



## Plusenergie – vom Quartier zur Gemeinde

Steigende Energiekosten führen zu einer zunehmenden Belastung von Privathaushalten, Unternehmen und Gemeinden. Deshalb arbeitet die Gemeinde Wüstenrot seit 2007 daran, energieautark und langfristig zur Plusenergiegemeinde zu werden. Das Projektteam unter Leitung des Forschungszentrums Nachhaltige Energietechnik der Hochschule für Technik Stuttgart entwickelte die Strategie „Kommunale netzgebundene Energieversorgung – Vision 2020“, die in einem ersten Schritt in der Plusenergiesiedlung „Vordere Viehweide“ modellhaft umgesetzt wird, mit einer kalten Nahwärmeversorgung über ein sogenanntes Agrothermiefeld – also oberflächennaher Geothermie – und ein intelligentes Lastmanagement. Dazu werden alle Energieflüsse der Siedlung einem detaillierten Monitoring unterzogen.

### Fahrplan für Wüstenrot

Bis 2020 soll die Gemeinde ihren gesamten Energiebedarf aus erneuerbaren Energieträgern auf der Gemeindefläche von 3.000 Hektar selbst erzeugen und mögliche Überschüsse an der Strombörse vermarkten. Für die Planung der weiteren Schritte auf dem Weg zur Plusenergiegemeinde entwickelt das Forscherteam ein 3D-Stadtmodell auf Geoinformationsbasis, mit dem sich der jeweilige Ist-Zustand visualisieren lässt. Verschiedene Szenarien für den Ausbau der erneuerbaren Energien werden auf Basis von Potenzialanalysen errechnet und dienen als Grundlage für eine sogenannte Roadmap für Wüstenrot. Dieser Maßnahmen-Katalog wird mit Finanzierungskonzepten untermauert, damit die Gemeinde ihr Ziel auch realistisch erreichen kann. Konkret werden mithilfe von Simulationen die Belastbarkeit des Stromnetzes untersucht, Schwachstellen lokalisiert sowie notwendige Netzausbauszenarien und der Bedarf an intelligenter Netz- und Verbrauchssteuerung ermittelt.

## Projektbeteiligte

- » **Projektkoordination und -durchführung:** Hochschule München – Competence Center – Energieeffiziente Gebäude (CCEG), München, Dr. Volker Stockinger, volker.stockinger@hm.edu
- » **Projektleitung:** Hochschule München – Competence Center – Energieeffiziente Gebäude (CCEG), München, Prof. Dr. Werner Jensch, werner.jensch@hm.edu
- » **Bodengutachten und Simulationstools oberflächennahe Geothermie:** Technische Universität Dresden – Institut für Bauklimatik (IBK), Dresden, Prof. Dr. John Grunewald
- » **Bauträger:** Ludmilla Wohnbau GmbH, Landshut, www.ludmilla-wohnpark-landshut.de
- » **Monitoring und Visualisierung:** GSG Geologie-Service GmbH, Würzburg, www.geologie-service.de
- » **Heizung, Lüftung, Sanitär:** B&G Zentralheizungsbau GmbH, Rottenburg a. d. Laaber, www.b-g-haustechnik.de
- » **Elektro:** Elektro Schwinghammer, Landshut, www.elektro-schwinghammer.de

## Links und Literatur

- » [www.eneff-stadt.info](http://www.eneff-stadt.info)
- » Stockinger, V.: Energie@-Siedlungen und -Quartiere. Definition, Planung, Betrieb, Nutzung, Bilanzierung und Bewertung. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl., 2016. 162 S., ISBN 978 3 8167-9653-4
- » Stockinger, V.; Jensch, W.; Grunewald, J.: +Eins – Plusenergiesiedlung Ludmilla-Wohnpark in Landshut. Schlussbericht. FKZ 0327431R. Hochschule für angewandte Wissenschaften München (HM). Competence Center Energieeffiziente Gebäude (CCEG). Fakultät Versorgungs- und Gebäudetechnik (Hrsg.). 2015
- » Stockinger, V.: Energiesparen kostet nichts. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl., 2012. 112 S., ISBN 978 3-8167-8545-3

## Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Nullenergie- und Plusenergiegebäude. BINE-Themeninfo II/2015
- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter [www.bine.info/Projektinfo\\_01\\_2016](http://www.bine.info/Projektinfo_01_2016)

BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter [www.bine.info/abo](http://www.bine.info/abo)

## Impressum

Projektorganisation  
Bundesministerium  
für Wirtschaft und Energie (BMWi)  
11019 Berlin

Projektträger Jülich  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Doris Laase  
52425 Jülich

Förderkennzeichen  
0327431R, 03ET1299A

ISSN  
0937-8367

Herausgeber  
FIZ Karlsruhe · Leibniz-Institut  
für Informationsinfrastruktur GmbH  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autorin  
Anna Durst

Urheberrecht  
Titelbild und Abbildung 1:  
Ludmilla Wohnbau GmbH  
Abbildungen 2 – 4:  
Dr. Volker Stockinger

Eine Verwendung von Text und  
Abbildungen aus dieser Publikation ist  
nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion  
gestattet. Sprechen Sie uns an.

## Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?  
Wir helfen Ihnen weiter:

**022892379-44**  
[kontakt@bine.info](mailto:kontakt@bine.info)

**BINE Informationsdienst**  
Energieforschung für die Praxis  
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197  
53113 Bonn  
[www.bine.info](http://www.bine.info)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## Plusenergie-Konzept in Siedlung getestet

Intensiv-Monitoring, Bewohnerumfrage und Betriebsoptimierung im Quartier halfen, den Energieverbrauch zu senken



*Auf einer Industriebrache entstand eine Siedlung mit mehr als 180 Wohneinheiten in Plusenergie-Bauweise. Doch wie aufwendig ist es, diesen Niedrigenergie-Gebäudetyp energieeffizient zu betreiben? Und wie stark beeinflussen die Bewohner den Energieverbrauch? Um das herauszufinden, überwachten Forscher der Hochschule München und der Technischen Universität Dresden das Quartier messtechnisch und optimierten die Technik im Betrieb. Eine Software visualisierte zusätzlich den Energieverbrauch für die Bewohner.*

Ab 2021 dürfen nach der Gebäuderichtlinie der Europäischen Union private Gebäude nur noch als Niedrigstenergie-Haus gebaut werden. Diese haben einen jährlichen Energieverbrauch von nahezu Null. Der Plusenergie-Standard geht in puncto Energiebilanz noch einen Schritt weiter. Ein Plusenergiehaus erzeugt über das Jahr bilanziell mehr Energie als es verbraucht. Plusenergiehäuser sind derzeit noch selten, werden angesichts ihrer positiven Jahresenergiebilanz jedoch in naher Zukunft immer populärer. Daher untersuchten Wissenschaftler und Planer nahe München eine ganze Wohnsiedlung dieses Gebäudetyps. Im Projekt +Eins (Plusenergiesiedlung Ludmilla-Wohnpark Landshut) verfolgten sie das primäre Ziel, neue Erkenntnisse über Plusenergie-Siedlungen an einem real umgesetzten Pilotprojekt zu gewinnen. Dafür entstand auf einer zentral gelegenen Industriebrache in Landshut der Ludmilla Wohnpark als Plusenergie-Wohnsiedlung. Auf dem Grundstück von rund 7.300 Quadratmetern wurden fünf Einfamilienhäuser (EFH), zwei Doppelhäuser, sechs Reihenhäuser und acht Mehrfamilienhäuser (MFH) mit insgesamt 55 Wohnungen gebaut.

Dieses Forschungsprojekt  
wird gefördert vom

Bundesministerium für Wirtschaft  
und Energie (BMWi)

Die Mehrfamilienhäuser umschließen in zwei Reihen das Wohnareal, in dessen Mitte sind die Reihen- und Einfamilienhäuser parallel zueinander angeordnet. Zur Renatastraße befinden sich die zwei Doppelhäuser und ein Einfamilienhaus mit Grünflächen (Abb. 1). Um das Plusenergie-Ziel zu erreichen, ist eine sehr gute Dämmung der Gebäudehülle unerlässlich. Neben der Energieeinsparung hatte jedoch auch die Nutzung erneuerbarer Energien oberste Priorität. Abweichend von den heute in den meisten Neubauten eingesetzten Wärmedämmverbundsystemen kamen im Landshuter Bauvorhaben Ziegel mit integrierter Dämmung zum Einsatz. Bei diesen wurden die Lufträume mit einem Mineralgranulat gefüllt. Die Ziegel mit Granulat erreichen einen Wärmeleitwert  $\leq 0,04 \text{ W/mK}$  und eine sehr hohe Dämmung der Außenwand mit einem U-Wert von  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Die eingesetzten dreifach verglasten Fenster haben einen  $U_w$ -Wert von  $0,92 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Sämtliche Bauteile unterschreiten somit die geforderten Mindestwerte der EnEV 2009 deutlich und auch die Vorgaben der EnEV 2014. Alle Wohnungen im Wohnpark erfüllen nach EnEV 2009 mindestens den Standard des KfW-Effizienzhauses 55.

**Gebäudetechnik im Wohnquartier**

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei Plusenergie-Siedlungen ist der Einsatz innovativer Gebäudetechnik. Zu den wichtigsten Energielieferanten gehören die Photovoltaik(PV)-Anlagen auf den Dächern des Wohnparks, ein Blockheizkraftwerk (BHKW) und eine Brennwerttherme als Spitzenlastkessel (Abb. 2). Zudem steht ein 10.000-Liter-Pufferspeicher zur Verfügung.

Die Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser werden über Kleinstwärmepumpen beheizt. Die Beheizung der Räume erfolgt über Fußbodenheizungen mit einer maximalen Vorlauftemperatur von  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  (LowEx). Erdkollektoren mit unterschiedlichen Einbauvarianten nutzen oberflächen-nahe Erdwärme. PV-Anlagen auf den Dächern der Wohngebäude decken den Strombedarf für Hilfsenergien von Beheizung, Belüftung und Warmwasserbereitung. Der nicht im Wohnpark verbrauchte Strom aus den PV-Anlagen und dem BHKW wird in das Stromnetz gespeist.

In den Mehrfamilienhäusern erwärmt ein Brennwert-BHKW das Trinkwasser. Die gesamte Versorgung der Mehrfamilienhäuser erfolgt über ein Nahwärmenetz. Die Vorlauftemperatur im gesamten Nahwärmenetz liegt wegen der Kompakt-Stationen bei maximal  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Das hilft, Verluste in der Wärmeverteilung gering zu halten. In allen Wohnungen des Ludmilla Wohnparks wurden zentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung installiert, welche für eine kontrollierte Wohnraumlüftung sorgen.

**Intensiv-Monitoring enttarnt Rebound-Effekt**

In zwei der insgesamt vier Bauabschnitte (Abb. 1) untersuchten Wissenschaftler, wie und in welchen Bereichen mehr Energie erzeugt als verbraucht wird. Dafür installierten die Forscher im Bauabschnitt 1 und 2 insgesamt 700 Sensoren, die unter anderem Strom und Wärmeströme erfassen. 99 von den 700 Sensoren maßen in 99 Räumen von 17 Wohnungen Temperatur und Feuchte. Zusätzlich wurde in acht MFH der Endenergieverbrauch an Wärme und für die EFH die gewonnene Umweltwärme aus oberflächennaher Geothermie gemessen. Dazu kamen eine Vielzahl von Temperaturfühlern innerhalb des Geothermiefeldes im Erdreich und den Leitungen zum Einsatz.



Abb. 1 Die Grafik zeigt den Lageplan des Ludmilla Wohnparks der untersuchten Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäusern sowie den Mehrfamilienhäusern.

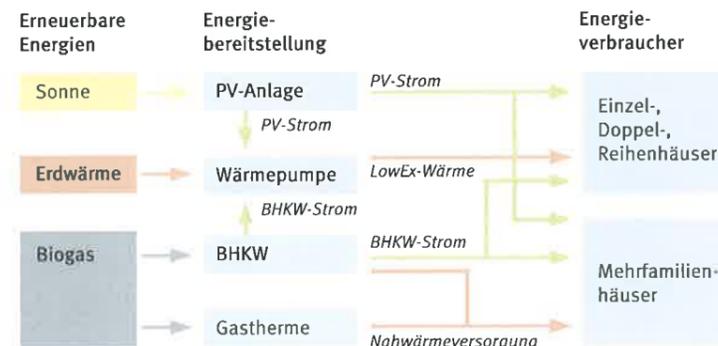


Abb. 2 Geplanter Energieverbund des Ludmilla Wohnparks Landshut

Im Normalfall bewegt sich der Energieverbrauch energieeffizienter Gebäude wegen des sehr guten Gebäude- und Anlagenstandards auf einem niedrigen Niveau. Doch effiziente Gebäude und Anlagen, wie sie im Wohnpark vorhanden sind, können ihr Potenzial nur bei richtiger Nutzung voll ausschöpfen. Unsachgemäßes Verhalten führt dazu, dass deutlich mehr Energie verbraucht wird als erwartet (siehe Infobox). Das Intensiv-Monitoring machte deutlich, dass der Nutzer elementaren Einfluss hat. Es zeigten sich Abweichungen im Nutzenergieverbrauch von  $\pm 100 \%$  und in Extremfällen mehr als  $150 \%$  vom Siedlungsdurchschnitt. Diese Schwankungen sind nicht auf äußere Störfaktoren, sondern ausschließlich auf das Nutzerverhalten zurückzuführen. Der Grund: Je effizienter ein Gebäude, desto höher der Rebound-Effekt. Der Projektkoordinator Dr. Volker Stockinger erklärt: „Den Rebound-Effekt kalkulierten wir zwar ein, allerdings fiel der tatsächliche Einfluss im Wohnpark deutlich höher aus als erwartet. Der durchschnittlich gemessene Verbrauch aller EFH und MFH lag um 15 bis  $30 \%$  darüber.“ Das bestätigte auch die Verbrauchs-Visualisierung zur Sensibilisierung der Nutzer.

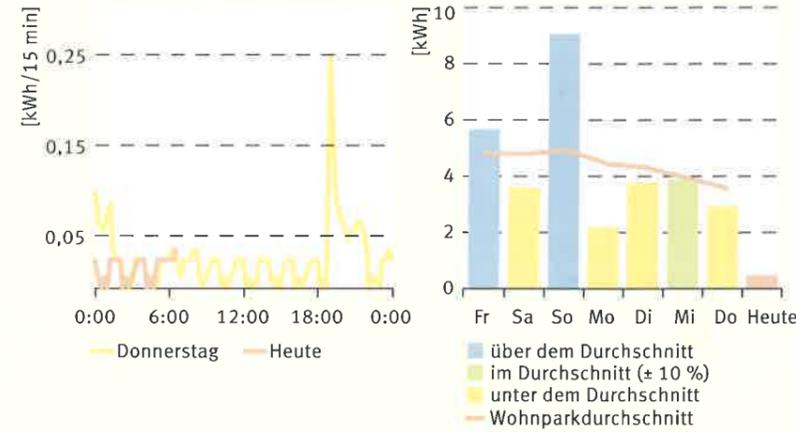


Abb. 3 Die Online-Plattform O-ViVE visualisiert Nutzenergieverbräuche – hier ein Ausschnitt des Verlaufs und der Summen der vergangenen sieben Tage.

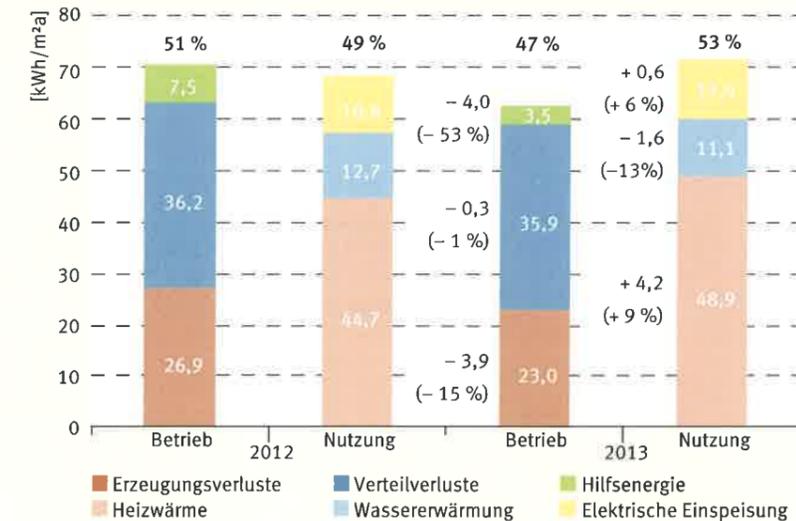


Abb. 4 Gegenüberstellung der betriebsbedingten und nutzerabhängigen Energieverbräuche in 2012 und 2013 für die Nahwärmeversorgung: Die Hilfsenergien reduzierten sich von  $7,5$  auf  $3,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  – das entspricht einem Rückgang um  $53 \%$ . Die Verteilverluste blieben fast gleich ( $-0,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ), während die Erzeugungsverluste um  $3,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  zurück gegangen sind. Der Heizwärmeverbrauch stieg um  $(+4,2 \text{ kWh/m}^2\text{a})$ .

**Bewohner-Befragung und Verbrauchs-Visualisierung**

Die Wissenschaftler befragten die Bewohner detailliert zum Thema Energiesparen und ihrem persönlichen Verhalten und Nutzung. Unter anderem sollten die Bewohner angeben, inwieweit sie sich in ihren energetisch optimierten Gebäuden wohl fühlen. Im Anschluss dieser ersten Befragung wurden Schulungen über energiesparendes Wohnen durchgeführt und die Online-Plattform zur Visualisierung von Energieverbräuchen (O-ViVE) für die Bewohner freigeschaltet. Damit sich der gewünschte Energiesparverfolg einstellt, konnten die Bewohner in O-ViVE ihren aktuellen Energieverbrauch für Strom, Heizung und Warmwasser ablesen (Abb. 3). Dies sollte das Bewusstsein für Energie positiv beeinflussen. „Energiesparen wird von den meisten Bewohnern mit Stromsparen gleichgesetzt. Das Bewusstsein, thermische Energie durch bewusstes Verhalten einzusparen, ist hingegen noch nicht so tief verankert“, erklärt Volker Stockinger. Planungsleitfäden sollen die am Beispiel des Ludmilla Wohnparks gewonnenen Erkenntnisse auf andere Bauvorhaben übertragbar machen. Daran arbeiten die Forscher derzeit noch.



**Rebound-Effekt**

Trotz verbesserter Energieeffizienz kann der Energieverbrauch durch Nutzerverhalten sogar noch weiter steigen – im Extremfall so stark, dass die Einspareffekte effizienterer Geräte komplett zunichte gemacht werden. Rebound-Effekt nennen Fachleute das Phänomen. Sind Geräte effizienter, tendieren die Nutzer dazu, sie häufiger oder länger zu benutzen. So wird das Einsparpotenzial von Effizienzsteigerungen nicht oder nur teilweise erreicht. Energiebewusstes Verhalten wiederum beeinflusst das Ergebnis positiv. Führt die Effizienzsteigerung gar zu erhöhtem Verbrauch – also zu einem Rebound-Effekt von über  $100 \%$  – spricht man von Backfire.

**Im Betrieb optimiert**

Im Laufe des Projektes zeigte sich, dass sich der Energieverbrauch auch mit einer Betriebsoptimierung weiter minimieren lässt. Dafür passten die Forscher hauptsächlich den hydraulischen Abgleich des Nahwärmenetzes sowie die Regelung für die kontrollierte Wohnraumlüftung an und banden das Blockheizkraftwerk hydraulisch anders als zunächst angedacht in das Gesamtsystem ein.

Abbildung 4 zeigt die Gegenüberstellung der betriebsbedingten Verluste sowie der bereitgestellten Nutzenergien für die Zeit vor (2012) und nach der Betriebsoptimierung (2013). Der hohe Anteil der Erzeugungs- und Verteilverluste sowie der Hilfsenergien von  $51 \%$  am Endenergieverbrauch vor der Optimierung zeigt die Relevanz eines optimierten Anlagenbetriebes. Es kamen also weniger als die Hälfte der eingesetzten Endenergie bei den Nutzern an. Erzeugungsverluste und Hilfsenergien wurden merklich reduziert – bei gleichzeitig erhöhter Nachfrage nach Heizwärme. Insgesamt konnte  $20 \%$  Energie für die Wärmeversorgung der MFH sowie  $50 \%$  an Hilfsenergie eingespart werden.

**Fortführung des Monitorings**

Das Forscherteam führt die Erkenntnisse aus Landshut im Projekt „Netzneutrales Energieplus-Quartier“ (+EQ-Net) fort. Die Idee ist während der Untersuchung von +Eins entstanden. „Wir wollen das Monitoring konsequent fortsetzen. Oberste Priorität unserer Untersuchungen ist die elektrische Netzneutralität“, sagt Stockinger. Die Fortführung des Monitorings dient dazu, das energetische Verhalten eines neuen netzneutralen Quartiers detailliert zu beurteilen. Ebenso sollen in +EQ-Net die Entkopplung der Erzeugung vom Verbrauch mit Energiespeichern, die gekoppelte Wärme- und Stromerzeugung, Power-to-Heat, saisonale Regelungskonzepte, integrale Planung und integrale Betriebsoptimierung sowie der noch stärkere Einbezug der Nutzer und ihrer Bedürfnisse berücksichtigt werden. Ein saisonales Regelungskonzept soll zum einen das Energiekonzept möglichst netzverträglich steuern, zum anderen den Anteil an Hilfsenergie durch variable Lüftungs- und Wärmeverteilungskonzepte so gering wie möglich halten. Die Messwerte fließen dann in O-ViVE ein – diesmal als funkbasierte Variante. Auch hier mit dem Ziel, die Bewohner hinsichtlich ihrer Energieverbräuche zu sensibilisieren.