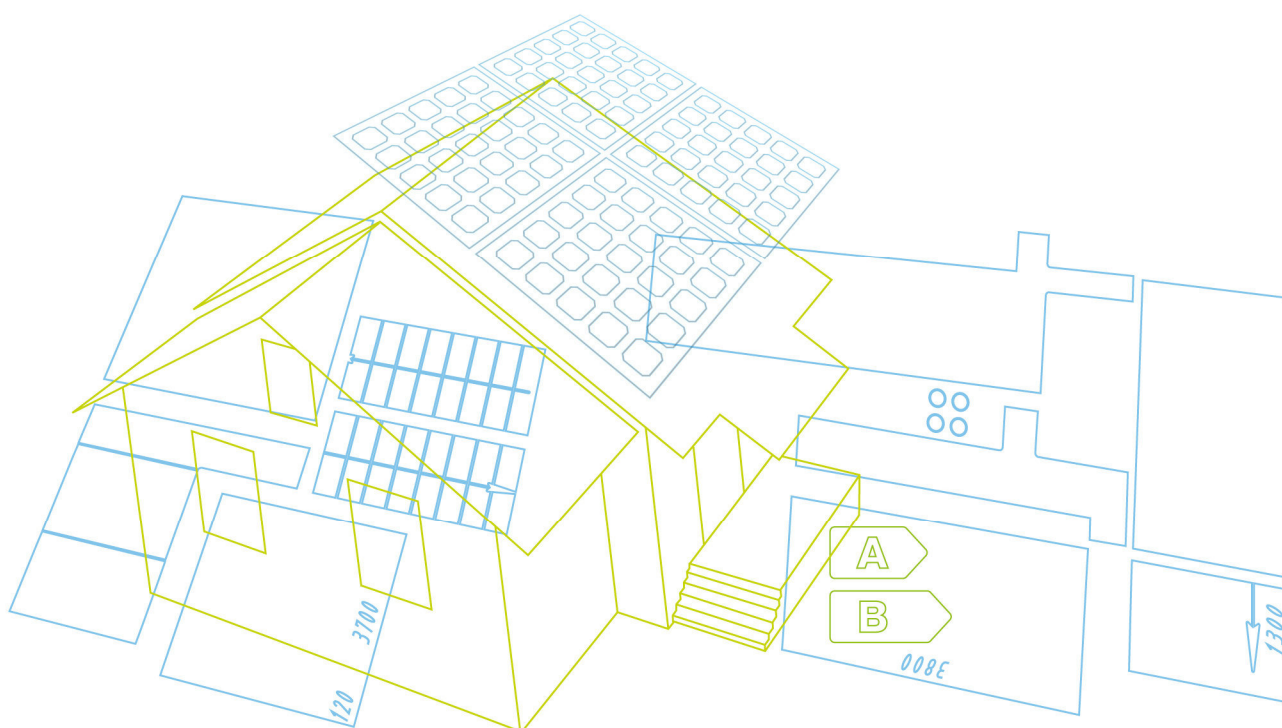




Ökologische Energiegewinnung aus Grauwasser und Sonne mit Effizienzsteigerung durch Wärmepumpeneinsatz



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Inhaltsverzeichnis

A	Kurzfassung.....	2
B	Abstract	4
1.	Einleitung.....	6
1.1	Aufgabenstellung.....	6
1.2	Schwerpunkte des Projektes	6
1.3	Einordnung in das Programm	7
1.4	Verwendete Methode	8
1.5	Aufbau der Arbeit	8
2.	Inhaltliche Darstellung.....	10
2.1	Simulation von vier Energiekonzepten.....	10
2.2	Planung des ausgewählten Energiekonzepts	11
2.3	Inbetriebnahme der Anlage und Kontrollwerkzeuge.....	14
2.4	Erste Fehlerbehebungen mittels Online-Monitoring	15
2.5	Problematik Speisefettentsorgung	16
2.6	Umbau der beiden Anlagen im Bereich Wärmerückgewinnung aus Grauwasser	17
3.	Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	21
4.	Ausblick und Empfehlungen.....	27
5.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	29
6.	Literaturverzeichnis.....	30
7.	Anhang	31
7.1	Simulation Anlage 1.....	31
7.2	Anlagenplan Anlage 1.	32
7.3	Anlagenplan Anlage 2	33
7.4	Bilder der Anlage	34
7.5	Online-Monitoring	36

A Kurzfassung

Die GIWOG hat gemeinsam mit zwei weiteren Projektpartnern in Leonding (OÖ) das Projekt „Ökologischer Wohnbau“ umgesetzt. Im Zuge der Errichtung einer Wohnanlage, bestehend aus 4 Häusern mit insgesamt 209 Wohnungen, wurde erforscht, wieviel Energie durch den kombinierten Einsatz erneuerbarer Energiequellen und Speichertechnologien eingespart werden kann. Aufgrund errechneter und angenommener Werte wurde ein rein fernwärme-basierter Jahresenergieverbrauch ermittelt. Auf dieser Basis erfolgte im nächsten Schritt die Simulation von vier unterschiedlichen Energiekonzepten. Die Entscheidung fiel auf den kombinierten Einsatz von Solarenergie, Wärmerückgewinnung aus Grauwasser, Wärmepumpe und Fernwärme. Der Prozess der kombinierten Energiegewinnung in beiden Anlagen wurde wie folgt konzipiert:

- Im ersten Schritt wird die Energie aus dem Grauwasser zur direkten Vorwärmung des Kaltwassers bis zu max. 20 °C verwendet.
- Die verbleibende Restenergie des Grauwassers wird mit Hilfe einer kleinen Wärmepumpe zur Vorerwärmung des Heizungsrücklaufes verwendet.
- An Tagen mit hohem Solarenergieertrag erfolgt eine zusätzliche Nacherwärmung des Heizungsrücklaufes.
- An Tagen mit schlechtem Solarenergieertrag wird der Heizungsrücklauf aus dem Pufferspeicher nacherwärmt. Hier wird unter Umständen auf eine weitere Wärmepumpe zurückgegriffen.
- Erst nach Ausschöpfung aller genannten Schritte wird die benötigte Restenergie aus einem Fernwärme-Wärmetauscher eingespeist.

Die messbaren Zielvorgaben lauteten 65 % Gesamtenergieeinsparung, 70 % Wärmerückgewinnung aus der für die Warmwasseraufbereitung benötigten Energie sowie ein Solarertrag von 19,14 kWh/m²a.

Um die insgesamt 209 Wohnungen mit diesem Energiekonzept versorgen zu können, wurden zwei identische Anlagen in zwei getrennten Häusern errichtet. Anlage 1 musste ein Haus mit 77 Wohnungen und Anlage 2 drei Häuser mit 132 Wohnungen versorgen. Kurz nach Inbetriebnahme der beiden Anlagen im Oktober 2009 wurden jedoch stark erhöhte Energieverbräuche festgestellt. Mit Hilfe eines speziellen Kontrollinstruments, dem eigens entwickelten Online-Monitoring, konnten die Ursachen dafür rasch lokalisiert und beseitigt werden. So waren z. B. der Vorlauf der Fernwärme auf 60 °C anstatt 48 °C eingestellt, ein Fernwärmetemperatursensor war mangelhaft platziert, bei einigen Wohnungen waren Kalt- und Warmwasseranschlüsse vertauscht und die Hygienisierung durch die Fernwärme wurde täglich statt monatlich durchgeführt.

Nach Beseitigung dieser Anfangsfehler stellte sich ein weiteres unerwartetes Problem ein. Bewohner entsorgten offenbar Öl und Speisefette nicht über dafür vorgesehene Entsorgungsstellen, sondern über die Küchenabwässer. Dies hatte zur Folge, dass die Filter für die direkte Wärmerückgewinnung aus Grauwasser jeden zweiten Tag vollkommen verstopft waren. Da sich das Nutzerverhalten trotz schriftlicher Aufforderung nicht änderte, musste die Wärmerückgewinnung in beiden Anlagen umgebaut werden. Dabei wurde ein stufenweises Vorgehen gewählt, indem die Ergebnisse aus dem Umbau der ersten Anlage sofort wieder in die Umbauplanungen für die zweite Anlage einfließen. Die adaptierten Energiegewinnungsanlagen wurden im Dezember 2010 (Anlage 1) und im Juni 2011 (Anlage 2) wieder in Be-

trieb genommen. Daher war eine 100 %ig aussagekräftige Ergebnispräsentation über den Zeitraum eines Jahres noch nicht möglich. Eine stichprobenartige Gegenüberstellung von drei ausgewählten Monaten vor bzw. nach dem Umbau zeigt jedoch, dass die Energieerträge im Bereich Wärmerückgewinnung aus Grauwasser seit dem notwendigen Anlagenumbau um rund 40 % geringer sind als in der Anfangsphase vor der Verfettung.

Aufgrund der vorliegenden Daten von März 2011 bis Februar 2012 lässt sich insgesamt sagen, dass der tatsächliche Energieverbrauch von Anlage 1 zweimal und von Anlage 2 dreimal so hoch wie simuliert ist. Der geplante Solarertrag wurde annähernd erreicht (Anlage 1) bzw. leicht übertroffen (Anlage 2). Der Grauwasserertrag liegt in beiden Anlagen hinter den erwarteten Ergebnissen zurück, was auf den verschmutzungsbedingten Umbau der Anlagen zurückzuführen ist.

B Abstract

GIWOG Inc. has implemented together with two further partners in Leonding (Upper Austria), the project "Ecological Housing".

In the course of construction of a housing estate, consisting of 4 houses with a total of 209 flats, it has been investigated how much energy could be saved by the combined use of renewable energy sources and storage technologies. As a result of calculated and assumed values, an annual energy consumption purely based on district heating has been determined. On this principle, the next step was the simulation of four different energy concepts. The decision was made on the combined use of solar energy, heat recovery of gray water, heat pumps and district heating. The process of the combined energy generation in both systems was designed as follows:

- In the first step, the energy of the gray water is used for the direct preheating of the cold water up to a temperature of max. 20°C.
- The remaining residual energy of the grey water is used by a small heat pump to pre-heat the heating return.
- On days with high solar energy earnings an additional reheating of the heating return will be effected.
- On days with poor solar energy earnings the heating return will be postheated by the buffer storage. In this case a further heat pump can be installed.
- Solely, after exploiting of all mentioned options, the required residual energy will be supplied from a district heating heat exchanger.

The measureable objectives were as follows: 65% total energy savings, 70% heat recovery of the energy required for the hot water generation as well as solar energy earnings of 19,14 kWh/m²a.

In order to supply all of the 209 flats with this energy scheme, two identically plants were installed in two different houses. Plant 1 had to supply one house with 77 flats; plant 2 had to supply three houses with 132 flats. Shortly after the initial operation of the two plants in October 2009, raised energy consumptions were detected. With the aid of a special developed surveillance system as well as an online monitoring the cause was quickly localized and eliminated. So the flow of the district heating was initialized with 60°C instead of 48°C, a district heating sensor was placed in a bad position, in some of the flats the cold water connection was inverted with the hot water installation and furthermore the disinfection by the district heating was effected daily instead of monthly.

After eliminating these initial faults another unexpected problem appeared. Apparently residents disposed oil and cooking fat not at the designated waste management areas but together with the kitchen waste water. Consequently, the filters for the direct heat recovery from the gray water were totally blocked up every second day. As the residents' behaviour did not change despite of written requests, modifications of the heat recovery in both plants were required. The alteration was realized step by step by incorporation of the results from the reconstruction of the first plant to the changed renovation of the second plant.

The adapted energy extraction plants were put into operation in December 2010 (plant 1) and June 2011 (plant 2). Thus a 100% significant presentation of the results over a period of one year was not possible.

However, a random comparison of three selected months before and after the rebuilding shows, that the energy yields in the range of the grey water heat recovery system were reduced at about 40 % since the initial phase of the pollution.

In conclusion as a result of the existing data from March 2011 until February 2012 it can be said, that the effective energy consumption of plant 1 is twice higher than simulated and of plant 2 is three times higher than simulated. The scheduled solar energy supply has been approximately achieved (plant 1) respectively slightly exceeded (plant 2). The gray water yield in both systems is lagging behind the expected results, which can be traced back to the pollution-related modification of the plants.

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Fossile Brennstoffe waren jahrzehntelang die wichtigste Quelle für die Energiegewinnung. Der gedankenlose Verbrauch dieser Rohstoffe hat sowohl zu hohen Umweltbelastungen, als auch zu Ressourcenknappheit geführt. Die kontinuierlich steigende Umweltbelastung und die daraus resultierenden irreparablen Umweltschäden haben jedoch das ökologische Umdenken in Gesellschaft und Politik erhöht. Ein Ziel der österreichischen Bundesregierung ist es, den Anteil erneuerbarer Energie am Gesamtenergieverbrauch von derzeit 27,6% (vgl. BMWFJ 2011: 12) auf 34% zu erhöhen.

Dabei spielt der Energieverbrauch in den privaten Haushalten eine wesentliche Rolle. Raumheizung und Warmwasserbereitung nehmen laut Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (2011: 23) mit 28 % den zweithöchsten Anteil am gesamtösterreichischen Energieverbrauch ein. Obwohl in diesem Bereich die erneuerbaren Energien bereits dominieren, gilt es den derzeitigen Anteil von 25,9 % noch weiter zu erhöhen.

Ziel dieses Projekts war daher, neue zukunftsweisende Energieversorgungskonzepte für den Wohnbau zu eröffnen, um so bei gleichen Nutzungsgewohnheiten eine Reduktion der Umweltbelastung zu erreichen. Bei einem Neubauprojekt der GIWOG in Leonding (OÖ) sollte daher zusätzlich zur Nutzung von Solarenergie und kontrollierter Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung der kostenfrei verfügbare Wärmeenergieinhalt des Abwassers umweltfreundlich genutzt werden. Die Wohnanlage besteht aus mehreren Häusern mit insgesamt 209 Wohnungen. Aufgrund der vorliegenden Größenordnung wurden zwei separate Energiegewinnungsanlagen aufgeteilt auf zwei Häuser geplant und errichtet.

1.2 Schwerpunkte des Projektes

Die Arbeit an diesem Projekt war durch folgende Schwerpunkte gekennzeichnet:

- Im ersten Schritt wurden vier verschiedene Energieversorgungskonzepte für die Wohnanlage ausgearbeitet und verglichen. Dabei wurden die Energiequellen Sonne, Fernwärme, Wärmerückgewinnung aus Grauwasser, sowie Wärmepumpen auf verschiedene Weise miteinander kombiniert.
- Das ausgewählte Energiekonzept wurde dann auf Basis eines Wohnhauses mit 77 Wohnungen und der zugrundeliegenden errechneten Energiekennzahl geplant und einer Simulation unterzogen.
- Nach Bezug der Wohnungen folgte eine Phase intensiver Überwachung und Feinjustierung der Anlage. In dieser Zeit konnten mit Hilfe der vorhandenen Kontrollsysteme (siehe Kapitel 2.3) Ausführungs- und Schnittstellenmängel lokalisiert und behoben werden.
- Große Probleme aufgrund der Speisefettentsorgung der Bewohner über die Küchenabwässer (siehe Kapitel 2.5) erforderten eine wesentliche Änderung im Bereich der Wärmerückgewinnung aus Grauwasser in beiden Energiegewinnungsanlagen. Die Erkenntnisse aus dem Umbau der ersten Anlage flossen sofort wieder in das Projekt ein und wurden beim Umbau der zweiten Anlage berücksichtigt.

1.3 Einordnung in das Programm

Energiestrategische Ziele

Sicherstellung der Kriterien der Nachhaltigkeit (ökonomisch, ökologisch und sozial dauerhaft)

Die energetische Nutzung von warmen Abwässern ist eine Form der Energiegewinnung, die zu 100 % den Kriterien der Nachhaltigkeit entspricht. Ein Teil jener Energie, die zur Produktion von Warmwasser nötig ist, wird auf diese Weise wieder dem Energiekreislauf zurückgeführt und reduziert in weiterer Folge den Aufwand fossiler Energiequellen. Wärmerückgewinnung aus Grauwasser stellt daher eine ökonomische, ökologische und sozial dauerhafte Energieform dar.

Erhöhung der Ressourcen- und Energieeffizienz des Wirtschaftssystems

Gegliedert nach Wirtschaftssektoren nimmt der Sektor der privaten Haushalte den dritthöchsten Anteil am gesamtösterreichischen Energieverbrauch ein (vgl. BMWFJ 2011: 21). Eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Bereich Raumheizung und Warmwasser, verbessert dadurch auch die Ressourcen- und Energieeffizienz dieses Wirtschaftssystems.

Erzielung struktureller und langfristig quantitativ maßgeblicher Effekte

Durch die Wärmerückgewinnung aus Grauwasser kann der Anteil an erneuerbaren Energien im privaten Endverbrauch erhöht werden. Diese Form der Energiegewinnung trägt somit zum Ziel der österreichischen Bundesregierung bei, den Anteil erneuerbarer Energie bis 2020 um 6,4 % zu erhöhen.

Systembezogene Ziele

Reduktion des Verbrauchs fossiler und nuklearer Energieträger

Eine Hochrechnung der Simulationsergebnisse auf die gesamte Wohnanlage mit 209 Wohnungen ergibt eine jährliche Reduktion fossiler Energieträger von 394.000 kWh. Auf 25 Jahre betrachtet, beträgt das Einsparungspotenzial ca. 10 Mio. kWh.

Erschließung von Ressourcen erneuerbarer Energieträger

Die Abwässer privater Haushalte wurden bislang ungenutzt in die Kanalisation abgeleitet. Dabei ging auch die darin enthaltene Wärme verloren. Entzieht man dem Grauwasser die Wärme und speist die daraus gewonnene Energie wieder in den Energiekreislauf ein, so wird aus warmem Abwasser ein erneuerbarer Energieträger.

Multiplizierbarkeit, Hebelwirkung und Signalwirkung

Zentrale Großanlagen sind nur bei Wohnanlagen mit mindestens 100 Wohnungen sinnvoll, jedoch ist dabei auf die Ertragsminderung durch Leitungs- und Zirkulationsverluste hinzuweisen. Grundsätzlich können jedoch die eingesetzten Energiegewinnungssysteme in jeder beliebigen Kombination vielfach eingesetzt werden.

(Kosten-)Effizienz der Treibhausgasreduktion: Euro pro Tonne CO₂-Äquivalent pro Jahr, über die Kyoto Periode und über die technisch-wirtschaftliche Nutzungsdauer der Investition

Bei einer ausschließlichen Energieversorgung über Fernwärme fallen bei dem Wohnprojekt mit 209 Wohnungen pro Jahr ca. 202 t CO₂ Emissionen an. Durch die kombinierte Verwendung erneuerbarer Energien mit Fernwärme und einer speziellen Speichertechnologie (siehe Kapitel 2.1.4) reduziert sich der CO₂-Ausstoß auf 86 t/a.

Beim derzeitigen Emissionspreis für eine Tonne CO₂ von € 9,-- (vgl. Reset 2012) ergibt das eine jährliche Einsparung in Höhe von ca. € 1.044,--. Auf die Nutzungsdauer von 25 Jahren hochgerechnet, können somit insgesamt ca. € 26.100,-- eingespart werden.

Technologiestrategische Ziele

Erhöhung des inländischen Wertschöpfungsanteils im Energiesystem

Alle eingesetzten Systeme sind von österreichischen Firmen erzeugt, neu- und weiterentwickelt worden und können auch exportiert werden.

Stärkung der Technologiekompetenz österreichischer Unternehmen

Vor allem für die Unternehmen aus den Bereichen Haustechnik, Sanitärinstallation, Regelung und Energieplanung brachte dieses Projekt einen enormen Wissensgewinn. Dass dieser Wissensvorsprung auch international einen Wettbewerbsvorteil bedeutet, zeigt die hohe Dichte an Exkursionen aus dem Ausland zu den beiden Anlagen nach Leonding. Delegationen aus Tschechien, Ungarn, Frankreich, Estland und der Schweiz haben sich bislang vor Ort ein Bild von dem kombinierten Energiegewinnungskonzept gemacht.

1.4 Verwendete Methoden

Zur Systemfindung wurde im Vorfeld eine interdisziplinäre Gruppe zusammengestellt. Diese bestand aus je einem Mitarbeiter der Bereiche Haustechnik, Energieplanung, Sanitär-Installation, Solaranlagenherstellung, Regelungstechnik und GIWOG. In dieser Gruppe wurden vier Systemansätze zu unterschiedlichen Energiekonzepten aufgestellt, untersucht und einer Grundsatzentscheidung zugeführt (siehe Kapitel 2.1). Dabei wurden sowohl regelungstechnische als auch hydraulische Anforderungen an die Energieplanung, das Nutzerverhalten, sowie Besonderheiten bei der Umsetzung berücksichtigt.

Nach der Inbetriebnahme war es notwendig, beide Anlagen laufend zu kontrollieren und erste Abweichungen bei Hydraulik und Regelung durchzuführen. Dazu wurden die Werkzeuge Online-Monitoring und webbasierte Regelung verwendet (siehe Kapitel 2.3). Über eine Software-Schnittstelle waren beide Werkzeuge direkt mit den Regelungen vor Ort in der jeweiligen Anlage verbunden.

1.5 Aufbau der Arbeit

Im vorliegenden publizierbaren Endbericht des Projekts „Ökologischer Wohnbau“ werden im Anschluss an die Einleitung die inhaltlichen Arbeitsschritte und Maßnahmen detailliert geschildert. Dabei wird im wesentlichen den unter 1.2 genannten Schwerpunkten gefolgt.

Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen werden im Kapitel 3 dargelegt und bilden die Basis für das Kapitel Ausblick und Empfehlungen. Sämtliche verwendeten und referenzierten Unterlagen sind im Abbildungs- und Tabellenverzeichnis bzw. im Literaturverzeichnis angeführt.

2 Inhaltliche Darstellung

2.1 Simulation von vier Energiekonzepten

Um eine Vergleichsgrundlage für die vier unterschiedlichen Energiekonzepte zu haben, wurde anhand des ersten Bauabschnitts eine rein fernwärmeversorgte Basisvariante errechnet. Die Ergebnisse sind bei gleichen spezifischen Gebäudeheizlasten und annähernd gleicher Personenbelegung aus energetischer Sicht bei anderen Wohngebäuden identisch.

Für das Haus 1 mit 77 Wohnungen wurde ein Jahresgesamtenergiebedarf von ca. 240.000 kWh ermittelt. Dieser Berechnung lagen folgende Parameter zugrunde:

- Wohnnutzfläche 5.845 m²
- Energiekennzahl 20 kWh/m²a
- 15 kWh/m²a für Warmwasser

Aus Gründen der direkten Vergleichbarkeit wurde bei allen Varianten eine Kollektorfläche von 3 m² pro Wohneinheit und ein Speichervolumen von 400 l/m²koll angenommen.

2.1.1 Solarenergie und Fernwärme

Bei diesem ersten Energiekonzept sorgen 3 m² Kollektorfläche pro Wohneinheit im Sommer für das Warmwasser. Im Herbst kann noch für ca. 5 bis 7 Wochen Heizenergie aus dem Pufferspeicher der Solaranlage generiert werden und selbst im Winter liefert die Solaranlage noch einen geringen Beitrag zu Raumwärme und Warmwasser.

Mit der Solaranlage kann eine Energieeinsparung von 36 % erzielt werden, wodurch nur noch 153.600 kWh/a über Fernwärme abgedeckt werden müssen.

2.1.2 Wärmerückgewinnung aus Grauwasser und Fernwärme

Als Grauwasser wird warmes Abwasser zB. von Badewanne, Dusche und Waschmaschine bezeichnet. Dem Grauwasser wird die noch vorhandene Wärme über einen Plattenwärmetauscher und über eine Wärmepumpe entzogen. Die daraus gewonnene Energie wird ganzjährig zur Vorwärmung des Warmwassers verwendet.

Bei dieser Variante fällt ebenfalls nur noch ein Fernwärmeenergiebedarf von ca. 65 % an. Die Wärmepumpe benötigt jedoch ebenfalls ca. 2 % Strom, was in Summe eine Energieeinsparung von ca. 33 % ergibt.

2.1.3 Solarenergie und Wärmepumpe im Warmwasserspeicher und Fernwärme

Hier wird das Energiekonzept aus Variante 2.1.1 um eine Wärmepumpe erweitert. Über die Wärmepumpe wird versucht, den unteren Bereich des Warmwasserspeichers leicht abzukühlen und diese Wärme dem oberen Bereich wieder zuzuführen. Dies führt zu einem deutlich höheren Ertrag der Solaranlage.

Es werden nur noch ca. 49 % Fernwärmeenergie sowie ca. 4 % zusätzlicher Strom für die Wärmepumpe benötigt. Die Energieeinsparung für Raumheizung und Warmwasser beträgt somit ca. 47 %.

2.1.4 Solarenergie und Wärmerückgewinnung aus Grauwasser und Wärmepumpe im Speicher und Fernwärme

Dieses energetisch optimierte Energiekonzept ist eine Kombination der Varianten 2.1.2 und 2.1.3. Solarenergie, Fernwärme und Wärmerückgewinnung erreichen zusammen mit der speziellen Speichertechnologie eine Energieeinsparung von ca. 63 %. Der Fernwärmebedarf wird auf ca. 30 % reduziert und die Warmwasserpumpe benötigt hier zusätzlich ca. 7 % Strom.

Tabelle 1 stellt die vier Simulationsvarianten inklusive der jeweils errechneten Energiekosten nochmals im Überblick dar.

	Gesamtenergie- bedarf inkl. Verluste Verteil- leitung kWh/a	davon Strom für WP gesamt kWh/a	Fernwärme kWh/a	Gesamt- kosten €/a	Einsparung %	Kosten pro WE/Jahr €/WE.a	Kosten pro m²/Monat €/m².Monat
Variante 4 Solar + WRG aus Grauwasser + WP im Speicher + FW	271.299,59 113%	16.901,84	71.275,38 30%	11.286,39	56%	146,58	0,16
Variante 3 Solar + WP im Speicher + FW	247.761,47 103%	9.641,58	117.352,50 49%	17.878,33	30%	232,19	0,25
Variante 2 WRG aus Grau- wasser + FW	245.852,39 103%	4.250,72	156.344,17 65%	19.925,25	22%	258,77	0,28
Variante 1 Solar + FW	265.947,96 111%	0	153.184,29 64%	18.962,47	26%	246,27	0,27
Basisvariante Rein FW	239.710,35 100%	0	239.710,35 100%	25.538,45	0%	331,67	0,36

Tabelle 1: Einsparung und Energiekosten der vier Energiekonzepte

2.2 Planung des ausgewählten Energiekonzepts

Das Planungsziel für das ausgewählte Energiekonzept lag bei ca. 65 % Einsparung vom Gesamtenergieverbrauch. Da es sich bei der ausgewählten Variante 4 um eine komplexere Anlage handelt, als die der Basisvariante (Fernwärme alleine) wurde in der Simulation ein erhöhter Bedarf von 271.299,59 kWh/a gegenüber 239.710,35 kWh/a errechnet. Die Zirkulations- und Verteilungsverluste wurden mit 30 % angenommen, was ca. 10,63 kWh/m²a ent-

spricht und den Jahresbedarf auf ca. 46,07 kWh/m²a erhöhte. Durch das ausgewählte Energiekonzept sollten 65 % davon, sprich 29,95 kWh/m²a eingespart werden. Dabei sollte die Wärmerückgewinnung aus Grauwasser ca. 70 % des zuvor eingesetzten Energieaufwands für Warmwasser zurückbringen, was einem Wert von ca. 10,81 kWh/m²a entspricht. Die verbleibenden 19,14 kWh/m² sollten durch den Ertrag der Solaranlage aufgebracht werden.

	Angaben kWh/m ² a	Angaben kWh
Raumwärme	20	116.900
Warmwasser	15,44	90.251,16
	35,44	207.151,16
30 % Leitungs- u. Zirkulationsverlust	10,63	62.145,35
Gesamtenergiebedarf	46,37	269.296,51
65 % Gesamteinsparungsziel	29,95	175.042,73
70 % Wärmerückgewinnung Grauwasser	10,81	63.175,81
Ziel für Solarertrag	19,14	111.866,92

Tabelle 2: Detailplanung des ausgewählten Energiekonzepts

Beide Anlagen wurden mit einem identischen Energiegewinnungskonzept (siehe Abb. 2) in Betrieb genommen. Anlage 1 befindet sich im Haus 1 der Wohnanlage und versorgt 77 Wohnungen, während Anlage 2 für die Versorgung von 132 Wohnungen zuständig ist und sich im Haus 3 befindet. Sie bestehen aus einem großen drucklosen Warmwasserspeicher, der Energieerzeugung mittels Solarkollektoreinspeisung, der Wärmerückgewinnung aus Grauwasser und dem Energiemanagement.

Aufgrund einer gesetzlichen Änderung bei den Hygienrichtlinien, musste das Hydraulikkonzept noch vor der ersten Inbetriebnahme geändert werden. Bis zu dieser Gesetzesänderung war es erlaubt, Kaltwasser für die Warmwassererzeugung auf eine Temperatur von 25°C vorzuwärmen. Aus Hygienegründen wurde diese Temperaturobergrenze auf 20°C gesenkt (ÖNORM B5019). Die fehlenden 5°C dürfen nun nicht mehr mittels erneuerbarer Energie vorgewärmt, sondern müssen vom Endbenutzer mit Fernwärme aufgeheizt werden. Diese kurzfristige Änderung hatte negative Auswirkungen auf die energetische Effektivität der Anlagen.

Der Prozess der kombinierten Energiegewinnung in beiden Anlagen läuft wie folgt ab:

- Im ersten Schritt wird die Energie aus dem Grauwasser zur direkten Vorwärmung des Kaltwassers bis zu max. 20°C verwendet.
- Die verbleibende Restenergie des Grauwassers wird mit Hilfe einer kleinen Wärmepumpe zur Vorerwärmung des Heizungsrücklaufes verwendet.
- An Tagen mit hohem Solarenergieertrag erfolgt eine zusätzliche Nacherwärmung des Heizungsrücklaufes.

- An Tagen mit schlechtem Solarenergieertrag wird der Heizungsrücklauf aus dem Pufferspeicher nacherwärmt. Hier wird unter Umständen auf eine weitere Wärmepumpe zurückgegriffen.
- Erst nach Ausschöpfung aller genannten Schritte wird die benötigte Restenergie aus einem Fernwärme-Wärmetauscher eingespeist.

Die Einbindung der Wärmepumpen ermöglicht dabei ein gezieltes bedarfsgerichtetes Abarbeiten der Energieniveaus bzw. ein weiteres Anheben auf nutzbare Temperaturniveaus. Mit einem „drucklos“ konzipierten Speicher lassen sich großzügige Volumina kostengünstig herstellen, eine günstige Voraussetzung für hohe solare Deckungsgrade. Die Raumwärme wird bei der Wohnanlage in Leonding am Harter Plateau mittels Fußbodenheizung übertragen.

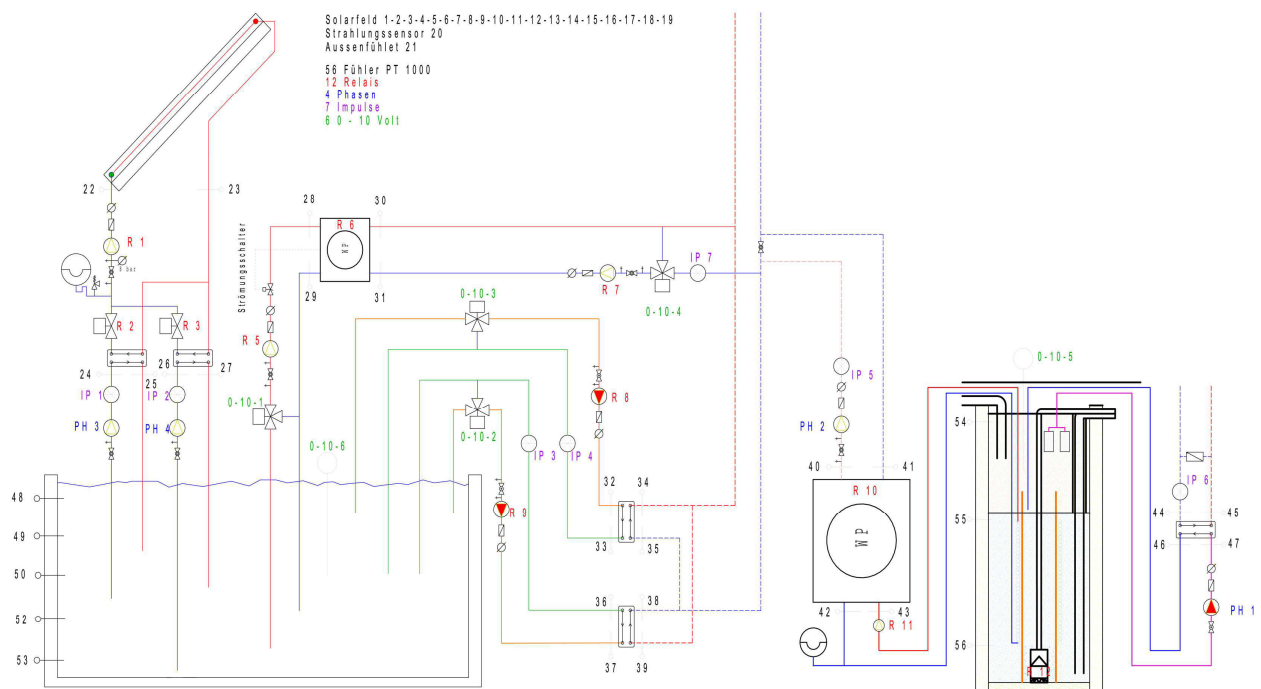


Abb. 1: Geplantes Energiekonzept beider Anlagen

2.3 Inbetriebnahme der Anlagen und Kontrollwerkzeuge

Beide Anlagen wurden im April 2009 in Betrieb genommen und bis zum Bezug der Wohnungen zum Ausheizen der Neubauten sowie zum Hochfahren der Speicher verwendet. Ab Oktober 2009, bei Bezug der ersten 171 von 209 Wohnungen, lief die Anlage 1 ab diesem Zeitpunkt bereits im Vollbetrieb und versorgte alle 77 vorgesehenen Wohnungen. Anlage 2 musste zu Beginn nur 94 Wohnungen versorgen, da die restlichen 38 Wohnungen erst im Oktober 2010 bezogen wurden.

Beide Anlagen können mit Hilfe der Werkzeuge Online-Monitoring und webbasierte Regelung ortsunabhängig kontrolliert und gesteuert werden. Basis dafür bildet die Regelungsanlage vor Ort (siehe Abb. 2), auf die über eine Software-Schnittstelle mit jedem beliebigen Internetbrowser zugegriffen werden kann. Um diese Möglichkeit uneingeschränkt nutzen zu können, werden die aktuellen Daten der Regelung seit Februar 2011 regelmäßig an einen Server der GIWOG gesendet, der diese verwaltet und einen geschützten Zugriff mit Username und Passwort ermöglicht.

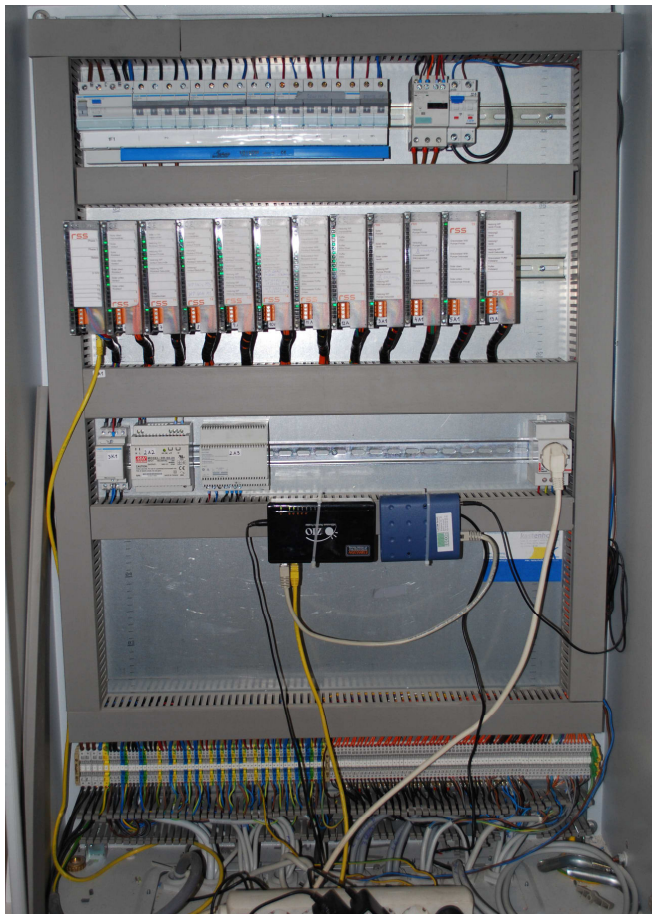


Abb. 2: Regelungsanlage der Alternativenergie vor Ort

Das Online-Monitoring (siehe Anhang 7.5) ermöglicht eine laufende Kontrolle aller Vorgänge und verfügt zudem über ein Alarmierungs- und Meldungsmanagement. Sämtliche Daten wie z. B. die Höhe der Energieerträge aus Solaranlage, Grauwasser oder Wärmepumpe sowie die vorhandenen Temperaturen in den jeweiligen Bereichen werden permanent aufgezeichnet und ausgewertet.

Im Gegensatz zum reinen Kontrollwerkzeug Online-Monitoring bietet die webbasierte Regelung auch die Möglichkeit, direkt in das aktuelle Anlage-Setting einzugreifen und Änderungen vorzunehmen. So lassen sich z. B. die Solltemperaturwerte für die Warmwasserzirkulation oder die Betriebszeiten der Wärmerückgewinnung aus Grauwasser einstellen.

Vor allem aufgrund des permanenten Online-Monitorings wurden zu Beginn deutlich höhere Verbrauchswerte nachgewiesen, als aufgrund der Simulation zu erwarten war. Das Aufzeigen dieser Anfangsfehler (siehe Kapitel 2.4) und das Auffinden der Ursachen ermöglichte eine rasche Problemlösung.

2.4 Erste Fehlerbehebungen mittels Online-Monitoring

- In der Anfangsphase wurde der Vorlauf von der Fernwärme auf 60°C anstatt der vereinbarten 48°C vorgewärmt. Dank der Überwachung sämtlicher Temperaturen konnte dieses Versäumnis entdeckt und behoben werden, was die damit verbundenen hohen Zusatzkosten dauerhaft eliminierte.
- Auch an Tagen an denen ausreichend Energie aus Solaranlage und Wärmerückgewinnung vorhanden war, heizte die Fernwärme zu. Diese Tatsache konnte aufgrund der Datenaufzeichnung nachgewiesen werden. Nach intensiver Ursachenforschung konnte diese schließlich einem mangelhaft platzierten Fernwärmesensor (ohne Wärmeleitpaste, zu große Tauchhülse ...) zugeordnet werden. Auch hier konnte durch die Statistik ein Fehler erkannt und beseitigt werden.
- Aufgrund eines enorm niedrigen Warmwasserverbrauchs (3000 Liter pro Tag für 77 Wohneinheiten) wurden die Anschlüsse überprüft. Dabei wurde festgestellt, dass Warm- und Kaltwasseranschlüsse bei einigen der Wohnungen vertauscht waren. Dies hatte zur Folge, dass für diese Wohnungen erstens keine Vorwärmung des Warmwassers durch Alternativenergie erfolgte und diese Wohnungen kein richtiges Kaltwasser bekamen, da dieses auf 20°C vorgewärmt wurde.
- Bereits kurze Zeit nach dem Bezug der Wohnanlage durch die Mieter konnte bei der Sichtung der aufgezeichneten Daten festgestellt werden, dass entgegen den Absprachen mit der Fernwärme anstelle der monatlichen Legionellenspülung diese jede Nacht durchgeführt wurde, was erhöhte Energieverbräuche verursachte. Da die Fernwärme nur ein tägliches Intervall einstellen konnte, wird die Legionellenspülung nun von der eigenen Regelungstechnik durchgeführt.
- Beim Bezug der Wohnungen blieb die Heizkurve auf den Reglern in den Wohnungsübergabestationen unverändert, sprich die deutlich erhöhte Heizkurve für das Ausheizen des Neubaus blieb auch nach dem Bezug aktiv. Das hatte neben den erhöhten Vorlauf-temperaturen auch einen Dauerbetrieb der Fußbodenheizung zur Folge. Die Mieter reagierten auf die zu hohen Raumtemperaturen mit einem Öffnen der Fenster.
- Nach Berichtigung der Heizkurven konnte besonders an wärmeren Tagen ein sehr hoher Energieverbrauch ausschließlich für Warmwasser festgestellt werden, der den rechnerisch ermittelten Wert deutlich überschritt. Die anschließende Fehlersuche ergab, dass das interne Verteilnetz enorme Verluste verursacht, die jedoch beim aktuellen Projekt als gegeben betrachtet werden müssen.

2.5 Problematik Speisefettentsorgung

Aufgrund der Alarmmeldung des Online-Monitorings, dass der Grauwasserspeicher verstopft ist, konnte eine Verschmutzung der Grauwasseranlage (Verfettung) festgestellt werden. Auch nach mehrmaligem Abpumpen der Fettrückstände (siehe Abb. 3) und einer hausinternen Mieterinformation, verbesserte sich die Situation nicht.



Abb. 3: Verstopfung des Grauwasserbehälters mit Speisefett

Durch diese Fettrückstände im Grauwasserbehälter waren die Bewohner einer massiven Geruchsbelästigung im Nahbereich der Heizzentrale ausgesetzt. Es musste daher unter hohem Zeitdruck eine Lösung gefunden werden, wie das Speisefett umgehend in die Kanalisation abgeleitet, und dem mit Fett verschmutzten Grauwasser dennoch die Restwärme entzogen werden konnte. Das Energiegewinnungskonzept im Bereich Grauwasser musste auf Fäkalwasser geändert werden.

2.6 Umbau beider Anlagen im Bereich Wärmerückgewinnung aus Grauwasser

Bei der ursprünglichen Planung wurde das Grauwasser über wärmegeämmte Abwasserleitungen in einen Speicher geleitet. Die Wärme im oberen Bereich dieses Speichers wurde mittels spezieller Filter direkt über Wärmetauscher zur Vorwärmung des Kaltwasserzulaufs genutzt (siehe Abb. 4). Die verbleibende Restenergie im Speicher wurde mittels Wärmepumpe dem Heizungsrücklauf zugeführt. Der Abfluss erfolgte über eine Fäkalienpumpe, die sich bei Überschreiten eines maximalen Höchststandes des Speichers einschaltete. Aufgrund der Problematik mit dem Speisefett waren die für die Wärmerückgewinnung notwendigen Filter jedoch jeden zweiten Tag verstopft.

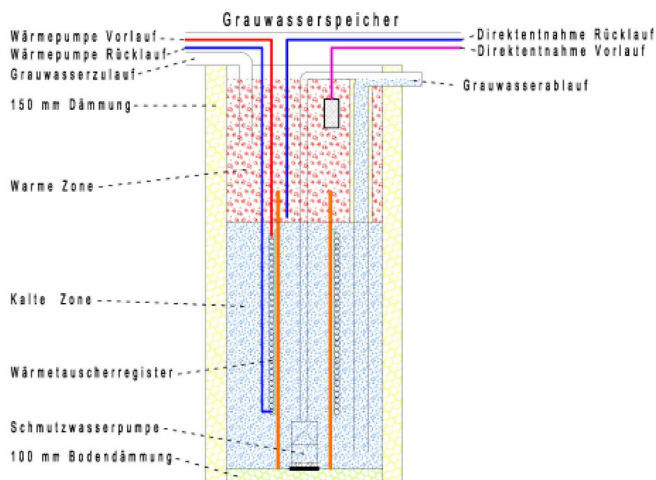


Abb. 4: Ursprüngliches Konzept zur Wärmerückgewinnung aus Grauwasser für beide Anlagen

Das Konzept zur Energiegewinnung bei Anlage 1 wurde daher so geändert, dass das Grauwasser über eine Spirale durch einen zusätzlichen Speicher durchgeleitet wird. Über diese innenliegende Wärmetauscherspirale wird dem mit Fett verschmutzten Grauwasser die Energie entzogen und im umgebenden Speicherwasser gespeichert. Das abgekühlte Grauwasser wird von der Betriebspumpe niveaugesteuert in das Kanalsystem abgeführt (siehe Abb. 5).

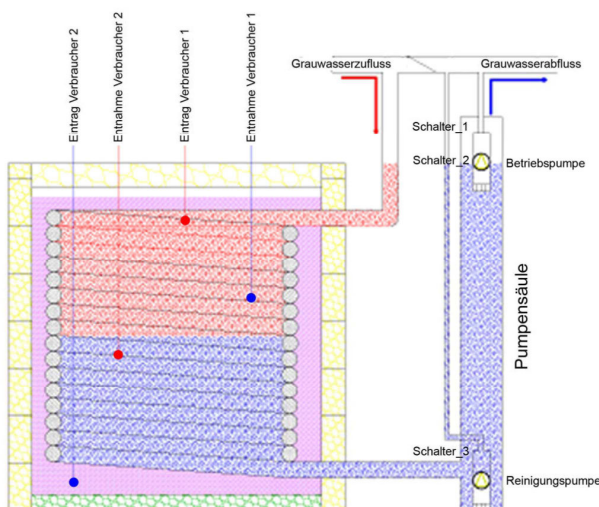


Abb. 5: Geändertes Konzept zur Wärmerückgewinnung aus Grauwasser in Anlage 1

Die im Speicherwasser enthaltene Energie für die Kaltwasservorwärmung und den Heizungsrücklauf wird über zwei getrennte Entnahmestellen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus entnommen (siehe Abb. 6).

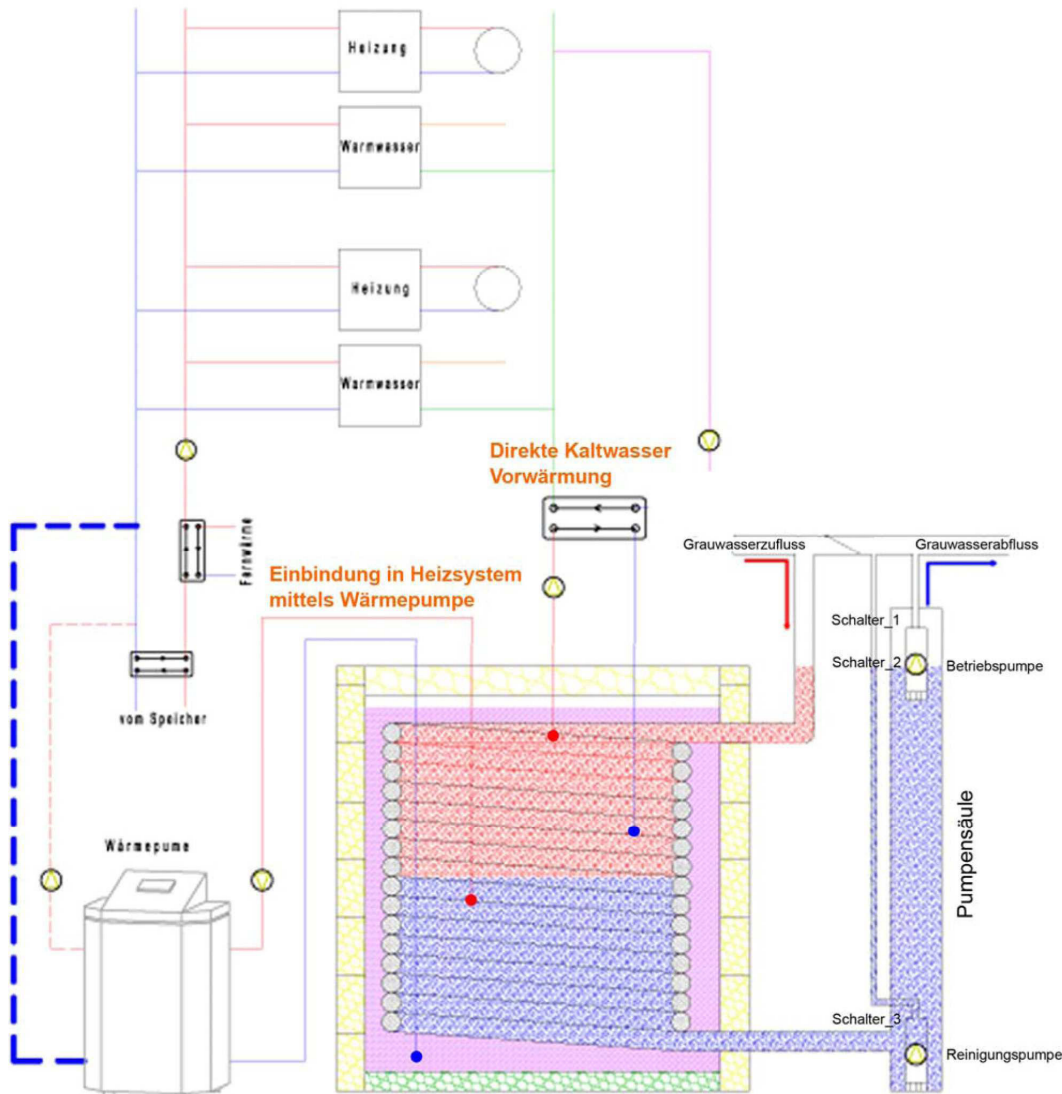


Abb. 6: Wärmerückgewinnung über zwei Entnahmestellen in Anlage 1

Bevor mit dem Umbau der zweiten Anlage begonnen wurde, wurden die ersten Ergebnisse von Anlage 1 abgewartet. Die Erträge aus der Grauwasserverwertung nach dem Umbau waren mit ca. 4 kWh/m²a deutlich geringer als im ursprünglichen Konzept (ca. 11 kWh/m²a) vorgesehen (siehe Abb. 7). Der um durchschnittlich 40 % geringere Ertrag sowie die Verschiebung von direkter Wärmerückgewinnung hin zu indirekter Wärmerückgewinnung über die Wärmepumpe waren ausschlaggebend für eine Weiterentwicklung des soeben geänderten Energiekonzepts von Anlage 1.

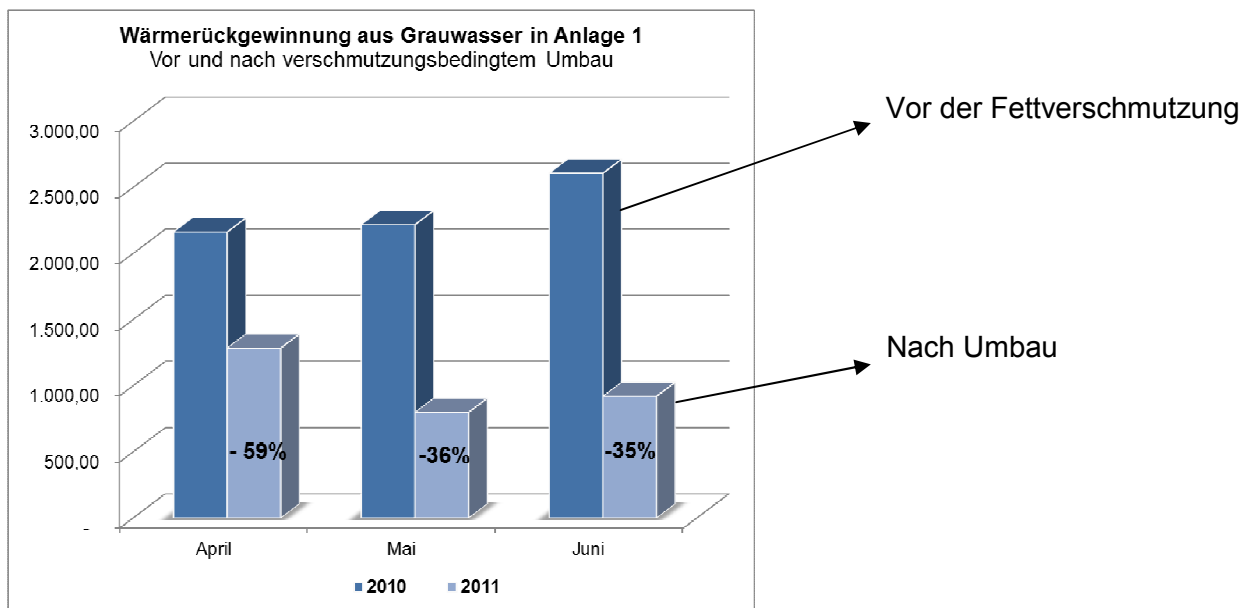


Abb. 7: Wärmerückgewinnung aus Grauwasser vor und nach dem Umbau

Bei der zweiten Anlage (siehe Abb. 8) wird nun das anfallende Grauwasser über wärmege-
dämmte Abwasserleitungen dem Grauwasserspeicher zugeführt. Dort wird das Grauwasser
kurzfristig zwischengespeichert und die Energie über einen außenliegenden Spezialwärme-
übertrager aus Metall kontinuierlich entzogen. Diese Energie wird zur Warmwasservorwär-
mung und für die Grauwasser-Wärmepumpe verwendet. Das abgekühlte Grauwasser wird
von der Reinigungspumpe niveaugesteuert in das Kanalsystem abgeführt.

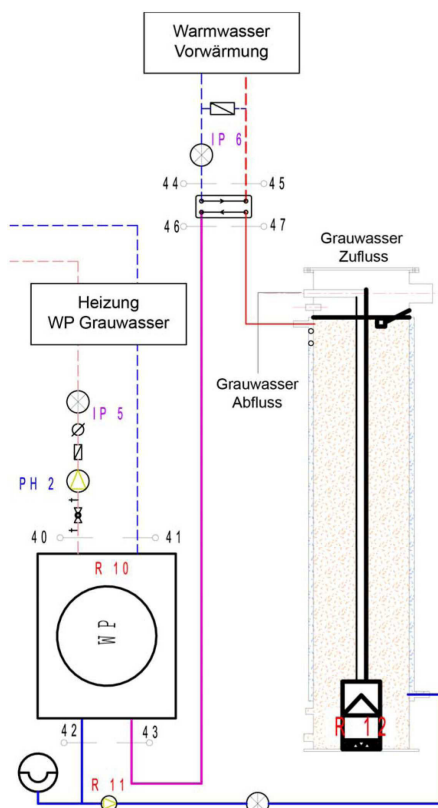


Abb. 8: Geändertes Konzept zur Wärmerückgewinnung aus Grauwasser in Anlage 2

Für die beschriebenen Änderungen am Energiegewinnungskonzept war es notwendig, den Bereich für die Wärmerückgewinnung aus Grauwasser in beiden Anlagen komplett neu zu bauen. Anlage 1 wurde Ende November 2010 und Anlage 2 Ende Mai 2011 wieder in Betrieb genommen. Ein Anlagenvergleich der erzielten Erträge im Bereich der umgebauten Wärmerückgewinnung macht den Erfolg der direkten Wärmerückgewinnung in Anlage 2 deutlich sichtbar (siehe Abb. 9).

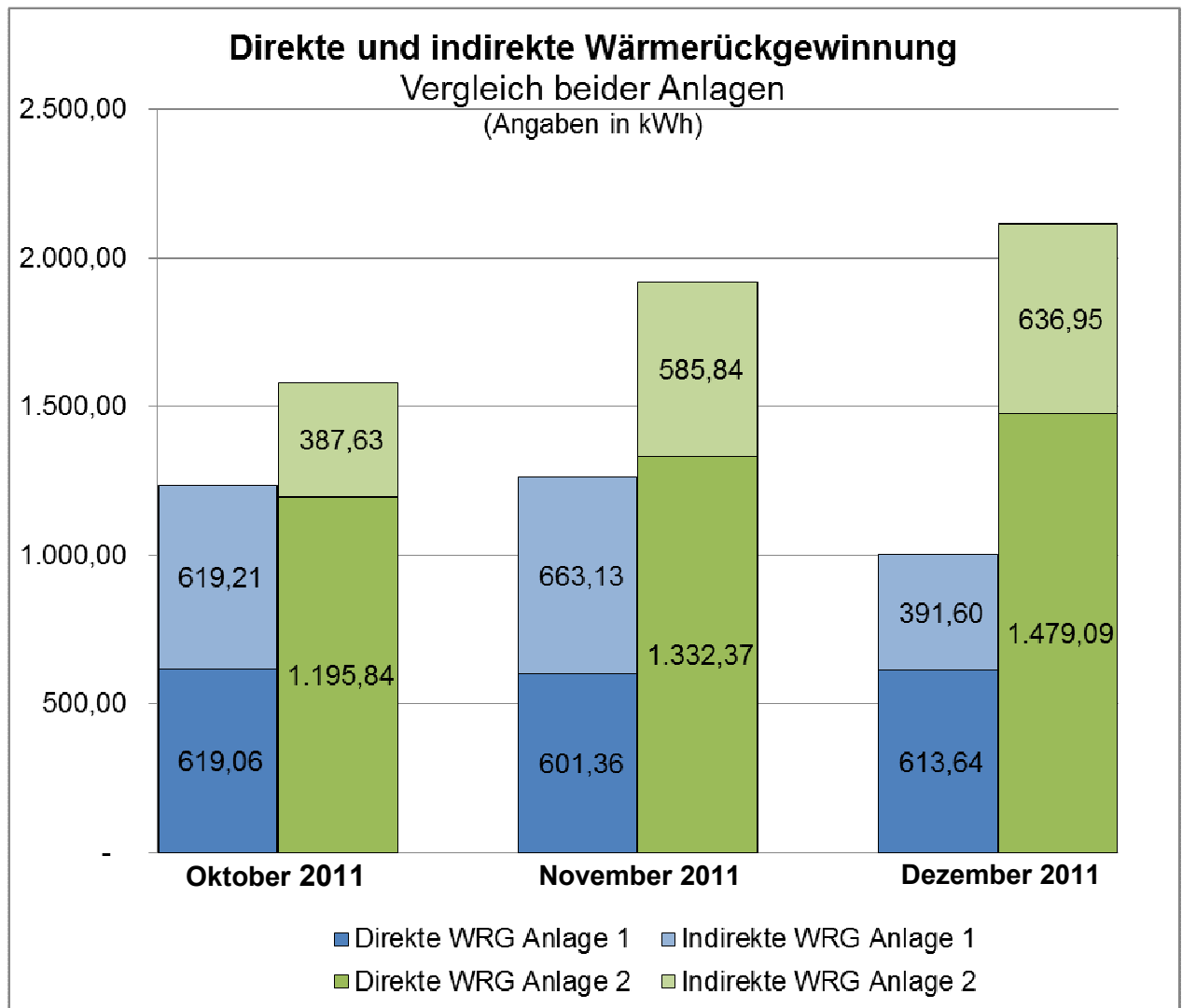


Abb. 9: Gegenüberstellung beider Anlagen nach erfolgtem Umbau

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Ergebnisse

Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, ist die Betrachtung der Energieverbräuche und –erträge über den Zeitraum eines Jahres empfehlenswert. Da die beiden Anlagen umgebaut wurden und aufgrund eines technischen Problems erst seit März 2011 eine gesicherte Datenlage besteht, wurden die Daten beider Anlagen für den Zeitraum März 2011 bis Februar 2012 ausgewertet. Die Ergebnisse werden in diesem Kapitel erläutert und gegenübergestellt. Ein erster Überblick ist in Tabelle 3 ersichtlich. An dieser Stelle wird nochmals darauf hingewiesen, dass die Simulation auf Basis der Anlage 1 durchgeführt wurde.

	Simulation	Anlage 1 77 Whg. 5.845 m ² WNFI. 240 m ² Kollektorfl.	Anlage 2 132 Whg. 9.519 m ² WNFI. 410 m ² Kollektorfl.
Gesamtenergieverbrauch	271.299,59 kWh	498.332,95 kWh	915.213,77 kWh
Raumwärmebedarf **	20 kWh/m ² a	51,15 kWh/m ² a	57,69 kWh/m ² a
Warmwasserbedarf	15,44 kWh/m ² a	34,10 kWh/m ² a	38,46 kWh/m ² a
Gesamteinsparung mit erneuerbaren Energien	65 %	18 %	25 %
Solarertrag in Relation zur Wohnnutzfläche	19,14 kWh/m ² a	15,68 kWh/m ² a	21,26 kWh/m ² a
Solarertrag in Relation zur Kollektorfläche	466,14 kWh/m ² koll.a	381,88 kWh/m ² koll.a	493,59 kWh/m ² koll.a
Grauwasserertrag vom Warmwasseraufwand	70 %	6,43 %	3,90 %*
Leitungs- und Zirkulationsverluste	30 %	164 %	160 %

Tabelle 3: Gegenüberstellung von Simulation und Ergebnissen beider Anlagen

* In Anlage 2 gab es aufgrund der Verschmutzung durch Speisefett von März – Mai 2011 keinen Ertrag aus der direkten Wärmerückgewinnung.

** bezogen auf m² - Wohnnutzfläche

Anlage 1 (siehe Abbildung 10)

Der gesamte Jahresenergiebedarf in Anlage 1 belief sich auf 498.332,95 kWh. Der tatsächliche Verbrauch liegt damit deutlich über dem simulierten Wert von 240.000 kWh. Es konnten 18 % des Jahresbedarfs über erneuerbare Energien aufgebracht werden, die restlichen 82 % mussten über Fernwärme eingespeist werden. Hier liegt man deutlich unter der geplanten Energieeinsparung von 65 %.

Der Solarertrag wurde in der Abbildung in die Bereiche Heizung Wärmepumpe und Heizung Wärmetauscher gegliedert. Insgesamt wurde ein Solarertrag von 15,68 kWh/m²a erzielt, der nur knapp unter dem geplanten Einsparungsziel von 19,14 kWh/m²a liegt. Bezieht man den gesamten Solarertrag von 91.652,35 kWh auf die Kollektorfläche von 240 m², so wurde pro m² Kollektorfläche ein Ertrag von 381,88 kWh/a erreicht.

Der geplante Grauwassertrag von 10,81 kWh/m²a wurde aufgrund der notwendigen Umbaumaßnahmen nicht erreicht. Er beläuft sich im Beobachtungszeitraum auf 2,19 kWh/m²a. In der Simulation wurde errechnet, das 70 % des eingesetzten Energiebedarfs für Warmwasser für die Wärmerückgewinnung wiederverwendet werden können. Dieser Prozentanteil liegt jedoch im betrachteten Zeitraum bei 6,43 %.

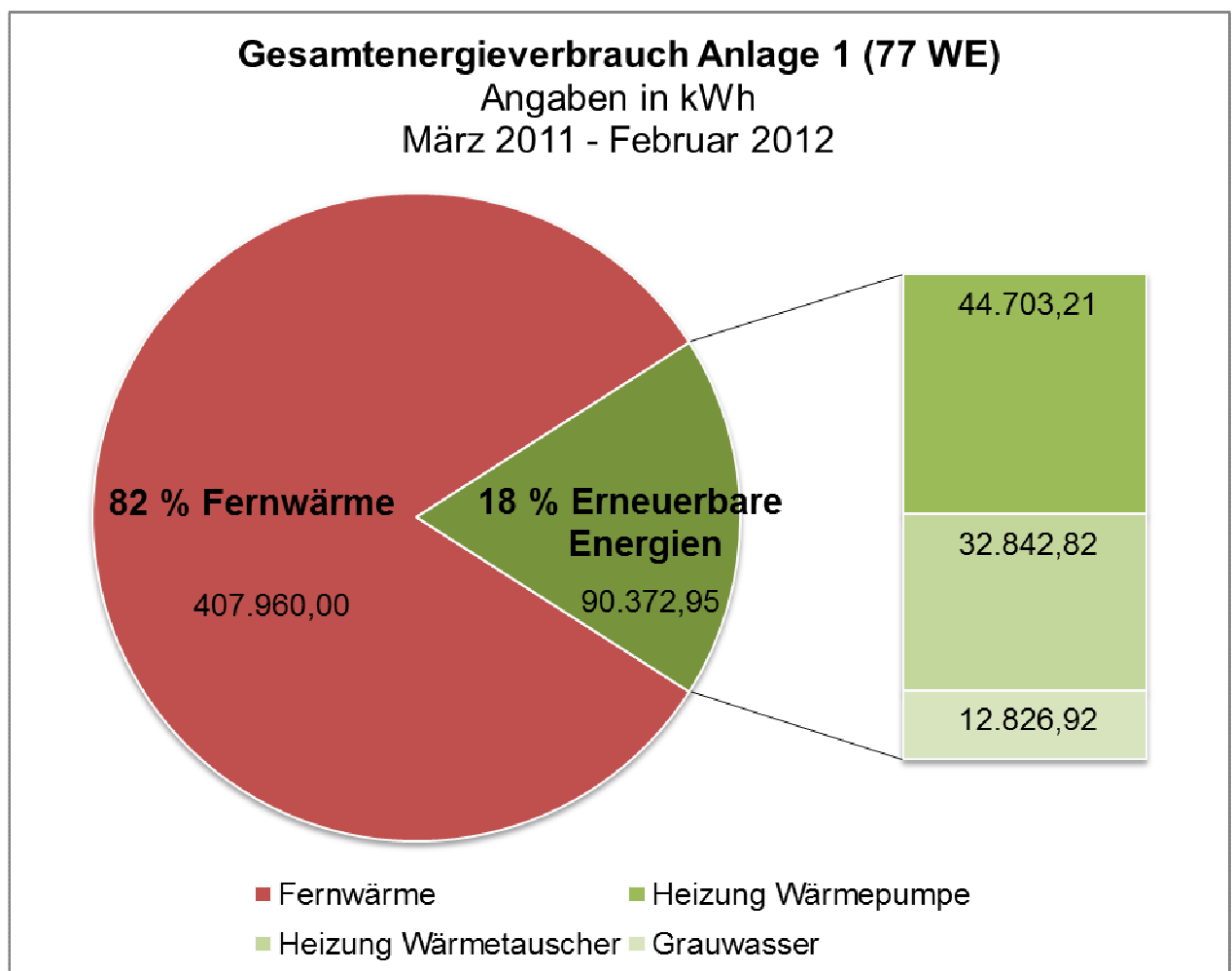


Abb. 10: Gesamtenergieverbrauch Anlage 1

Anlage 2 (siehe Abbildung 11)

Der gesamte Jahresenergiebedarf in Anlage 2 belief sich auf 915.213,77 kWh. 25 % davon wurden über erneuerbare Energien, 75 % über Fernwärme aufgebracht. Das geplante Einsparungspotenzial von 65 % wurde auch in Anlage 2 nicht erreicht.

Umgerechnet auf die Wohnnutzfläche wurde ein Solarertrag von 21,26 kWh/m²a erzielt, der das geplante Einsparungsziel von 19,14 kWh/m²a leicht übertrifft. Bezieht man den gesamten Solarertrag von 202.370,48 kWh auf die Kollektorfläche von 410 m², so wurde pro m² Kollektorfläche ein Ertrag von 493,59 kWh/a erreicht.

Der geplante Grauwassertrag von 10,81 kWh/m²a wurde auch hier aufgrund der notwendigen Umbaumaßnahmen nicht erreicht. Er beläuft sich im Beobachtungszeitraum auf 1,50 kWh/m²a, wobei aufgrund der Verfettung der Anlage in den Monaten März – Mai keine direkte Wärmerückgewinnung möglich war. In der Simulation wurde errechnet, dass 70 % des eingesetzten Energiebedarfs für Warmwasser für die Wärmerückgewinnung wiederverwendet werden können. Dieser Prozentanteil liegt im betrachteten Zeitraum bei 3,90 %.

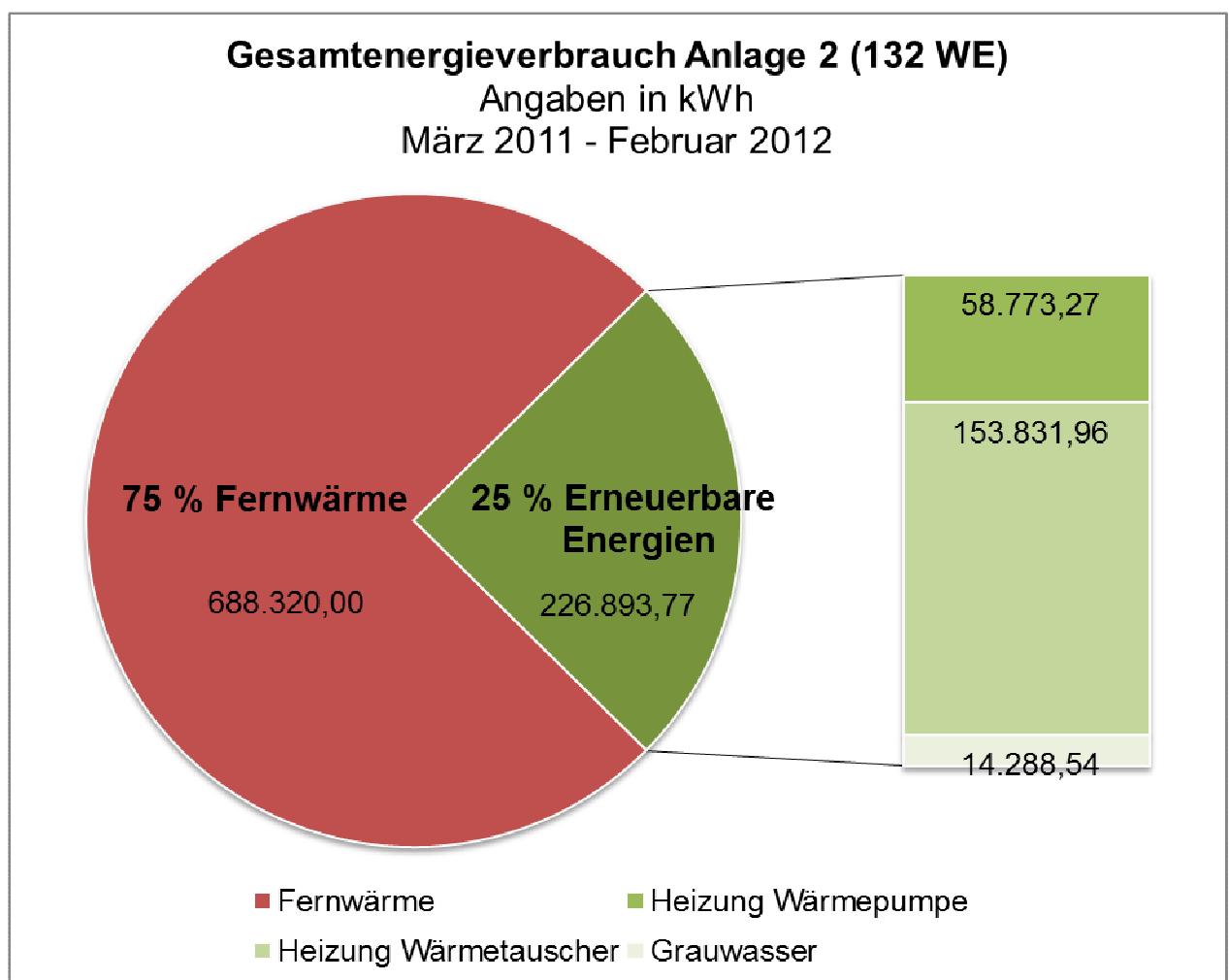


Abb. 11: Gesamtenergieverbrauch Anlage 2

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der tatsächliche Energieverbrauch von Anlage 1 zweimal und von Anlage 2 dreimal so hoch ist, wie die angepeilten Ziele sind. Der geplante Solarertrag wurde annähernd erreicht (Anlage 1) bzw. leicht übertroffen (Anlage 2). Der Grauwasserertrag liegt in beiden Anlagen hinter den erwarteten Ergebnissen zurück, was auf den verschmutzungsbedingten Umbau der Anlagen zurückzuführen ist.

Schlussfolgerungen

Dass die erzielten Einsparungen im Energieverbrauch nicht mit den Daten der Simulation übereinstimmen, hat mehrere Ursachen. Die Gründe, die zum Teil große Auswirkungen auf die Ergebnisse haben, werden nun erläutert, da dieses Wissen einen Vorsprung für zukünftige Projekte darstellt.

- Es wurde bereits in der Simulation von einem zu niedrigen Energieverbrauch ausgegangen. Die Berechnungen der Energiekennzahl erfolgte nach OIB-Richtlinien. Die Rückkopplung zwischen Theorie und Praxis zeigt auf, dass errechnete Energiekennzahlen bisher bei fast keinem Wohnobjekt erreicht wurden.
→ Errechnete Werte, die ausschließlich auf theoretischen Modellen basieren, sind nach Möglichkeit immer mit Erfahrungswerten aus der Praxis zu verifizieren und dahingehend abzuändern.
- Die errechnete Energiekennzahl basiert auf der Bruttogeschossfläche des Gebäudes. Sämtliche Berechnungen in der Simulation wurden jedoch mit der Wohnnutzfläche des Gebäudes durchgeführt, was zu verzerrten Werten und niedrigeren Energieverbräuchen führte.
- Der Strombedarf für die Wärmepumpe wurde mit 7 % ebenfalls zu niedrig angesetzt. Erste Abrechnungen zeigen, dass der tatsächliche Energieaufwand für die Wärmepumpe bei 20 % liegt.
- Die Weitläufigkeit des Verteilernetzes bei dem Projekt wurde unterschätzt. Da die beiden Energiegewinnungsanlagen insgesamt 4 getrennt stehende Gebäude versorgen müssen, sind die Leitungs- und Zirkulationsverluste trotz Wärmedämmung der Abwasserleitungen enorm hoch. Dabei sind die Verluste in Anlage 2 höher als bei Anlage 1, da Anlage 2 insgesamt 3 Gebäude versorgen muss. Die daraus resultierenden langen Wege ergeben eine große Oberfläche, was auch bei sehr gutem Dämmstandard zu hohen Verlusten führt.
→ Die Verwendung dezentraler Energiegewinnungsanlagen stellt daher trotz geringerer Einzelwirkungsgrade bei Wohnobjekten in dieser Größenordnung die bessere Alternative dar. Die Grauwasserrückgewinnung wird unwirtschaftlich, wenn zu geringe Mengen an Grauwasser erzeugt werden.
- Um eine weitgehend problemlose Realisierung erstellter Konzepte gewährleisten zu können, ist es notwendig, Theoretiker und Praktiker frühzeitig gemeinsam einzubinden. Das Wissen um die praktische Umsetzbarkeit bzw. die zu erwartenden Schwierigkeiten theoretischer Modelle ist für den erfolgreichen Abschluss von Forschungsprojekten von hoher Bedeutung. Im vorliegenden Projekt stellte z. B. das Zusammenspiel von Hydraulik und Regelung eine wesentliche Schnittstelle dar, die Spezialisten aus beiden Disziplinen erforderte. Hydraulische Komponenten können im Gegensatz zur programmierbaren Regelung als statisch bezeichnet werden. Sobald ein Leitungssystem verlegt und angeschlossen ist, sind Änderungen daran nicht mehr möglich. Einstellungen an der Regelung hingegen lassen sich jederzeit neu programmieren.

- Das Ergebnis dieses Forschungsprojekts wurde auch stark vom Nutzerverhalten beeinflusst, wodurch sich zusätzliche, im Konzept nicht einkalkulierte Schwierigkeiten ergaben. So musste aufgrund der permanenten Entsorgung von Speisefett über das Küchenabwasser die Wärmerückgewinnung aus Grauwasser in beiden Anlagen umgebaut werden. Dieser Umbau hatte jedoch hohe Einbußen beim Energieertrag zur Folge.
→ Beim Nutzerverhalten darf man nicht von optimalen Bedingungen ausgehen, sondern muss ergebnisbeeinträchtigendes Verhalten annehmen und in den Simulationen berücksichtigen. Selbst durch gute Aufklärung über projektfördernde Maßnahmen wie z. B. richtige Entsorgung von Ölen und Fetten oder korrektes Lüftungsverhalten, lassen sich Bewohner ihren „Lebensstil“ nicht vorschreiben.
- Eine wesentliche Erkenntnis des Projekts ist das hohe erreichbare Temperaturniveau im Grauwasserstrang. Hier konnte eine wichtige Forschungsannahme aus der Simulation verifiziert werden, die im ersten Schritt eine direkte Wärmerückgewinnung aus Grauwasser sinnvoll macht. Die Abarbeitung im zweiten Schritt mit Hilfe der Wärmepumpe – das heißt eine weitere Reduktion des Temperaturniveaus – wird als indirekte Wärmerückgewinnung bezeichnet und bringt einen weiteren Energiebeitrag.
Aufgrund der unterschiedlichen Konstruktionen der Wärmerückgewinnung aus Grauwasser in beiden Anlagen konnte ein unmittelbarer Vergleich von direkter und indirekter Wärmerückgewinnung gezogen werden. Während in Anlage 1 die Energieerträge aus der indirekten Wärmerückgewinnung höher sind, wurde bei Anlage 2 eine Umverteilung der Energieerträge auf die direkte Wärmerückgewinnung erzielt. Da bei dieser Variante keine zusätzlichen Stromkosten für die Wärmepumpe anfallen (indirekte Variante) ist diese Form der Energiegewinnung vorteilhafter.
- Zum Optimieren einer vernetzten Anlage sind gute Monitoring-Instrumente absolut notwendig. Nur mit Hilfe dauerhafter Aufzeichnungen können Schwachstellen im System rasch bemerkt und die Ursachen dafür lokalisiert und behoben werden.
- Die Phasen der Hygienisierung stellen in ausgedehnten Netzen generell einen sehr hohen Verlustfaktor dar, da das gesamte im Verteilungsnetz vorhandene Warmwasser auf konstante 70°C erhitzt und umgewälzt werden muss. Bei diesem Projekt kam erschwerend hinzu, dass die Hygienisierung anfangs täglich durchgeführt wurde, was enorme Energieverbräuche verursacht hat.
→ Auch in diesem Punkt sind dezentrale Energiegewinnungs- und Verteilungsanlagen vorteilhafter.
- Aufgrund der erhöhten Baufeuchte in Neubauten und der damit verbundenen Notwendigkeit des „Ausheizens“ sind die Verbrauchsdaten der ersten Heizperiode nur bedingt aussagekräftig.
→ Normale Verbrauchswerte und tatsächliche Energiegewinnungserträge lassen sich erst nach der dritten Heizperiode ermitteln.
Versteckte Verlustquellen sind noch vorhanden zB. die Dichtheit der Wohnungsübergabestationen zu den Fußbodenheizungsleitungen.

4 Ausblick und Empfehlungen

Konzeption der Wohnungsübergabe-Stationen überdenken

Bisher war das Temperaturniveau der Heizungsvorlaufleitungen (Fernwärme oder gasbeheizt) großzügig dimensioniert. Bei Nutzung von Solarenergie und Wärmerückgewinnungsansätzen sollte das Temperaturniveau jedoch so minimal wie möglich konzipiert werden.

Das bedeutet jedoch, dass die Wärmetauscher größer (vor allem aber mit längerer thermischer Strecke) ausgerüstet sein müssen. Aus Komfortgründen will der Mieter, wenn er den Warmwasserhahn aufgedreht, sofort Warmwasser erhalten. Dazu ist es notwendig, den Wärmetauscher im Stillstand primärseitig immer relativ stark zu durchströmen. Für das Haus 1 mit 77 Wohnungen müssen dafür bereits ca. 2.500 Liter pro Stunde umgewälzt werden.

Zur Erfüllung dieser Komfortansprüche müssen in einem Jahr ca. 22.000 m³ Wasser umgewälzt werden. Erschwerend kommt hinzu, dass dafür Wasser mit einer Mindesttemperatur von 50°C benötigt wird, was sowohl für die Solarnutzung als auch für die WRG-Anwendung sehr schlechte Voraussetzungen sind.

Hydraulik in vernetzten Energiesystemen

Warmwasser- oder Warmwasserheizungsnetze mit hohen Spitzenanforderungen bereiten der Einbindung von Alternativenergie (direkt oder aus Pufferspeichern) meist große Probleme. Zum einen kann eine hydraulisch parallele Einspeisung die Leistungsspitzen meist nicht abdecken und zum anderen verursacht die permanente Durchströmung hohe Widerstände und damit hohe Pumpenstromkosten. Eine serielle Einspeisung könnte die Leistungsspitzen abdecken, führt aber zu hohen Kosten der Wärmetauscher-Komponenten.

Komplexe Energiesysteme vermeiden

Die Kombination von drei unterschiedlichen Wärmequellen ist bereits umfangreich in Planung und Ausführung. Im gegenständlichen Projekt kommt erschwerend hinzu, dass zwei der drei Wärmequellen verschieden aktiviert werden und sich darüber hinaus auch noch gegenseitig beeinflussen. Die Optimierung solcher Energiegewinnungsanlagen ist nicht trivial und bietet noch Verbesserungspotenzial hinsichtlich Regelungstechnik. Eine diesbezügliche Einbindung von Fachhochschulen oder Universitätsinstituten scheint sinnvoll.

Gesetzliche Grundlagen Hygienerichtlinien

ÖNORMEN und gesetzliche Grundlagen stellen laufend höhere Anforderungen im Bereich der Kaltwasser- bzw. Warmwasseraufbereitung. Die Umsetzungen dieser Auflagen ist nicht nur kostenintensiv, sondern erschwert auch sehr viele neue und innovative Entwicklungen im Bereich der Einbindung von Alternativenergien.

Aus- und Weiterbildung

Die Aus- bzw. Weiterbildung von Planern, Installateuren aber auch Produktentwicklern ist hier ebenso gefordert, um zu ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Energiekonzepten zu gelangen. Wichtig ist dabei nicht nur ein Grundverständnis von Niedrig-Energiekonzepten mit minimalen Leistungen und geringen Temperaturdifferenzen, sondern z. B. auch ein Spezial-

wissen über den Widerspruch von ausgedehnten Leitungsnetzen und Minimalverbräuchen in Niedrigenergie- und Passivhäusern.

5 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1	Geplantes Energiekonzept beider Anlagen	Seite 13
Abbildung 2	Regelungsanlage der Alternativenenergie vor Ort.....	Seite 14
Abbildung 3	Verstopfung des Grauwasserbehälters mit Speisefett	Seite 16
Abbildung 4	Ursprüngliches Konzept zur Wärmerückgewinnung aus Grauwasser für beide Anlagen	Seite 17
Abbildung 5	Geändertes Konzept zur Wärmerückgewinnung aus Grauwasser in Anlage 1	Seite 17
Abbildung 6	Wärmerückgewinnung über zwei Entnahmestellen in Anlage 1	Seite 18
Abbildung 7	Wärmerückgewinnung aus Grauwasser vor und nach dem Umbau ...	Seite 19
Abbildung 8	Geändertes Konzept zur Wärmerückgewinnung aus Grauwasser in Anlage 2	Seite 19
Abbildung 9	Gegenüberstellung beider Anlagen nach erfolgtem Umbau	Seite 20
Abbildung 10	Gesamtenergieverbrauch Anlage 1	Seite 22
Abbildung 11	Gesamtenergieverbrauch Anlage 2	Seite 23
Tabelle 1	Einsparung und Energiekosten der vier Energiekonzepte	Seite 11
Tabelle 2	Detailplanung des ausgewählten Energiekonzepts	Seite 12
Tabelle 3	Gegenüberstellung von Simulation und Ergebnissen beider Anlagen.....	Seite 21

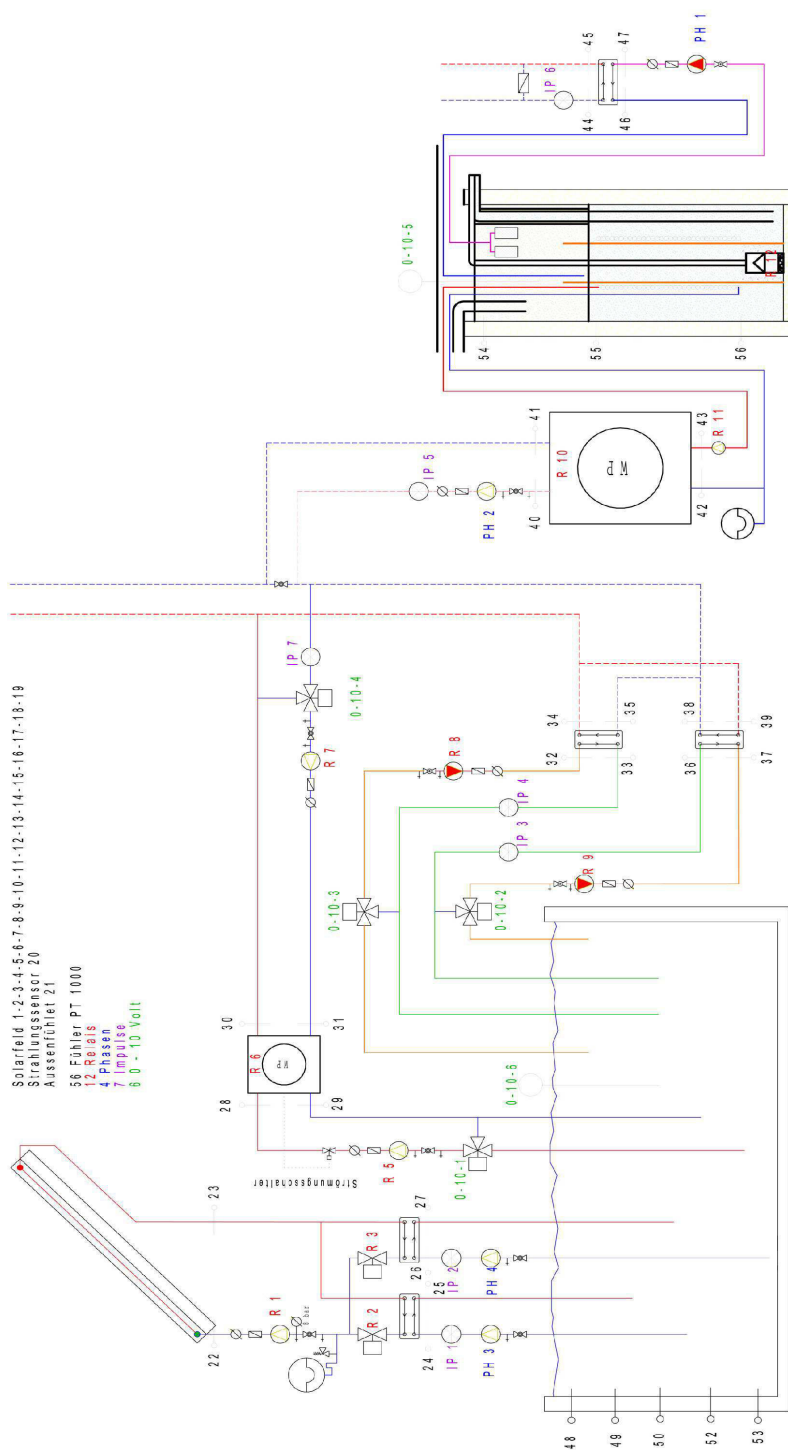
6 Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (2011): „Energiestatus Österreich 2011“. Online unter http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/Energiestatus2011_Homepage.pdf (24.2.2012)

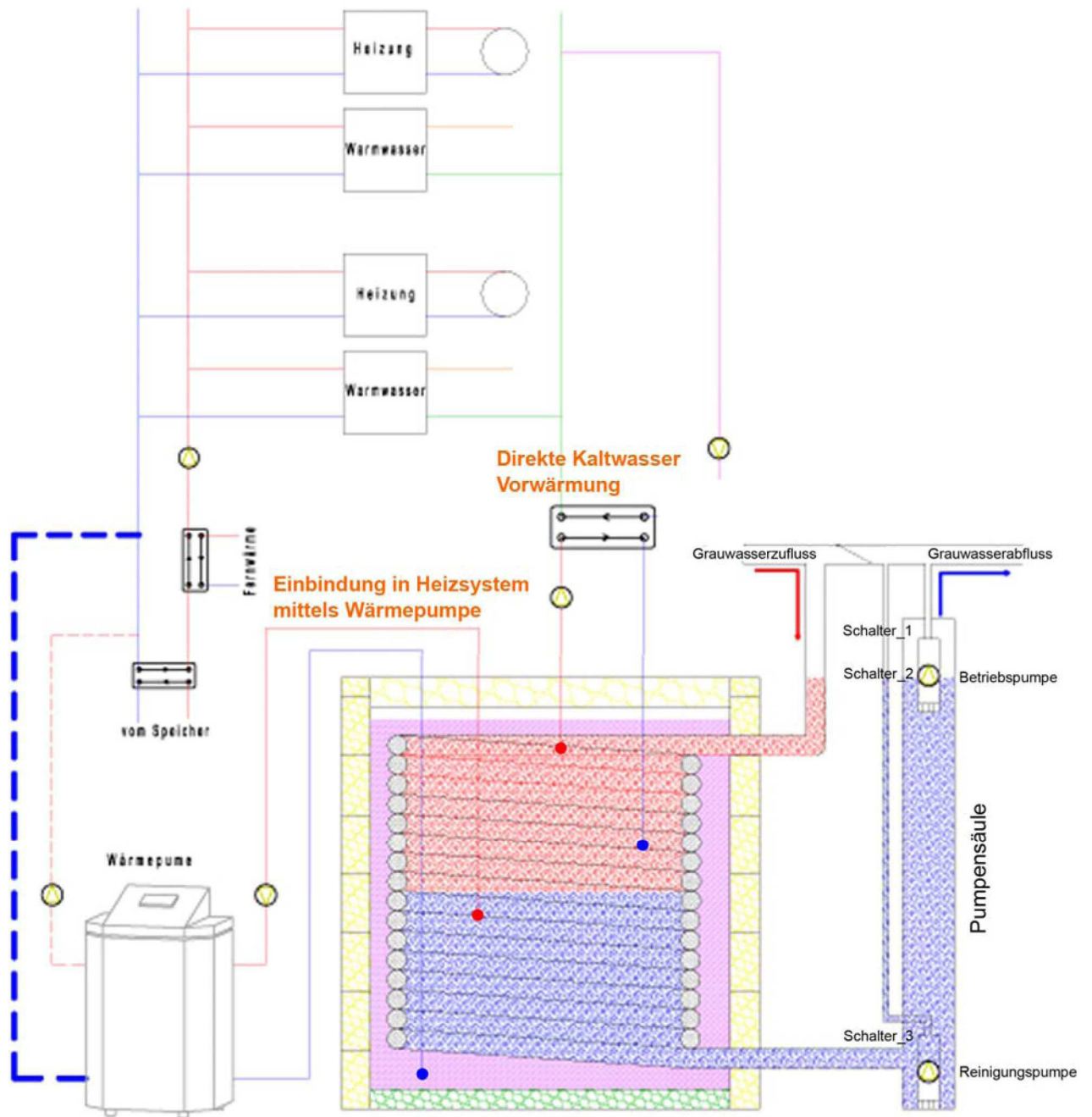
Reset (2012): „Emissionsrechtehandel“. Online unter <http://reset.to/wissen/emissionsrechtehandel-co2-zertifikate?gclid=COSk97O2w64CFUFD3wodyR1OWA> (29.2.2012)

7 Anhang

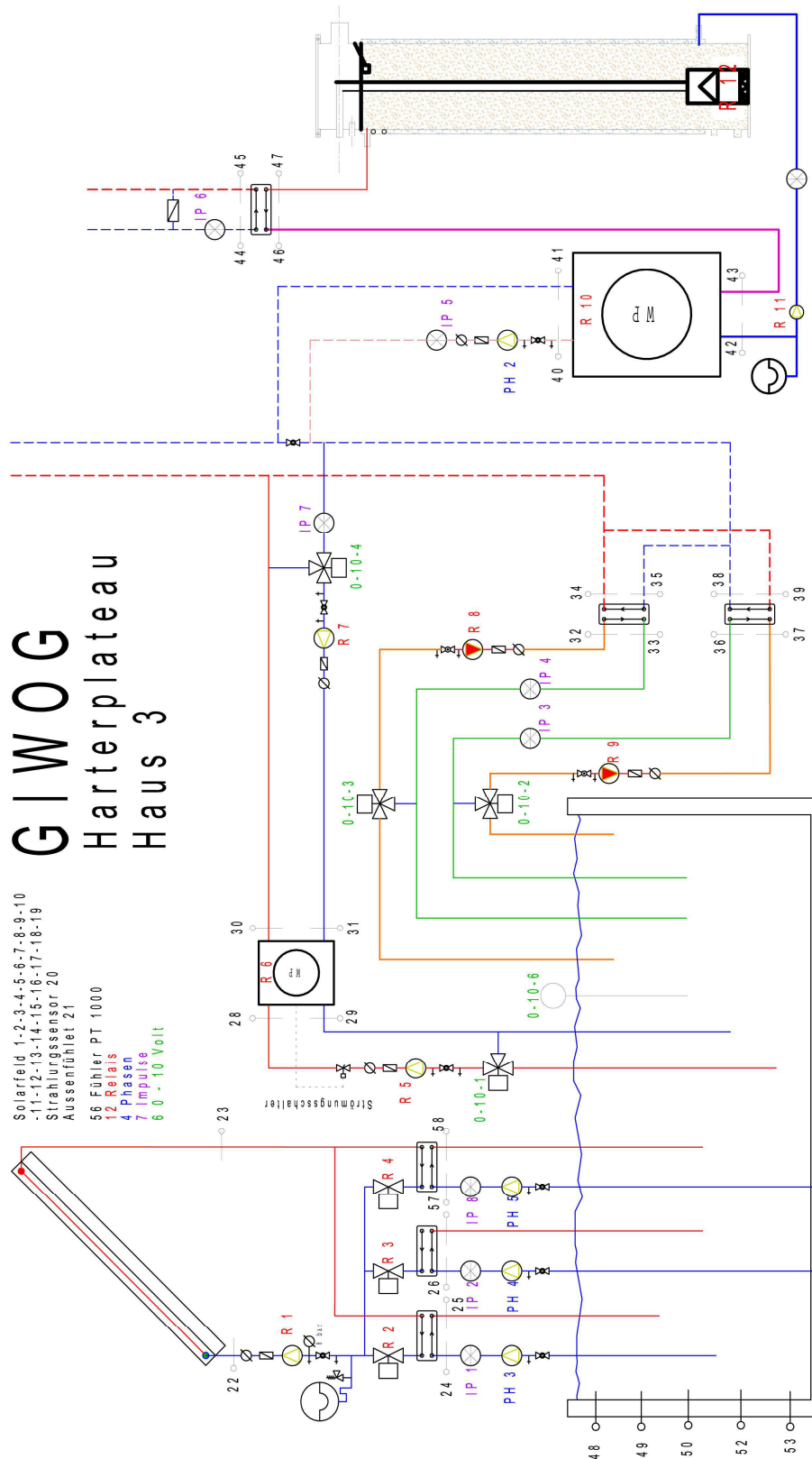
7.1 Simulation Anlage 1



7.2 Anlagenplan Anlage 1



7.3 Anlagenplan Anlage 2



7.4 Bilder der Anlage

Hier sind die beiden Wärmepumpen der Anlage abgebildet. Die linke Wärmepumpe ist für die Nutzung der Solarenergie und die rechte Wärmepumpe ist für das Grauwasser zuständig.

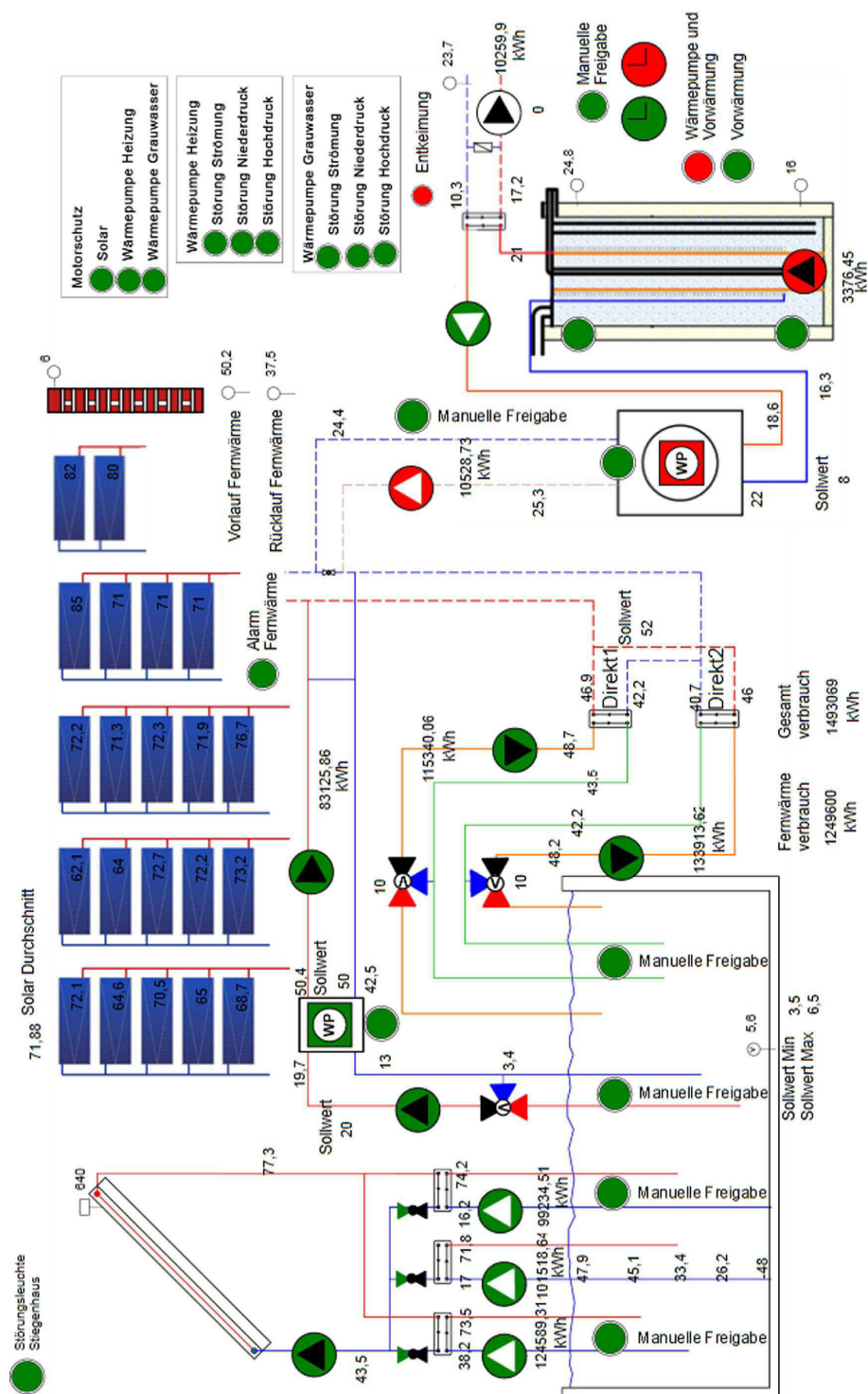


Dieses Bild zeigt den Grauwasserspeicher der Anlage 1 (vor Umbau).



7.5 Online-Monitoring

Die dargestellte Abbildung des Online Monitorings ist eine Momentaufnahme der Anlage 2 im Haus 3. Die Werte bei den einzelnen Leitungen stellen Temperaturen und kWh dar. Sie ändern sich laufend, während das Online-Monitoring im Webbrowser geöffnet ist. So ist eine momentgetreue Übersicht der Anlage möglich.



Haus 3

IMPRESSUM

Verfasser

GIWOG
Gemeinnützige Industrie-Wohnungs-
Aktiengesellschaft

Alfred Willensdorfer
Welser Straße 41, 4060 Leonding
Tel: 050 8888
Fax: 050 8888 199
E-Mail: kundencenter@giwog.at

Projektpartner

TB DI Mag. Johann Aschauer
Architekturbüro DI Stögmüller

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige
Verantwortung für den Inhalt dieses
Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise
die Meinung des Klima- und Energiefonds
wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die
Weiternutzung der hier enthaltenen
Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH