnahmen auswirkt – so z.B.

- dass die Verschiebung zu höheren Grundpreisen und zu niedrigeren Arbeitspreisen den Energiesparerfolg stark behindern kann oder auch
- dass Mess- und Abrechnungspreise für energieoptimierte Objekte nicht mehr zu argumentieren sind



**Energiekosten im Überblick für die ausgewählten Simulations-Varianten:**

Objekt: GIWOG Harter P Basis:

Haus 1

Variantenanalyse - Grundlage für Förderüberlegungen

77,00 WE  
 3m² Sonnenkollektor / WE südorientierung  
 5.845,00 m² WNFL

| Gesamtenergiebedarf<br>inkl. Verluste Verteilung<br>[kWh/a]                     | davon Strom<br>für WP gesamt<br>[kWh/a] | Fernwärme<br>[kWh/a] |  | Gesamtkosten<br>für Haus 1<br>[€/a] | Einsparung<br>%<br>[-] | Kosten<br>pro WE/Jahr<br>[€/WE.a] | Kosten<br>pro m² / Monat<br>[€ / m².Mon] |
|---|---|----------------------|--|-------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|--|
| <b>Variante 4: Jahreswerte Solar + WRG-aus Grauwasser + WP im Speicher + FW</b> |   |                      |  |                                     |                        |                                   |  |
| 271.299,59  | 16.901,84                               | 71.275,38            |  | 11.286,39                           | 56%                    | 146,58                            | 0,16                                     |
| 113%  |   | 30%                  |  |                                     |                        |                                   |  |
| <b>Variante 3: Jahreswerte Solar + WP im Speicher + FW</b>                      |   |                      |  |                                     |                        |                                   |  |
| 247.761,47  | 9.641,58                                | 117.352,50           |  | 17.878,33                           | 30%                    | 232,19                            | 0,25                                     |
| 103%  |   | 49%                  |  |                                     |                        |                                   |  |
| <b>Variante 2: Jahreswerte nur WRG aus Grauwasser + FW</b>                      |   |                      |  |                                     |                        |                                   |  |
| 245.852,39  | 4.250,72                                | 156.344,17           |  | 19.925,25                           | 22%                    | 258,77                            | 0,28                                     |
| 103%  |   | 65%                  |  |                                     |                        |                                   |  |
| <b>Variante 1: Jahreswerte nur Solar + FW</b>                                   |   |                      |  |                                     |                        |                                   |  |
| 265.947,96  | -                                       | 153.184,29           |  | 18.962,47                           | 26%                    | 246,27                            | 0,27                                     |
| 111%  |   | 64%                  |  |                                     |                        |                                   |  |
| <b>Jahreswerte nur FW</b>   |   |                      |  |                                     |                        |                                   |  |
| 239.710,35  | -                                       | 239.710,35           |  | 25.538,45                           | 0%                     | 331,67                            | 0,36                                     |
| 100%  |   | 100%                 |  |                                     |                        |                                   |  |

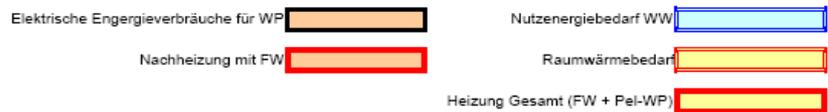


Tabelle2: Energiekosten im Überblick beim Projekt Harter Plateau V, Haus 1



**Energiekosten im Überblick für die ausgewählten Simulations-Varianten:**

Objekt: GIWOG Harter P Basis: Gesamtanlage 209,00 WE Variantenanalyse - Grundlage für Förderüberlegungen  
 3m² Sonnenkollektor / WE südorientierung 15.047,54 m² WNFL

| Gesamtenergiebedarf<br>inkl. Verluste Verteilung<br>[kWh/a]                     | davon Strom<br>für WP gesamt<br>[kWh/a] | Fernwärme<br>[kWh/a] | Gesamtkosten<br>für Haus 1<br>[€/a] | Einsparung<br>%<br>[-] | Kosten<br>pro WE/Jahr<br>[€/WE.a] | Kosten<br>pro m² / Monat<br>[€/m².Mon] |
|---|---|----------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|--|
| <b>Variante 4: Jahreswerte Solar + WRG aus Grauwasser + WP im Speicher + FW</b> |   |                      |                                     |                        |                                   |  |
| 671.959,60  | 45.876,41                               | 193.461,75           | 30.215,45                           | 56%                    | 144,57                            | 0,17                                   |
| 105%  |   | 30%                  |                                     |                        |                                   |  |
| <b>Variante 3: Jahreswerte Solar + WP im Speicher + FW</b>                      |   |                      |                                     |                        |                                   |  |
| 648.421,47  | 26.170,00                               | 318.528,21           | 48.107,85                           | 29%                    | 230,18                            | 0,27                                   |
| 101%  |   | 50%                  |                                     |                        |                                   |  |
| <b>Variante 2: Jahreswerte nur WRG aus Grauwasser + FW</b>                      |   |                      |                                     |                        |                                   |  |
| 646.512,39  | 11.537,67                               | 424.362,76           | 53.663,78                           | 21%                    | 256,76                            | 0,30                                   |
| 101%  |   | 86%                  |                                     |                        |                                   |  |
| <b>Variante 1: Jahreswerte nur Solar + FW</b>                                   |   |                      |                                     |                        |                                   |  |
| 666.607,96  | -                                       | 415.785,92           | 51.050,54                           | 25%                    | 244,26                            | 0,28                                   |
| 104%  |   | 85%                  |                                     |                        |                                   |  |
| <b>Jahreswerte nur FW</b>   |   |                      |                                     |                        |                                   |  |
| 640.370,36  | -                                       | 640.370,36           | 68.118,96                           | 0%                     | 325,93                            | 0,38                                   |
| 100%  |   | 100%                 |                                     |                        |                                   |  |

Elektrische Energieverbräuche für WP  Nutzenergiebedarf WW

Nachheizung mit FW  Raumwärmebedarf

Heizung Gesamt (FW + Pel-WP)

Tabelle3: Energiekosten im Überblick beim Gesamt-Projekt Harter Plateau V

**Resümee aus den Simulationsberechnungen:**

Die wichtigsten Voraussetzungen für die erfolgreiche Nutzung von WRG aus Grauwasser und für Solarenergieeinsatz:

- Reduktion des Heizwärmebedarfs des Gebäudes (< 10 W/m²K)
- Geringe Heizungsvorlauf- bzw. Rücklauftemperaturen
- Erzielung eines hohen Temperaturniveaus des Grauwassers für direkte WRG (gute Dämmung der Abfluss- und Sammelleitungen, kurze Leitungsführung und wenig Kaltwasserzugabe zum Grauwasser)
- Einsatz bzw. Entwicklung von Geräten mit hohen WRG-Graden aus dem Grauwasser (>70 bis 80%)



- .....neben den allgemeinen Anforderungen für Solarenergienutzung .....



## Quintessenz:

- Die effektivste und kostengünstigste Maßnahme bei Neubauten ist die gezielte Integration von WRG Anlagen inklusive Erhöhung der WRG aus dem Grauwasser, da diese Möglichkeit über das gesamte Jahr annähernd gleich gut wirkt
- Die Diskussion über die zusätzliche Abkühlung des Grau- bzw. generell Abwassers mittels WP ist intensiv zu führen und im Konnex Tarifpolitik, Stromeinsatz für WP sowie WP-Technologie mit möglichen Jahresarbeitszahlen einerseits als auch Abwasserbelastung, Biologie, Regeneration bis zum öffentlichen Kanal andererseits zu führen.
- Die Möglichkeit von „autarken“ Lösungen mit WP-Einsatz sollte unter günstigen Bedingungen durchaus machbar sein.
- Bei Installation von Solaranlagen kann bei Einsatz von kostengünstiger Speichertechnologie mittels Wärmepumpen eine wesentliche Effizienzsteigerung bei relativ geringen Kosten erreicht werden.
- Sämtliche Maßnahmen die die Spitzen im Winter reduzieren sind zu bevorzugen (vor allem die Heizlastreduktion!!) und können durch andere aktive Maßnahmen nicht mehr vernünftig wettgemacht werden!



# Anlagen A:

Anlage1: erweiterter Zusammenfassender Überblick der Jahresergebnisse ausgewählter Simulationsvarianten für Haus1



### Zusammenfassender Überblick der Jahresergebnisse ausgewählter Simulation-Varianten:

Objekt: GIWOG Harter Plateau V  
Basis:

Haus 1 77 WE  
3m<sup>2</sup> Sonnenkollektor / WE südorientierung

Variantenanalyse - Grundlage für Förderüberlegungen

erstellt: Di J. Aschauer

| P_Bezirk_WW<br>Raumwärme   | Q_BWHL_zufl_WW<br>Wärmeverlust | Beheizt. Gesamtenergiebedarf<br>inkl. Verluste V erheißung | Pe_WW_WW<br>Strom für WP Speicher | Q_solar_ein_WW       | Q_WT_WRG_BWHL_WW | P_FH_WW<br>Fernwärme | Pe_WW_WRG_WW<br>Strom für WP WRG | Q_gesamt_WW<br>FW+Pe |
|--|--------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| Variable 1: Jahreswerte Solar + WRG aus Grauwasser + WP im Speicher + FW | 52.550,34<br>41%               | 271.299,59<br>113%   | 13.374,16                         | 105.692,27<br>457,54 |                  | 71.275,38<br>3%      | 3.527,66                         | 88.177,22<br>37%     |
| Variable 2: Jahreswerte Solar + WP im Speicher + FW                      | 130.925,72<br>102%             | 247.791,47<br>90%  | 9.641,06                          | 118.962,78<br>515,12 | 0,00             | 117.362,00<br>4%     | 0,00                             | 126.994,07<br>51%    |
| Variable 3: Jahreswerte nur WRG aus Grauwasser + FW                      | 44.737,30<br>30%               | 245.357,39<br>90%  | 0,00                              | -                    | 64.881,41        | 156.344,17<br>65%    | 4.260,72                         | 160.604,89<br>67%    |
| Variable 4: Jahreswerte nur Solar + FW                                   | 130.868,60<br>102%             | 265.947,96<br>111%   | 0,00                              | 112.699,36<br>467,62 | 0,00             | 153.184,29<br>64%    | 0,00                             | 163.384,29<br>64%    |
| Jahreswerte nur FW   | 128.868,30<br>100%             | 239.740,35<br>90%  | 0,00                              | -                    | 0,00             | 236.710,35<br>100%   | 0,00                             | 236.710,35<br>100%   |

**Legende:**  
P\_Bezirk\_WW: Jahres-Raumwärmebedarf  
Q\_BWHL\_zufl\_WW: Jahres-Netz-Wärmeverlustbedarf  
Pe\_WW\_WW: Jahresenergiebedarf für WP zur Speicher-temperaturerhöhung  
Q\_solar\_ein\_WW: Jahreskollektorleistung am Kollektoranfang  
Q\_WT\_WRG\_BWHL\_WW: eingetragene Wärmemenge auf "hochtem" Speicheranfang  
P\_FH\_WW: entgegengesetzte Wärmemenge auf "niedertem" Speicheranfang  
Q\_WW\_OA\_WW: zugeführte Wärmemenge aus dem Dreifach-Wärmetauscher der WRG  
P\_WW\_WRG\_WW: Nachheizenergie durch Fernwärme  
Q\_gesamt\_WW: Jahresenergiebedarf für WP zur incl. des WRG-Nutzens (elektrisch und Fernwärme)

20.11.2007



Anlage1': erweiterter Zusammenfassender Überblick der Jahresergeb. ausgewählter Simulationsvarianten für Gesamtanlage



### Zusammenfassender Überblick der Jahresergebnisse ausgewählter Simulation-Varianten:

Objekt: GWOG Harter Plateau V  
Basis:

Gesamtanlage 200 WE  
3 m² Sonnenkollektor / WE stüdtorientierung

Variantenanalyse - Grundlage für Förderüberlegungen

erstellt: Cl.J. Aschauer

| IP Heiz_WW<br>Raumwärme   | Q_BWV_zapf_WW<br>Warmwasser | Q_BWV_zapf_WW<br>Warmwasser | Beheizt, Gesamtenergiebedarf<br>inkl. Verluste Verteilung | PeL_WP_WW<br>Strom für WP Speicher | Q_solar_eis_kW | Q_WT_WRG_BWV_WW | P_FW_KW<br>Fernwärme | PeL_WP_WRG_WW<br>Strom für WP WRG | Q_gesamt kWth<br>FW+PeL |
|---|-----------------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|----------------|-----------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Variable 4: Jahreswärde Solar + WRG aus Gaskessel + WP im Speicher + FW | 142.753,36                  | 67.139,40                   | 103%  | 36.301,34                          | 206.879,02     | 188.858,56      | 158.461,75           | 9.575,08                          | 239.338,17              |
|   | 4%                          |                             |   |                                    | 47,54          |                 | 3%                   |                                   | 37%                     |
| Variable 3: Jahreswärde Solar + WP im Speicher + FW                     | 355.369,82                  | 648.421,47                  | 91%   | 26.170,00                          | 322.980,40     | 0,00            | 338.526,21           | 0,00                              | 344.893,20              |
|   | 10,2%                       |                             |   |                                    | 515,12         |                 | 50%                  |                                   | 54%                     |
| Variable 2: Jahreswärde mit WRG aus Gaskessel + FW                      | 121.428,28                  | 646.512,38                  | 91%   | 0,00                               | -              | 176.106,67      | 424.362,76           | 11.537,67                         | 435.900,43              |
|   | 3,0%                        |                             |   |                                    |                |                 | 60%                  |                                   | 60%                     |
| Variable 1: Jahreswärde mit Solar + FW                                  | 355.274,56                  | 668.607,96                  | 94%   | 0,00                               | 305.795,42     | 0,00            | 415.785,92           | 0,00                              | 475.783,32              |
|   | 10,2%                       |                             |   |                                    | 487,62         |                 | 65%                  |                                   | 65%                     |
| Jahreswärde mit FW  | 345.771,86                  | 640.370,36                  | 90%   | 0,00                               | -              | 0,00            | 640.370,36           | 0,00                              | 640.370,36              |
|   | 10,0%                       |                             |   |                                    |                |                 | 100%                 |                                   | 100%                    |

Legende:

- P\_Heiz\_WW
- Q\_BWV\_zapf\_WW
- PeL\_WP\_WW
- Q\_tot\_lost\_kW
- Q\_WP\_NA\_WW
- Q\_WP\_OA\_WW
- Q\_WT\_WRG\_BWV\_WW
- P\_FW\_KW
- PeL\_WP\_WRG\_WW
- Q\_gesamt kWth

- Jahres-Raumwärmebedarf
- Jahres-Netz-Wärmeenergiebedarf
- Jahres-Energiebedarf für WP zur Speicher-temperaturerhöhung

- Elektrische Energieverbräuche für WP
- Nachheizung mit FW

Jahreswerte

Gesamtanlage HPV

21.11.2007



Energiekosten im Überblick für die ausgewählten Simulations-Varianten:

Objekt: GIVOG Harter Pl Basis:

|  |                 |
|--|-----------------|
| Haus 1                                   | 77,00 WE        |
| 3m² Sonnenkollektor / WE südorientierung | 5,045,00 m² WNF |

Variationsanalyse - Grundlage für Förderüberlegungen

| Gesamtwärmebedarf<br>inkl. Verluste Verteilung                           | Übriger Strom<br>für WP gesamt | Fernwärme<br>[kWh] | Wärmepumpe<br>Strom | Fernwärme<br>Märzpreis<br>€/MWh | [MWh]<br>Grunderpreis<br>€/MWh | Heizung<br>Mess-/Abrech<br>€/MWh | WW<br>Mess-/Abrech<br>€/MWh | Gesamtwärme<br>für Haus 1 | Einsparung<br>% | Kosten<br>pro WE/Jahr | Kosten<br>pro m² /Monat |
|--|--------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
|  |                                |                    |                     |                                 |                                |                                  |                             | [kWh]                     | [ ]             | [€/MWh]               | [€/m²/Monat]            |
| Variante 4: Jahreswerte Solar + WRG aus Grauwasser + WP im Speicher + FW |                                |                    |                     |                                 |                                |                                  |                             |                           |                 |                       |                         |
| 271.299,59<br>1,9%   | 16.904,84                      | 71.276,38<br>30%   | 2.879,31            | 3.756,21                        | 4.696,86                       |                                  |                             | 11.286,39                 | 96%             | 146,59                | 0,16                    |
| Variante 3: Jahreswerte Solar + WP im Speicher + FW                      |                                |                    |                     |                                 |                                |                                  |                             |                           |                 |                       |                         |
| 287.276,147<br>1,05%   | 9.641,98                       | 117.392,90<br>49%  | 1.639,07            | 6.184,48                        | 5.730,46                       | 3357,2                           | 967,12                      | 17.878,33                 | 30%             | 232,49                | 0,25                    |
| Variante 2: Jahreswerte mit WRG aus Grauwasser + FW                      |                                |                    |                     |                                 |                                |                                  |                             |                           |                 |                       |                         |
| 245.852,39<br>1,05%  | 4.350,72                       | 166.346,17<br>65%  | 722,62              | 8.238,34                        | 6.638,97                       | 3357,2                           | 967,12                      | 19.925,25                 | 22%             | 269,77                | 0,28                    |
| Variante 1: Jahreswerte mit Solar + FW                                   |                                |                    |                     |                                 |                                |                                  |                             |                           |                 |                       |                         |
| 265.947,96<br>1,11%  | -                              | 153.184,29<br>64%  | -                   | 8.072,81                        | 6.595,34                       | 3357,2                           | 967,12                      | 18.962,47                 | 26%             | 246,27                | 0,27                    |
| Jahreswerte nur FW   |                                |                    |                     |                                 |                                |                                  |                             |                           |                 |                       |                         |
| 299.710,35<br>1,01%  | -                              | 239.790,35<br>90%  | -                   | 12.632,74                       | 8.581,40                       | 3357,2                           | 967,12                      | 25.538,45                 | 0%              | 331,67                | 0,36                    |

Elektrische Energieverbräuche für WP  
Nachheizung mit FW

Nutzenergiebedarf WW  
Raumwärmebedarf  
Heizung Gesamt (FW + Pel-WP)

Jahresenergiekosten

Gesamtbilanz

20.11.2007



### Energiekosten im Überblick für die ausgewählten Simulations-Varianten:

Objekt: GWWG Harter Pl. Basis:

Gesamtanlage: **309,00** WE  
 3m<sup>2</sup> Sonnenkollektor / WE solarorientierung: **15.047,54** m<sup>2</sup> MWFL

Variantenanalyse - Grundlage für Förderüberlegungen

| Gesamtleistung<br>inkl. Verluste Verteilung<br>[kWh/a]                      | deklar. Strom<br>für WP-gesamt<br>[kWh/a] | Fernwärme<br>[kWh/a] | Wärmepumpe<br>[kWh/a] | Heizung<br>[kWh/a] | WW<br>[kWh/a]  | Gesamtkosten<br>für Haus 1<br>[kWh] | Einsparung<br>%<br>[-] | Kosten<br>pro WE/Jahr<br>[kWh/a] | Kosten<br>pro m <sup>2</sup> /Monat<br>[€/m <sup>2</sup> /Mon.] |
|---|---|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------------------|---|
| Variante 4: Jahreswerte Solar + WP-Gesamt-Gesamtwärme + WP im Speicher + PV |   |                      |                       |                    |                |                                     |                        |                                  |   |
| 671.660,80<br>100%  | 46.876,41<br>100%                         | 193.461,76<br>310%   | 7.798,90<br>100%      | 10.196,43<br>100%  | 43,6<br>100%   | 30.210,45                           | 6%                     | 144,07                           | 0,17  |
| Variante 3: Jahreswerte Solar + WP im Speicher + PV                         |   |                      |                       |                    |                |                                     |                        |                                  |   |
| 648.621,47<br>100%  | 36.170,00<br>100%                         | 318.639,21<br>160%   | 4.448,90<br>100%      | 16.796,44<br>100%  | 9112,4<br>100% | 48.107,85                           | 29%                    | 230,19                           | 0,27  |
| Variante 2: Jahreswerte nur WPSG aus Gesamtwärme + PV                       |   |                      |                       |                    |                |                                     |                        |                                  |   |
| 646.919,30<br>100%  | 31.537,67<br>100%                         | 424.362,76<br>210%   | 1.961,40<br>100%      | 17.001,02<br>100%  | 9112,4<br>100% | 63.663,70                           | 21%                    | 266,76                           | 0,30  |
| Variante 1: Jahreswerte nur Solar + PV                                      |   |                      |                       |                    |                |                                     |                        |                                  |   |
| 666.007,96<br>100%  | -   | 418.788,92<br>100%   | -                     | 21.911,92<br>100%  | 9112,4<br>100% | 61.060,64                           | 26%                    | 244,36                           | 0,28  |
| Jahreswerte nur PV  |   |                      |                       |                    |                |                                     |                        |                                  |   |
| 640.370,36<br>100%  | -   | 640.370,36<br>100%   | -                     | 33.747,92<br>100%  | 9112,4<br>100% | 68.118,96                           | 0%                     | 325,93                           | 0,38  |

Elektrische Energieverbräuche für WP: **Nachheizung mit PV**  
 Nutzungseffizienz WW: **Nachheizung mit PV**  
 Raumwärmebedarf: **Nachheizung mit PV**  
 Heizung Gesamt (FW + Pk-WP): **Nachheizung mit PV**

**Legende:**

- P: Heiz. kW
- Q: B. WW, Heiz. kW
- Pa: L. WP, kW
- P: PV, kW
- Pa: L. WP, WP-G, kW
- Jahres-Raumwärmebedarf
- Jahres-Heizwärmebedarf
- Jahres-Heizenergiebedarf für WP zur Speicher-temperaturerhöhung
- Max. Heizenergie durch Fernwärme
- Jahres-Heizenergiebedarf für WP zur Indirekten WP-G-Nutzung

Jahresenergiekosten

Übersicht - Gesamtanlage

21.11.2007

## Anlagen B:

Wie bereits angedeutet ist eine zentrale Kaltwasser-Vorwärmung über 20 °C lt. den neuen ÖNORMEN aus hygienischen Gründen nicht mehr problemlos umsetzbar.

Deshalb wurde versucht, die Ergebnisse in Abhängigkeit von verschiedenen Hydraulikkonzepten darzustellen (siehe Anlage4: „Überblick - Auswirkungen von verschiedenen Hydraulikkonzepten auf den Energiebedarf“).

Die als Optimalvariante bezeichnete Lösung entspricht dabei der früheren Bezeichnung „Variante 4“ also die komplette Einbindung der Energie aus dem Grauwasser in die zentrale Warmwasservorwärmung – bevor die endgültige Nachwärmung in den Wohnungsübergabestationen passiert. Diese Lösung ist wie bereits ausgeführt seit 1.1.2007 nicht mehr ohne regelmäßige Überwachung ausführbar – obwohl diese die beste energetische Lösung darstellen würde. D. h. es wäre nur mehr 30% an Energie gegenüber der Basisvariante mit „Nur Fernwärmeversorgung“ bereitzustellen.

Zum Vergleich die als „energetische worst case Variante“ bezeichnete Lösung bedeutet: die gesamte Energie aus dem Grauwasser wird im Pufferspeicher eingelagert. Auf Grund des hohen Temperaturniveaus im Pufferspeicher kann eine direkte Einbindung in den Pufferspeicher kaum mehr erfolgen – der Großteil kann nur mit Hilfe einer Wärmepumpe eingespeichert werden. Die Ergebnisse sind eher dürftig. Dies liegt wesentlich auch daran, dass dabei Speichervolumen unnötig „belegt“ wird. Diese Lösung wäre aus hygienischer Sicht einwandfrei. Es wäre damit sofort um 12% mehr an Energiebereitstellung gegenüber der Optimalvariante nötig.

Eine weitere untersuchte Lösung mit der Bezeichnung „Kosten/Nutzen optimierte Variante“ – die ebenfalls hygienisch zulässig ist und bereits sehr nahe an die Optimalvariante herankommt. Siehe hierzu das Hydraulikschema „Kaltwasserdirektvorwärmung ohne Zirkulation“ (Anlage3). Dabei wird nur jene Wärmemenge als zentrale Warmwasservorwärmung verwendet die eine maximale Temperaturerhöhung von 20 °C nicht überschreitet. Der Rest wird mittels einer Wärmepumpe zur Rücklaufanhebung des Heizungskreislaufs genutzt. Damit wird das Pufferspeichervolumen nicht unnötig strapaziert. Damit brauchen nur mehr 43% an Energie gegenüber der Basisvariante bereitgestellt werden. Dieses Konzept sollte allerdings immer objektspezifisch betrachtet werden um nicht bei ungünstigen Objektgeometrien größere Einbussen zu erleiden und könnte sich in Zukunft als eine Kosten/Nutzen optimierte Variante herauskristallisieren.

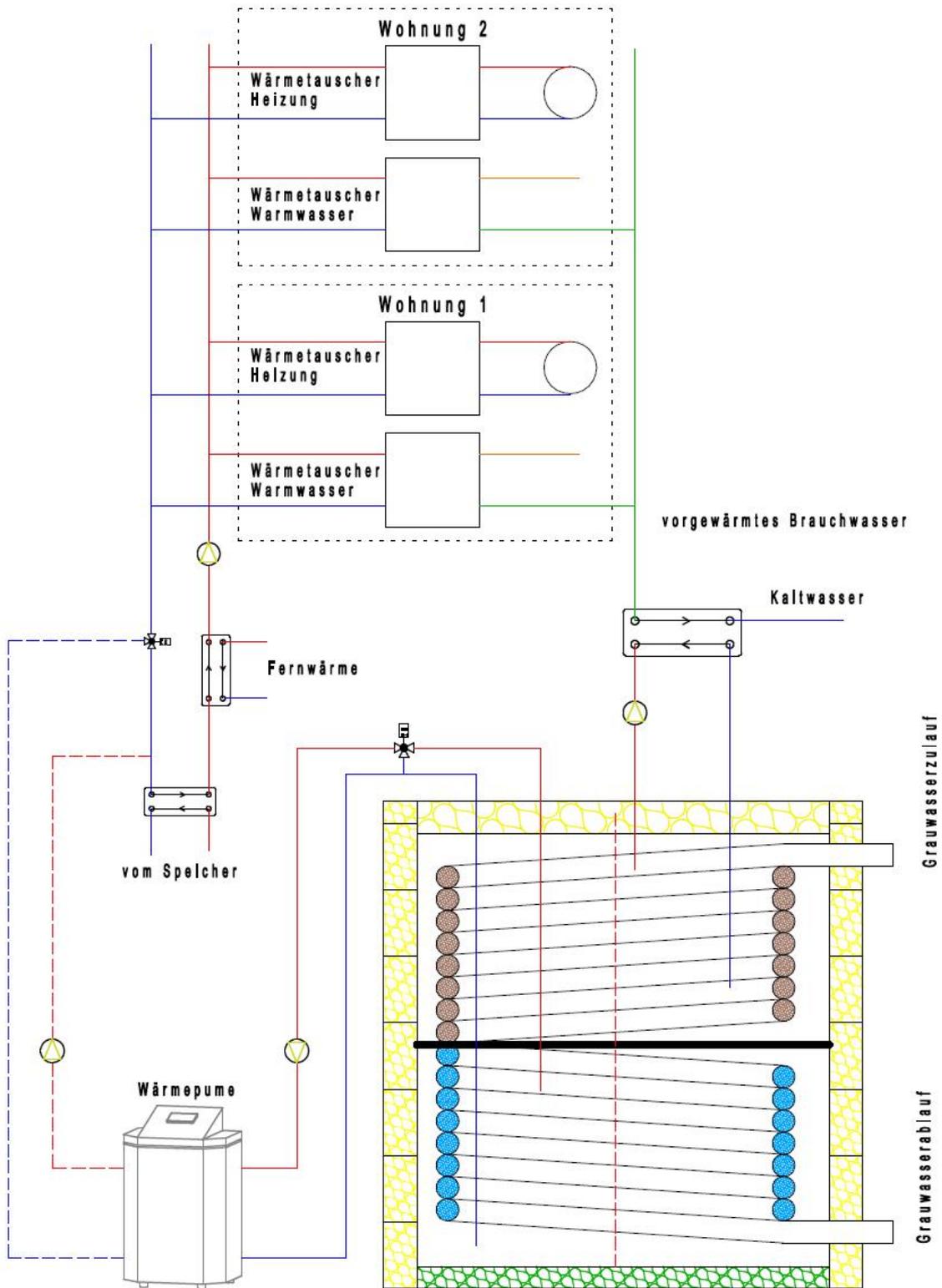
Ganz nahe an die (nicht mehr den Hygieneanforderungen entsprechende) Optimalvariante kommt die so genannte „energetisch optimierte Önorm-taugliche Lösung“ heran- diese Lösung entspricht auch der ausgeführten Varianten beim Harter Plateau V. Dabei wird ein 2. Heizkreislauf vorgesehen, der erst in den jeweiligen Wohnungsübergabestationen die Vorwärmung durchführt und somit Normenkonform ist. Siehe hierzu auch das Hydraulikschema mit der Bezeichnung Bild3 im Hauptteil „Hydraulikschema Kaltwasser direkt und WRG in Heizungsrücklauf bzw. Kaltwasserdirektvorwärmung ohne Zirkulation“.



Dies bedeutet allerdings, dass alle Wohnungsübergabestationen mit einem zusätzlichen Wärmetauscher ausgerüstet werden müssen.



# KALTWASSER DIREKTVORWÄRMUNG OHNE ZIRKULATION



Anlage3: Hydraulikschema Kaltwasserdirekt und WRG in Heizungsrücklauf



# Überblick für ausgewählte Hydraulikvarianten:

Objekt: GIMOG Harter Platzau V

Haus 1 77 WE

Basis:

3mf Sommerkollektor / WE • Süd orientierung

Variantenanalyse - Grundlage für Förderüberlegung en

erstellt: Di J. Aschauer

| Optimalvariante = Variante 4 = Legionellenrisiko II, Neuer ONORM: Solar + WRG aus Grauwasser: kompakt zur Vorwärmung der Kaltwasserzuleitung + WP im Speicher + FW                         |               | Q gesamt kWh                 |            | bezogen auf                  |        |
|--|---------------|------------------------------|------------|------------------------------|--------|
| P_heiz_kW  | Q_BMW_zapf_kW | theoret. Gesamtenergiebedarf | FW+Pel     | theoret. Gesamtenergiebedarf | FW+Pel |
| 104.855,02   | 52.593,34     | inkl. Verluste Verteilung    | 88.177,22  | 38%                          | 57%    |
|  | 271.299,89    | inkl. Verluste Verteilung    |            |                              |        |
|  | 13.374,19     | Q_solar_ein_kW               | 71.275,38  | 30%                          |        |
|  | 106.692,27    | Q_WT_WRG_BMW_WW P_FW_WW      | 3.527,66   |                              |        |
|  | 457,54        | Q_WT_WRG_BMW_WW P_FW_WW      |            |                              |        |
| energetische Variante Case Variante 2 ohne Legionellenrisiko II, Neuer ONORM: Solar + WRG aus Grauwasser: kompakt einbaufähig in den Pufferbehälter + WP im Speicher + FW                  |               |                              |            |                              |        |
| P_heiz_kW  | Q_BMW_zapf_kW | theoret. Gesamtenergiebedarf | FW+Pel     | theoret. Gesamtenergiebedarf | FW+Pel |
| 104.855,02   | 128.868,32    | inkl. Verluste Verteilung    | 141.442,48 | 95%                          | 94%    |
|  | 292.077,75    | inkl. Verluste Verteilung    |            |                              |        |
|  | 7.837,43      | Q_solar_ein_kW               | 133.283,00 | 95%                          |        |
|  | 99.532,00     | Q_WT_WRG_BMW_WW P_FW_WW      | 322,00     |                              |        |
|  | 430,87        | Q_WT_WRG_BMW_WW P_FW_WW      |            |                              |        |
| Kosten/Nutzen-optimierte Variante: Solar + WRG aus Grauwasser: Direktzuführung zur Vorwärmung des KW und Indikatoren mit WP zur Anhebung des Rücklaufs vom Heizkreis + WP im Speicher + FW |               |                              |            |                              |        |
| P_heiz_kW  | Q_BMW_zapf_kW | theoret. Gesamtenergiebedarf | FW+Pel     | theoret. Gesamtenergiebedarf | FW+Pel |
| 104.855,02   | 91.136,86     | inkl. Verluste Verteilung    | 102.845,00 | 49%                          | 38%    |
|  | 271.926,00    | inkl. Verluste Verteilung    |            |                              |        |
|  | 11.911,26     | Q_solar_ein_kW               | 88.522,99  | 37%                          |        |
|  | 110.656,00    | Q_WT_WRG_BMW_WW P_FW_WW      | 2.410,75   |                              |        |
|  | 479,04        | Q_WT_WRG_BMW_WW P_FW_WW      |            |                              |        |
| energetisch optimierte ONORM-zulässige Variante: Solar + WRG aus Grauwasser: Kompaktbauweise in zweifachen Heizkreis (Vordurchfluss für KW + WP im Speicher + FW)                          |               |                              |            |                              |        |
| P_heiz_kW  | Q_BMW_zapf_kW | theoret. Gesamtenergiebedarf | FW+Pel     | theoret. Gesamtenergiebedarf | FW+Pel |
| 105.000,00   | 64.859,16     | inkl. Verluste Verteilung    | 95.665,00  | 47%                          | 39%    |
|  | 298.377,00    | inkl. Verluste Verteilung    |            |                              |        |
|  | 12.692,26     | Q_solar_ein_kW               | 78.973,81  | 33%                          |        |
|  | 107.943,00    | Q_WT_WRG_BMW_WW P_FW_WW      | 4.038,93   |                              |        |
|  | 467,28        | Q_WT_WRG_BMW_WW P_FW_WW      |            |                              |        |
| Basisvariante: Gesamtdeckung nur mit FW  |               |                              |            |                              |        |
| P_heiz_kW  | Q_BMW_zapf_kW | theoret. Gesamtenergiebedarf | FW+Pel     | theoret. Gesamtenergiebedarf | FW+Pel |
| 104.855,02   | 128.868,32    | inkl. Verluste Verteilung    | 259.710,36 | 100%                         | 100%   |
|  | 239.710,36    | inkl. Verluste Verteilung    |            |                              |        |

**Legende:**

- P\_heiz\_kW
  - Q\_BMW\_zapf\_kW
  - theoret. Gesamtenergiebedarf
  - FW+Pel
  - theoret. Gesamtenergiebedarf
  - FW+Pel
  - Q\_tot\_oell\_kW
  - Q\_WT\_WRG\_BMW\_WW
  - P\_FW\_kW
  - Pel\_WP\_WRG\_kW
  - Q gesamt kWh
- 
- Elektrische Energieverbräuche für WP
  - Nachheizung mit FW
  - Raumwärmeverbrauch
  - Kollektorbeitrag (am Kollektoraustrag)
  - Heizung Gesamt (FW + Pel-WP)
- 
- Jahres-Raumwärmeverbrauch
  - Jahres (Nutz)Wärmeverbrauch
  - Jahresenergiebedarf für WP zur Speicher-temperaturerhöhung
  - Jahresenergiebedarf am Kollektoraustrag
  - zugeführte Wärmemenge aus dem Direkt-Wärmeübertrager der WRG
  - Nachheizung durch Fernwärme
  - Jahresenergiebedarf für WP zur indirekten WRG-Nutzung
  - Gesamtenergiebedarf (elektrisch und Fernwärme)

Anlage4: „Überblick - Auswirkungen von verschiedenen Hydraulikkonzepten auf den Energiebedarf“

