SELBSTVERSORGERHÄUSER

WÄRME UND STROMAUTARK DANK SOLARENERGIE

xxxxx

Häuser die sich selbst versorgen und keinen Energieversorger mehr benötigen, das ist ein schon lang gehegter Traum vieler Bauherren. Die Idee der Energieautonomie wird schon lange verfolgt, bereits 1992 gab es ein erstes Solarhaus, dass sich selbst mit Energie versorgte. Das energieautarke Solarhaus in Freiburg, als Nullenergiehaus konzipiert, war allerdings noch ein Forschungsobjekt. Der Bauherr, das Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme (ISE), kein gewöhnlicher Erbauer, bewies allerdings schon damals, dass es möglich ist ein Haus zu errichten, das gänzlich ohne konventionelle Energieträger auskommt. Das Freiburger Solarhaus deckte 100% seines Energiebedarfs (Wärme und Strom) durch die thermische und photovoltaische Nutzung der Sonnenenergie.

Zwei autarke Häuser

In Freiberg stehen seit dem Sommer 2013 zwei energieautarke Häuser in unmittelbarer Nachbarschaft. Die Häuser folgen dem Konzept des ersten bezahlbaren und tatsächlich energieautarken Hauses in Europa. Eine Projektgruppe der Helma Eigenheimbau AG unter Leitung von Timo Leukefeld entwickelte dies im Jahr 2011. Bei diesen beiden bewohnten Gebäuden werden in den nächsten Jahren ganz neuartige Konzepte für ein autarkes Lüftungs-, Kühlungs- und Wasserversorgungssystem entwickelt. Die beiden Häuser werden ganz unterschiedlich genutzt. Eines dient als klassisches Einfamilienhaus, das andere wird gewerblich genutzt, es ist bzw. als Arbeitsplatz.

Die Häuser decken ganzjährig ihren Bedarf an Heizung und Warmwasser weitestgehend mit der Sonne, dazu sind in die steilen Dachflächen 46 m² große Kollektorflächen integriert. In Kombination mit einem 9 m³ Langzeitwärmespeicher wird eine solare Deckungsrate von über 65 Prozent erreicht. Den zusätzlichen Bedarf deckt ein Kaminofen mit Hilfe von etwa 2 bis 3 Festmeter Stückholz pro Jahr. Wärmeseitig ist das energieautarke Haus somit nicht ganz unabhängig.

Neben der Wärmeautarkie sind die Gebäude auch auf eine Eigenversorgung mit Solarstrom ausgelegt. Dafür sorgt eine 8 kWp Photovoltaik-Anlage, die wie die

Solarthermieanlage ebenso dachintegriert ausgeführt ist. Das Solardach ersetzt den Dachziegel und ist ein vollwertiges Dach. Um den selbst gewonnen Strom flexibler einsetzen zu können, wird dieser in einem Energiespeicher (Akku) zwischen gelagert. So kann beispielsweise ein Elektromobil auch noch am Feierabend, das heißt wenn die Sonne gerade nicht scheint, mit eigenproduziertem Strom geladen werden. Der Akku ermöglicht es dem Haus vollständig ohne Strom-

Externe Nutzung der Speicher

Es ist zwar nicht nötig, das Haus an das öffentlichen Stromnetz anzuschließen, aber nur so kann man die Energieüberschüsse ins Netz einspeisen, wenn man beispielsweise noch kein Elektrofahrzeug sein Eigen nennt oder noch unter den veranschlagten 2.000 kWh liegt. Der Vorteil des Stromanschlusses muss jedoch nicht nur für den Gebäudeeigentümer von Vorteil sein, auch Energieversorger können von dem Konzept profitieren. So stellt eines der Häuser dem regionalen Energieversorger Enviam und den Stadtwerken Freiberg sämtlichen Speicherplatz eines der beiden Gebäude zur Lagerung von Energieüberschüssen zur Verfügung. Nicht nur der Elektrospeicher und der Akku des E-Mobil sollen von außen angesteuert werden. Auch der Wärmespeicher wurde testweise mit einer Elektroheizpatrone ausgestattet, welche die Versorger für ihr Energiemanagement nutzen können.

Die Freiberger Stadtwerke praktizieren dieses Prinzip bereits mit einem riesigen Pufferspeicher (3.200 Kubikmeter) innerhalb ihres Fernwärmenetzes. Wie ein großer „Tauchsieder" erwärmt die Elektroheizpatrone das Wasser in dem Pufferspeicher. Strom wird so zu Wärme. Die Vorteile liegen auf der Hand: Energieaufkommen und –verbrauch sind häufig antizyklisch. Produzieren fluktuierende alternative Stromerzeuger, wie zum Beispiel Windkraftanlagen, zu viel Strom, bleibt den Versorgungsunternehmen meist nur, diese abzuschalten. Dennoch muss in diesen Fällen die Einspeisevergütung gezahlt werden, obwohl sie keinen Strom für ihre Kunden haben. Das bedeutet für die Versorger „doppelte" Kosten, ohne jeden Nutzen.

Der Langzeitwärmespeicher des Freiberger Hauses ermöglicht es den Stadtwerken im Winter bis zu 550 Kilowattstunden Strom einzulagern. Die Windkraftanlagen brauchen nicht abgeschaltet zu werden und die Versorger profitieren von der Wärme, die mittels dieses Stroms von der Elektroheizpatrone erzeugt wird. Den Hausbewohnern kommt darüber hinaus die Energie zu Gute, mit der Folge, dass sie den Kaminofen seltener einheizen müssen.

netzanschluss auszukommen. Neben der persönlichen Freiheit, die aus dieser Autarkie entsteht, bringt sie den weiteren Effekt, die öffentlichen Stromnetze zu entlasten.

Nebenkosten

Egal, wie sich auch die Strompreise entwickeln mögen, die Betriebskosten der Eigenheime tangiert das nicht. Mit den energieautarken Häusern wurde das postfossile Bauen vorgedacht, wie Projektleiter Prof. Timo Leukefeld, der geistige Vater des Projekts, formuliert. Zwar bezieht sich die Energieautarkie vor allem auf den nicht mehr notwendigen Stromanschluss, dank der großzügig ausgelegten Solarthermieanlage benötigt es jedoch auch keinen Gas- oder Fernwärmeanschluss.

Stromverbrauch entscheidend

Durch die PV-Anlage stehen den Bewohnern im Schnitt 2.000 kWh an elektrischer Energie pro Jahr zur Verfügung. Es kann sogar deutlich mehr verbraucht werden, solange dies nicht in den kritischen Wintermonaten oder nachts passiert. Dies liegt vor allem daran, dass der Akku die photovoltaisch erzeugte Energie nicht endlos speichern kann und im Winterhalbjahr deutlich weniger Solarenergie produziert wird als im Sommer. Mit der Kombination Solarstromanlage und Akkublock kommt man, das zeigen die Erfahrungen, stromseitig problemlos über das ganze Jahr und kann auch abends Strom für das E-Auto tanken.

Da 2.000 kWh deutlich unter dem bundesdeutschen Stromverbrauch einer vierköpfigen Familie liegen, musste genau nachgerechnet werden. Das Projektteam um Prof. Leukefeld hat aus diesem Grund einen exemplarischen Haushalt genauer untersucht. Dabei wurde messtechnisch nachgewiesen, dass bereits 1.500 kWh genügen würden um den Strombedarf eines Einfamilienhauses, inklusive einer „normal verschwenderischen" Familie mit zwei Kindern zu decken. Um dies zu erreichen galt vor allem das Credo soweit möglich auf die Erzeugung von Wärme durch Strom zu verzichten. Zudem wurde sehr darauf geachtet Standby-Verbräuche zu reduzieren. Ein nicht unwichtiger Aspekt: die Stromverbräuche der Umwälzpumpen konnten nur mittels eines hydraulischen Konzepts, das auf geringste Widerstände beruht, begrenzt werden. Um jedoch ganz sicher zu gehen, wurde auf die Simulationsergebnisse noch ein deutlicher Mehrverbrauch aufgeschlagen, aus 1.500 kWh wurden somit 2.000 kWh.

Das Thema Stromverbrauch im Haushalt ist ein durchaus heikles Thema, denn nach wie vor steigt der private Energieverbrauch in Deutschland. Unter dem Strich wird in privaten Haushalten heute mehr Strom und Heizenergie benötigt als Mitte der 1990'er Jahre. Das geht aus den Zahlen des Umweltbundesamts hervor. So hat der Stromverbrauch von 1995 bis 2005 um 17,3% zugenommen. 2006 betrug der durchschnittliche elektrische Verbrauch eines Privathaushalts nach Berechnungen der Energieagentur NRW mit vier Personen 4.503 kWh. Nach Erhebungen des Vergleichsportals check24.de im Zeitraum Juni 2007 bis März 2009 wurde ein Verbrauch von 5.149 kWh festgestellt. Siehe hierzu auch Kasten „Rebound-Effekte".

Einschub „Rebound-Effekte"

Wie viel elektrische Energie eine Standardfamilie benötigt, hängt von vielen Faktoren ab. Energieeffiziente Haushaltsgeräte führen laut Dr. Stefan Thomas vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie nicht zwangsläufig zu geringeren Energieverbräuchen im Haushalt. Schuld daran sind sogenannte Rebound-Effekte. Benötigt die Technik weniger Energie gehen Menschen sorgloser damit um, letztlich wird teilweise sogar mehr Energie verbraucht.

direkter Rebound-Effekt
Effizientere Geräte werden weniger sparsam oder nicht dem Bedarf angepasst benutzt. Zum Beispiel werden Energiesparlampen länger angelassen, ein sparsames Auto öfter genutzt oder beim Neukauf eines effizienten Kühlgerätes fällt dieses größer aus als nötig. Schätzungen direkter Rebound-Effekte bewegen sich in der Regel zwischen null und 30 Prozent der durch effiziente Technik erreichten Energieeinsparung.

Indirekter Rebound-Effekt
Einspargewinne ermöglichen Handlungen, die nicht nachhaltig sind. Extrembeispiel: Eingesparte Kraftstoffkosten werden genutzt, um mit einem Billigflieger Wochenendkurzreisen zu unternehmen. Schätzungen indirekter Rebound-Effekte liegen zwischen ein bis fünf Prozent. Die Internationale Energie Agentur geht von etwa ein bis zwei Prozent aus, eine Studie des Wuppertal Instituts errechnete fünf Prozent.

xxxxx

Energiekosten hoch – Baukosten runter

Zwischen dem Freiburger und den Freiberger Solarhäusern liegen mittlerweile gut 20 Jahre. Vieles hat sich geändert, die Faszination in einem autarken Gebäude zu leben ist geblieben. Auch haben sich die Energiekosten inzwischen deutlich nach oben bewegt. So gab es einen Liter Heizöl 1992 noch für umgerechnet 0,30 EUR. Dass die Kosten für Heizung, Strom und Mobilität gestiegen sind und weiter steigen werden ist eine Binsenweisheit. Der Autarkiegedanke ist deshalb ein nach wie vor gehegter Wunsch. Aufgrund der sinkenden Investitionskosten für Erneuerbare Energien kann dieser Traum mittlerweile auch kostengünstiger realisiert werden. Waren die Baukosten in Freiburg mit 1.700.000 € noch sehr hoch, liegen sie bei dem beiden Freiberger Einfamileinhäusern mit schlüsselfertigen inkl. Bodenplatte 398.000 Euro (ohne Keller und ohne Grundstück) bei nur noch gut 20%. Allerdings sind die beiden Konzepte auch nicht direkt vergleichbar.

Wissenschaftliche Begleitung

Die Technische Universität Bergakademie Freiberg begleitet dieses Projekt mit Diplom- und Studienarbeiten sowie einem umfangreichen dreijährigen Monitoring- Programm. So wird die Optimierung des Hauskonzeptes sichergestellt. Seit Oktober 2012 wird erstmals in Deutschland in Freiberg an der TU Bergakademie im Wintersemester die Vorlesung „energieautarke Gebäude" angeboten.

Gebäude der Zukunft?

Die Begrifflichkeiten für Gebäude der Zukunft sind nicht gerade leicht verständlich. Gebäudetypen, die sich mehr

xxxxx

oder weniger selbst um die benötigte Energie kümmern, gibt es viele. So gibt neben den SolarAktiv-Häusern das Nullenergiehaus, das Plusenergiehaus, das Nullemissionshaus und ganz aktuell: Das Effizienzhaus Plus. Die meisten dieser Häuser haben eine Gemeinsamkeit: Es geht weniger um Energieautonomie, sondern vielmehr um positive Energie- bzw. Emissionsbilanzen. Meist wird über den Zeitraum eines Jahres betrachtet bilanziert. Das Konzept, mithilfe von regenerativen Techniken mehr Energie zu erzeugen als zu verbrauchen, existiert bereits seit längerem und wurde auch schon mehrfach in die Praxis umgesetzt. Die Frage, die sich stellt: Kann mit diesem Ansatz letztendlich der Energieverbrauch und damit die CO2-Emissionen deutlich reduzieret werden?

Der Wohn-Energiebedarf

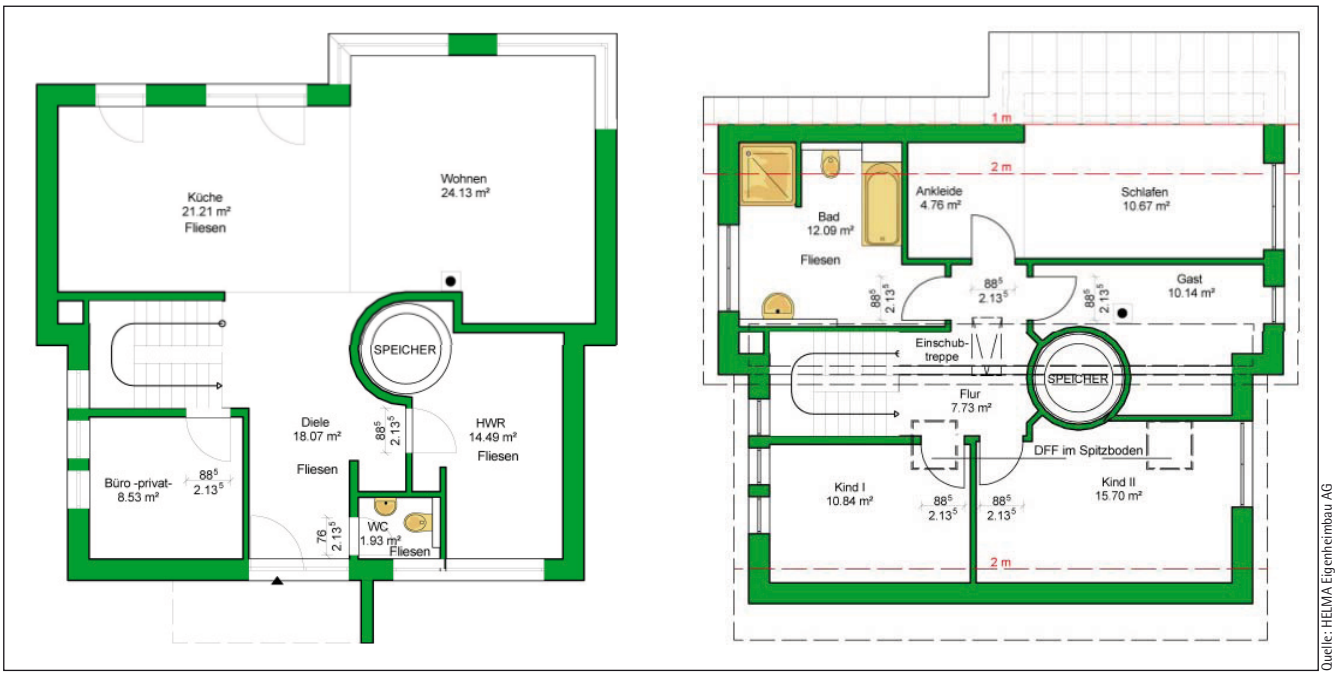
Neben dem Energieaufwand zur Errichtung eines Hauses ist der Unterhalt, sprich der Energiebedarf für das Wohnen selbst, letztendlich entscheidend für die Zukunftsfähigkeit und Praxistauglichkeit. Als ein Maßstab nachhaltigen Wohnens kann hierzu der Jahres-Primärenergiebedarf herangezogen werden. Er hilft beim Vergleich der verschiedenen Entwürfe. In ihm sind der Jahresheizwärme- und den Nutzwärmebedarf für die Warmwasserbereitung, die Energieverluste des Wärmeversorgungssystems, die Hilfsenergie für Heizung und Warmwasser sowie der Energieverbrauch für die Erzeugung und Bereitstellung der Energieträger wie beispielsweise Gas, Öl, Strom oder Holz enthalten. Die Basis des spezifischen Primärenergiebedarfs, ist die beheizte Wohnfläche. Des weiteren gibt es noch den häufig verwendeten Jahres-Primärenergiebedarf, bezogen auf AN nach EnEV. Er bezieht sich auf die Gebäudenutzfläche, die komplette Fläche der nutzbaren Räume eines Gebäudes wird dabei berücksichtigt. Diese Energiebezugsflächengröße bei Wohngebäuden ist im allgemeinen etwa 25 % größer als die beheizte Nutz- oder Wohnfläche, da auch indirekt beheizte Flure und Treppenhäuser mit einbezogen werden. Zur ihrer Ermittlung wird bei Wohngebäuden das beheizte Gebäudevolumen in m3 mit dem Faktor 0,32 multipliziert, gültig ist der Wert für Gebäude mit Geschosshöhen zwischen 2,5 und 3 Metern.

Primärenergiebedarf im Vergleich

Anhand des 2011 in Berlin errichteten „Effizienzhaus Plus“, welches 2010 aus einem öffentlich ausgelobten Architektur- und Hochschulwettbewerb hervorgegangen ist soll gezeigt werden, wie sich bilanzielle Energie- bzw. Emissionsbilanzen von denen von SolarAktiv-Häusern, unterscheiden. Vorab: Das Effizienzhaus Plus soll Vorbildcharakter haben und zeigen, dass Klima- und Umweltschutz nicht Verzicht bedeuten, sondern energieeffizientes Wohnen (und umweltfreundliches Fahren) mit gehobenem Lebensstandard vereinbar sind. Nach Ansicht des Bauherren, Minister Peter Ramsauer, wird dieses Projekt aktuellen Zukunftsvisionen im Bau- und Verkehrsbereich zum Durchbruch verhelfen.

Effizienzhaus Plus

Gerechnet nach EnEV, lag der Endenergieverbrauch bei 8.900 kWh/Jahr. Das Haus erreichte eine solare Deckung mittels Photovoltaik von ca. 50% und bezog den restlichen benötigen Strom (4.450 kWh) aus dem Netz. Bei einer Wohnfläche von 130 m² ergibt sich ein Primärenergieverbrauch für den Strombezug von 11.570 kWh. Der spezifische Primärenergiebe-



Quelle: HELMA Eigenheimbau AG

Grundriss Erd- und Obergeschoss

Wohnfläche Gebäudenutzfläche nach EnEV beheiztes Gebäudevolumen	162 m² AN = 191 m² 596 m³
Jahresheizwärmebedarf	41,40 kWh/m²a Normwärmebedarf 34,13 W/m² also 6,5 KW
Wärmebedarf für Heizung Hz und Warmwasser WW laut EnEV	Heizung 7.900 kWh/a max. Warmwasser 2.385 kWh/a
Stromverbrauch	2.000 kWh/a
Primärenergiebedarf	7,21 kWh/m²a (90 % unter EnEV 2009, 80 % unter Passivhaus)
Kollektorfläche (dachintegriertes System)	46 m²
Dachneigung	45°
Langzeitwärmespeicher/Schichtspeicher	9,120 m³
Solare Deckung	Wärme 65 % und Strom 100 %
Kaminofen (Naturzugholzvergaser mit Wärmeübertrager)	25 kW
Brennstoffbedarf Buche Jährliche Brennstoffkosten	2-3 rm/a 150-250 €/a
PV – Modulfläche (dachintegriertes System) erzeugter Solarstrom	8,4 kWp (58 m²) ca. 8.000 kWh/a (das Vierfache des jährl. Stromverbrauches)
Stromspeicher	58 kWh
Wärmeverteilung	Fußbodenheizung und Klimadecke
Intelligente Steuerung der Energietechnik	Strom und Wärme
Mauerwerk ohne zusätzliche Dämmung	42 cm monolithische Ziegelwand T8 Lambda= 0,08 W/mK, U Wert= 0,18 W/m²K
Besonderheiten Ausstattung: neuartiges innovatives Lüftungs-, Kühlungs- und Wasserversorgungskonzept	intelligente Wandfarbe, die organische Schadstoffe abbaut und so die Raumluft reinigt
Teppichboden	Desso, cradle to cradle: bindet Feinstaub, aus reinen Komponenten gefertigt lässt sich diese Produkt problemlos trennen; so können wieder neue Produkte im biologischen sowie im technischen Kreislauf entstehen
Preis schlüsselfertig	398.000,- €

darf (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) beträgt somit **89 kWh/m²**. Der Jahres-Primärenergiebedarf auf AN nach EnEV konnte nicht ermittelt werden, da die entsprechenden Gebäudedaten nicht bekannt sind.

Sonnenhaus mit 3 WE in München

Der Primärenergieverbrauch eines Dreifamilienhauses in Obermenzing ergibt sich aus dem Endenergieverbrauch für Heizung Warmwasser und Lüftung (Strom: 600 und Holz 3.765 kWh/Jahr). Umgerechnet auf den Primärenergieverbrauch bedeutet das für den Strombezug 1.560 kWh und für den Holzbezug 753 kWh. Bei der Wohnfläche von 300 m2 ergibt sich daraus ein spezifischer Primärenergieverbrauch von **7,7 kWh/m2** (bezogen auf AN nach EnEV: 4,2 kWh/m²).

Effizienzhaus Plus

Dieser Sonnenhaus-Gebäudetyp ist noch nicht vermessen, sondern simuliert. Bei einer Wohnfläche von 176 m² (AN nach EnEV = 382 m²) liegt der Endenergieverbrauch für Heizung, Warmwasser und Lüftung (inklusive Haushaltsstrom und E-Mobilität) bei 6.650 kWh/Jahr. Der Strombedarf für die Haustechnik nach EnEV beträgt 1.000 kWh/Jahr, wovon ca. ein Drittel durch die PV Anlage gedeckt wird. Daraus resultiert ein Strombezug von 666 kWh/Jahr. Für den spezifischen Primärenergiebedarf ergeben sich somit **9,8 kWh/m²** (bezogen auf AN nach EnEV: 4,5 kWh/m²).

Passivhaus Lodenareal

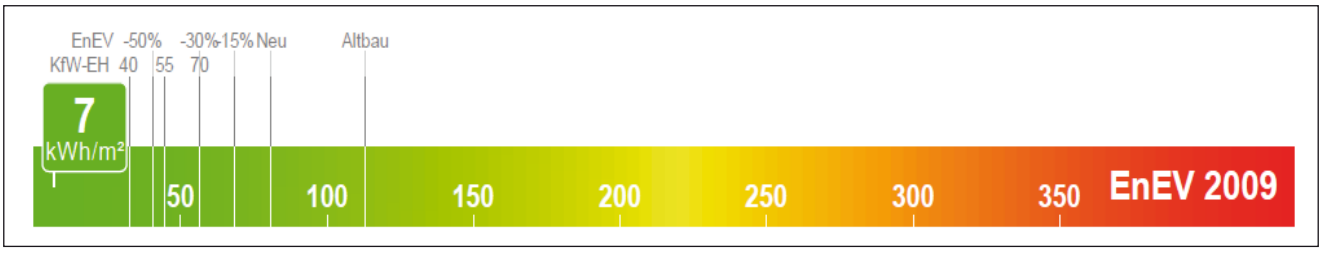
Die Passsivhaus-Wohnanlage bei Innsbruck mit insgesamt 165 Mietwohnungen gilt als Vorzeigeobjekt für einen energieeffizienten Wohnungsbau. Rechnet man den Energieverbrauch in den spezifischen Primärenergiebedarf bezogen auf die beheizte Wohnfläche um, ergibt sich ein Wert von **49 kWh/m²**.

Energieautarke Häuser Freiberg

Die „energieautarken" Häuser in Freiberg kommen auf einen Wert von **7,21 kWh/m²a.** Es liegt damit etwa 90 Prozent unter dem von der Energie-Einsparverordnung (EnEV) 2009 definierten Standard für Einfamilienhäuser und circa 80 Prozent unter einem typischen Standard Passiv-, Nullenergie- oder Plusenergiehaus. Diese positive Primärenergiebilanz erreicht das energieautarke Haus einzig durch die Kombination: viel Sonnenwärme plus (wenig) Holz. Die kompletten Daten des Hauses finden Sie in Tabelle X.

Fazit

Das Effizienzhaus Plus Berlin überbietet den Primärenergieverbrauch von Sonnenhäusern bisweilen um den Faktor 10. Vergleicht man die Tiroler Passivhaus-Wohnanlage mit Sonnenhäusern, benötigt diese 4 bis 5 mal so viel Primärenergie pro beheizter Wohnfläche und Jahr. Bei den Sonnenhäusern ist der Fokus ganz offensichtlich deutlicher auf den Jahres-Primärenergiebedarf und somit der Minimierung des fossilen Energieeinsatzes gerichtet. Bei diesen Gebäuden steht ein möglichst hoher Autarkiegrad, zunächst auf der Wärmeseite, im Vordergrund. Diese wird meist mithilfe dezentraler Solarthermie erreicht.



Die energieautraken Häuser in Freiberg haben jeweils einen Primärenergiebedarf von rund 7 kWh/m²a.