

# SOLAR-AUTARKE MEHRFAMILIENHÄUSER

## ZWISCHEN AUTARKIE UND REDUNDANZ: ZWEI AKTUELLE BEISPIELE



Quelle: Umwelt Arena Spreitenbach, www.umweltarena.ch

**Bild 1: Brütten:** Die matte Oberfläche der Dünnschichtzellen war Voraussetzung für die Installation einer PV-Fassade im Wohngebiet.

**B**islang konnten nur Einfamilienhäuser ihren Strom selbst produzieren. Nun zeigen mehrere Projekte, dass auch Mehrfamilienhäuser dazu in der Lage sind. Wir haben uns zwei Konzepte herausgepickt. Zum einen das bereits verwirklichte, komplett autarke, solarbetriebene Neunfamilienhaus im schweizerischen Brütten, zum anderen die sich in der Planung befindlichen, teilautarken Mehrfamilienhäuser, welche in Niedersachsen gebaut werden. Zunächst stellen wir beide Konzepte und deren jeweiligen Grundphilosophie ein wenig näher vor.

### Konzept 1: Energieautarkes Mehrfamilienhaus Brütten

Das in der Schweiz realisierte Mehrfamilienhaus (MFH) ist ein Projekt der Umwelt Arena Spreitenbach, welches gemeinsam mit Ausstellungspartnern realisiert wurde. Es soll zeigen, dass es möglich ist, ein MFH energieautark zu betreiben. Es hat keinen Anschluss ans öffentliche Stromnetz und bezieht weder Öl, Gas, Holzbrennstoffe oder sonstige Energie

von außen. Alle Energie, die es verbraucht stellt es selbst her. Darin eingeschlossen ist die Energie für Warmwasser, Heizung, Strom für die Haustechnik sowie eine Ladestation für ein Elektroauto.

Als Energiequelle dient einzig die Sonne. Die Solarenergie wird mit monokristallinen PV-Zellen auf allen Dachflächen und mit Dünnschichtzellen auf allen Fassadenflächen geerntet. Eine Stunde Sonnenschein reicht im Sommer für den Betrieb von 24 Stunden. Der überschüssige Strom wird zuerst in einer Lithium-Eisenphosphat-Batterie gespeichert. Dann wird mittels Elektrolyse Wasserstoff erzeugt und in zwei Speichertanks gelagert. Zusätzlich wird Energie in thermischen Speichern eingespeist. Die Speicher mit 65°C und 35°C werden mit der Wärmepumpe zuerst bedient. Danach erwärmt man zwei Langzeit-Wärmespeicher (250.000 l) auf bis zu 70°C. Diese Wärmeenergie wird zum Winteranfang direkt für Heizung und Warmwasser genutzt, ohne dass die Wärmepumpe läuft. Später werden diese Langzeitspeicher bis auf 6°C heruntergekühlt. Im Winter wird das Stromdefizit von 10 bis 12% mit einer Brennstoffzelle mittels des gespeicherten Wasserstoffs hergestellt. Bei allen Prozessen wird die Abwärme genutzt oder gespeichert. Alle verwendeten Geräte sind Standardgeräte mit höchster Effizienzstufe. Außer der übergeordneten SPS-Steuerung wurde nichts neu erfunden.

Die neuen Wohnungen werden zu marktüblichen Preisen vermietet. Wohl wird der Mehrpreis von 10 bis 15% auf die Mieten geschlagen, da aber keinerlei Energiekosten entstehen, sind die Mietkosten inkl. Nebenkosten nicht teurer. Das Haus wurde am Anfang Juni 2016 eingeweiht.

Mit dem Projekt soll ein Beitrag zur dezentralen Speicherung von Wärme und Strom geleistet werden. Das Konzept der 4 „S“: „Sammeln, Speichern, Sparen und Sorge tragen“ ist zur Nachahmung empfohlen und kann auch separat realisiert werden. Batteriespeicher werden in Kürze erschwinglich sein und zumindest die Tag-Nacht-Speicherung übernehmen können. Die Speicherung in Form von

Wasserstoff ist v.a. für größere Anlagen oder Quartiere mit vielen PV-Anlagen gedacht.

Ein Nullenergie- oder Plusenergie-Haus zu bauen, das rechnerisch mindestens so viel Energie produziert, wie es verbraucht, ist heute kein Problem mehr. Integrierte PV-Anlagen auf Dach und Fassade sind bezahlbar oder dank der Doppelnutzung sogar kostengünstiger. Machten das alle so, hätten wir im Sommer und am Mittag riesige Mengen Solarstrom, welcher in das Netz eingespeist wird. Im Winter hingegen müssten alle wieder Strom beziehen, da die Sonne dann zu wenig liefern kann. So müssten all die Kraftwerke, welche man im Sommer nicht mehr braucht, trotzdem weiterbetrieben werden, weil sie sonst im Winter fehlen.

### Die Grunddaten des Gebäudes

Mauern: innen verputzter Backstein mit 2 x 14 cm Steinwollmatten, hinterlüftete Glas-PV-Module Dach: Holzkonstruktion mit 28 cm Steinwolle zwischen und über den Sparren plus Holzfaserplatte, hinterlüftete Solarmodule (Indach-Module). Dämmperimeter außen und unter der Bodenplatte im UG 3-fach Isolierverglasung.

### Konzept 2: Vernetzte Energieautarkie in Niedersachsen

PV-Module und Thermiekollektoren teilen sich Dachflächen und Balkonbrüstungen. Jeder Parkplatz ist mit einer Elektro-Tankstelle versehen. Langzeitspeicher für Wärme- und Strom halten die Energie für die Bewohner vor, so dass die Häuser bis zu 80 Prozent energieautark sind. Innovative Lösungen vernetzen die Gebäude, nicht um Energie zu beziehen, sondern um die Energiespeicher des Gebäudes den regionalen Energieversorgern zur Lagerung von Energieüberschüssen zur Verfügung zu stellen und damit die öffentlichen Netze zu entlasten.

Die Bewohner erhalten eine langfristig stabile und damit kalkulierbare Pauschalmiete mit Energie-Flatrate, die neben Wärme und Strom auch E-Mobilität umfasst. Die spezifischen Zusatzkosten der



Quelle: Leukefeld

Bild 2: Niedersachsen: Das energieautarke Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten

Energieautarkie pro Wohneinheit liegen etwa 60 Prozent unter denen für Einfamilienhäuser (EFH). Vermieter können eine Pauschal-Miete mit Energie-Flatrate für 10 Jahre garantieren. Damit sind die Mieter über einen langen Zeitraum vor den wachsenden Nebenkosten-Forderungen geschützt, Vermieter sparen den erheblichen Verwaltungsaufwand jährlicher Betriebskostenabrechnungen aber auch das Prozessrisiko etwaiger daraus resultierender Streitigkeiten. Die langfristigen vertraglichen Bindungen führen zu längeren Verweildauern in den Wohnungen. Stetiger Mieterwechsel und auch der damit verbundene Verwaltungsaufwand entfallen. Das Modell kommt älteren Menschen, aber auch jüngeren Familien, die im Hinblick auf ihre Renten nach Kostensicherheit streben, entgegen.

Energieversorgungsunternehmen (EVU) erschließt dieses Modell neue Ertragsquellen und trägt gleichzeitig zur Netzstabilisierung bei. Die Häuser speisen den erzeugten Strom nicht einfach ins öffentliche Stromnetz ein und verlagern damit die Bewältigung von unregelmäßig auftretenden Mengen auf die Netzbetreiber. Sie sind netzdienlich, indem sie die Energiespeicher dem EVU zur Lagerung von Energieüberschüssen zur Verfügung stellen. Dies gibt dem EVU wiederum die Möglichkeit, seine Windkraftanlagen konstanter zu betreiben und damit den Anteil an Erneuerbaren Energien zu erhöhen.

Dieses Geschäftsmodell macht das EVU zum Contractor. Als Dienstleister für Planung, Installation und Betrieb liefert es die gesamte Energietechnik für das energieautarke Mehrfamilienhaus und stellt die Elektromobilität zur Verfügung. Mit dem Vermieter vereinbart es eine Energiepauschale. Darin ist der kalkulatorische Anteil der Energie festgeschrieben, die zugekauft werden muss: Zum Beispiel deckt das Haus 70 Prozent seines Bedarfs

an Wärme und Strom selbst – aus der Sonne. Die fehlenden 30 Prozent bezieht es aus dem Strom- oder Gasnetz des Energieversorgers.

Aufgrund ihrer Infrastruktur ist es einem EVU darüber hinaus möglich, die von dem Mehrfamilienhaus produzierten Überschüsse an Sonnenwärme und -strom, beispielsweise im Sommer, an die Nachbarhäuser gewinnbringend zu verkaufen. Die ersten beiden EVUs planen bereits in eigene vernetzte energieautarke Mehrfamilienhäuser zu investieren, um Spielräume zu erproben und die Vermarktung zu optimieren.

Die Energieversorgung des Hauses ist hochgradig unabhängig von externen Gas- oder Stromversorgern und von Heizöl. In den zwei Wintermonaten kann eine Holzvergaserheizung die fehlende Sonnenenergie ausgleichen. Um Energieüberschüsse der Versorgungsunternehmen einzulagern, notfalls etwas Strom zukaufen zu können und aus Sicherheitsgründen sind die Häuser mit einem Stromanschluss ausgestattet.

#### Die Grunddaten des Gebäudes

Mauern: monolithischer Ziegelbau mit Heizwärmebedarf von 11,5 kWh/m<sup>2</sup>a, keine Extra Außendämmung, 88 m<sup>2</sup> Solarthermie, Langzeitwärmespeicher 18 m<sup>3</sup>, 22 kWp Photovoltaik, 96 kWh Akku, 3-fach Isolierverglasung

#### Fragen & Antworten

Wir haben 16 Fragen an die Energieexperten beider Projekte gestellt. Auf der einen Seite Renato Nüesch von der Umwelt Arena (CH) und auf der anderen Seite Prof. Timo Leukefeld aus Freiberg (D). Die Antworten mussten aus Platzgründen ein wenig knapp gehalten werden, sind jedoch hoffentlich ohne großen Verlust an Informationsgehalt ausgefallen hoffentlich ohne großen Verlust an Informationsgehalt, ausfallen.

## 1. Wie ist das Konzept entstanden, aus welcher Motivation heraus wurde es entwickelt?

Nüesch: Wir wollten aufzeigen, dass genügend Energie von der Sonne kommt. Es besteht nur ein Speicherproblem. Dieses haben wir gelöst.

Leukefeld: Wir waren auf der Suche nach neuen wirtschaftlichen Geschäftsmodellen für die Zielgruppen: Mieter, Vermieter, EVUs und Banken. Gleichzeitig wollten wir für das Thema Energieverwendung begeistern. Das Konzept wurde aus einem EFH entwickelt, welches gebaut und langjährig vermessen und getestet wurde.

## 2. Gibt es ein Vorgänger-Projekt, aus dem es entwickelt wurde?

Nüesch: Ja, aus der Umwelt Arena in Spreitenbach. Das Gebäude hat ein PV-Dach, das rechnerisch doppelt so viel Energie erntet, wie es selber braucht. Dort gibt es einen Anschluss ans Stromnetz mit Einspeisung im Sommer und Bezug im Winter. Es dient als Ausstellungsplattform für umweltfreundliche, effiziente Technologien und Konzepte um den ökologischen Fußabdruck zu vermindern – ohne Komforteinbuße.

Leukefeld: Modell stand das energieautarke EFH. In dem vernetzten energieautarken Konzept sind die positiven Erfahrungen bekannter Baustandards wie Sonnenhaus, Plusenergie- oder Effizienzhaus Plus sowie Passivhaus erstmalig zusammengeführt worden. Die beiden energieautarken Häuser stehen seit 2013 und werden gewerblich bzw. wohnlich genutzt. Seit zwei Jahren werden sie von der TU Bergakademie Freiberg vermessen und ausgewertet.

## 3. Warum ist aus Ihrer Sicht Autarkie ein wichtiger bzw. notwendiger Weg?

Nüesch: Auf den Stromanschluss ans öffentliche Netz wurde konsequenterweise verzichtet. Nur so geben sich die



Quelle: Umwelt-Arena Spreitenbach, www.umweltarena.ch

Bild 3: Brütten: Zwei konventionelle, wärmeisolierte Stahl-Email-Tanks dienen als thermische Speicher. Für eine gute Schichtung im Speicher wurden schlanke, hohe Behälter gewählt. Das warme Wasser (max. 70°C.) wird im Winter direkt für die Boden-/Wandheizung genutzt.

Handwerker und Unternehmer Mühe immer effizienter zu sein. Jeder muss seinen Beitrag leisten. Somit ist bei uns nicht nur der Energiebedarf für Heizung und Warmwasseraufbereitung eingerechnet, sondern auch der Strombedarf aller Wohnungen und des allgemeinen Teils.

Leukefeld: Wir halten eine Teilautarkie wegen dem abnehmenden Grenznutzen für massentauglich und wirtschaftlich. Das ist die Basis für das neue Geschäftsmodell einer Pauschalmiete, welche die betriebswirtschaftliche Sicherheit liefert, da nur sehr wenig Energie zugekauft werden muss.

#### 4. Wie viel Autarkie ist sinnvoll, gibt es sinnvolle Grenzen?

Nüesch: Langfristig wird Wasserstoff wohl eher regional für größere Projekte oder Quartiere mit vielen PV-Anlagen eingesetzt werden. Dass jedes Haus selber seinen Strom speichert ist eher unrealistisch, bzw. zu teuer.

Leukefeld: In Deutschland wurden bisher zehntausende Solarakkus eingesetzt mit rasant sinkenden Kosten. Wir gehen grob davon aus, dass 70% Autarkie bei Wärme, Strom und E-Mobilität eine sinnvolle Größe ist. Wegen des abnehmenden Grenznutzens sind die letzten 20 bis 30% mit Abstand die teuersten. Kein Anschluss an das Netz ist nicht mehr zeitgemäß.

#### 5. Ist eine „Robinson-Lösung“ anzustreben (100% Autarkie, Trennung vom Netz)?

Nüesch: Künftig wird das Stromnetz mitbenutzt, aber nur um einen kleinen Teil des Bedarfs abzudecken. Im Wasserstoff wird nur 10 bis 12% des Gesamtenergieverbrauchs gespeichert.

Leukefeld: Ganz klar Nein. Das passt aus unserer Sicht nicht in eine immer stärker vernetzte Welt, in der fluktuierende Energien regional gespeichert und verbraucht werden sollen. Wir favorisieren hohe Autarkiegrade und Verbindung zum Netz. Das ist die Grundvoraussetzung um neue Geschäftsmodelle zu entwickeln bei denen man E-Mobilität vermarkten und Überschussenergie verkaufen kann. Zudem können Speicher ins große System eingekoppelt werden und zum Lastenausgleich beitragen.

#### 6. Welche Vor- und Nachteile bringt eine komplette Unabhängigkeit?

Nüesch: Der Vorteil ist, dass man unabhängig von Energiepreisen ist. Das ist berechenbar und es gibt keine Belastung des Stromnetzes. Der Nachteil sind die höheren Kosten.

Leukefeld: Der Nachteil ist, dass man sich vom System entkoppelt und die Gebäude ohne Netzverbindung keinerlei Nutzen für die Allgemeinheit haben. Es gibt keinen Austausch mit Marktteilnehmern, z.B. sind EVUs außen vor. Zudem schafft man keine Unabhängigkeit, im Notfall müssen Notsysteme angefahren werden, die dem Image schaden und Kosten verursachen.

#### 7. Wie hoch sind die Bau- bzw. Investitionskosten des Projekts (ohne Förderung)?

Nüesch: Die Kosten betragen 5,3 Mio CHF zzgl. 0,8 Mio CHF Mehrkosten (teils amortisierbar) im Vergleich zum normalem Bau. Es wurden keine Fördergelder bezogen, es konnte lediglich dank eines Nachhaltigkeits-Bonus ein verminderter Hypothekarzins erreicht werden.

Leukefeld: Die Investkosten für Grundstück, Baukörper, Haus und Haustechnik, Investition Energieversorgung, und Bau-nebenkosten liegen bei 1,3 Mio € Brutto. Die Mehrkosten für die Autarkiezusatz-technik betragen rund 400 €/m<sup>2</sup> beheizte Wohnfläche (= 522 m<sup>2</sup>). Unser Fokus liegt auf der Wirtschaftlichkeit.

#### 8. Wie verhalten sich die Investitionskosten zu den eingesparten Energiekosten?

Nüesch: Die Mehrkosten können zu einem Zinssatz von 2,5% amortisiert werden.

Leukefeld: Grob gerechnet liegen die Amortisationszeiten von PV und Thermie bei 35 Jahren, einschließlich dem Wechsel von Anlagentechnik. Unsere Refinanzierung kommt über die Pauschalmiete zu kürzeren Zeiten. Das Sorglos-Paket wird vom Mieter finanziell vergütet, die Mehrkosten darüber refinanziert.

#### 9. Wie wirtschaftlich ist das Konzept (Investition zu Grenznutzen)?

Nüesch: Wirtschaftlichkeit war nicht das oberste Ziel.

Leukefeld: Wir landen mit der Pauschalmiete etwas über der Renditeerwartung der Wohnungswirtschaft. Die ist je nach Auftraggeber unterschiedlich.

#### 10. Welche Technologien setzen Sie ein und wie haben diese sich in Kombination bewährt?

Nüesch: Eine Doppelnutzung bei Fassade und Dach (Witterungsschutz plus Stromerzeugung), Wärme- und Stromspeicherung, jeweils Kurzzeit- und Langzeitspeicher. Durch die Nutzung aller Flächen (auch der Nordfassade) wird die

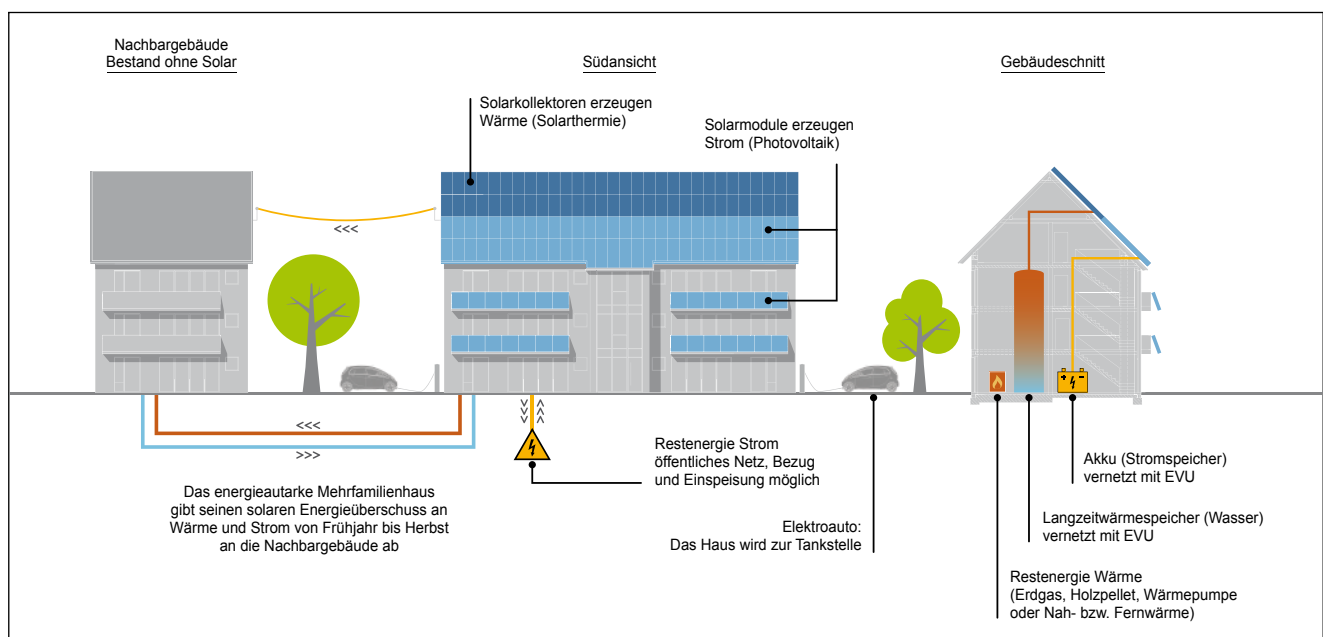


Bild 4: Niedersachsen: Das Prinzip der vernetzten Energieautarkie

Ertragskurve über den Tag besser verteilt, d.h. die Spitze am Mittag entfällt fast ganz.

Leukefeld: Wir arbeiten nur mit Technologien die mindestens 30 Jahre am Markt sind (Wärmespeicher mit Wasser, Solarthermie, Photovoltaik und Blei-Gel-Akkus). Dadurch besteht eine sehr hohe Simulationssicherheit und geringe Zusatzkosten. Soll- und Ist-Werte können sehr gut eingehalten werden. Das bewährte Konzept des Sonnenhausinstituts wurde lediglich um PV und Batterien ergänzt.

### 11. Was passiert wenn Technik ausfällt?

Nüesch: Wir haben redundante Systeme. Zudem senken Fernwartung und der konsequente Einsatz von bewährter, schon hundertfach eingesetzter Technologie das Risiko auf ein Minimum.

Leukefeld: Gar nichts, weil wir immer die Redundanz haben. Einerseits gibt es das öffentliche Netz bei der Stromversorgung, andererseits die Nachheizung z.B. durch Gas.

### 12. Ist das Projekt skalierbar, kann es im Markt als Serie verbreitet werden

Nüesch: Ja, alles bis auf den Wasserstoff-Teil kann problemlos nachgebaut werden, denn es sind ausschließlich Standardprodukte. Es wurden nur die effizientesten Produkte verwendet.

Leukefeld: Ganz klar ja, weil wir es selbst ohne Fördermittel wirtschaftlich darstellen können. Die Renditeerwartung ist besser als das was man bisher in der Wohnungsbauwirtschaft kennt. Durch die Teilautarkie ist die Hochskalierung viel leichter.

### 13. Ist Ihr Projekt für Planer und Handwerker in größerer Stückzahl realisierbar?

Nüesch: Ja

Leukefeld: Ja, weil wir auf die bewährte Technik zugreifen. Es gibt genügend Marktteilnehmer, z.B. 100 Partner aus dem Sonnenhaus Institut, sowohl in der Planung als auch im Handwerk.

### 14. Wie hoch ist der Automatisierungsgrad, wie sehr können Bewohner selbstbestimmt wohnen und sich nicht „normgerecht“ verhalten?

Nüesch: Die Bewohner sind in keiner Weise eingeschränkt. Sie wohnen in einer modernen komfortablen Wohnung mit allem üblichen Komfort. Es erfolgt lediglich eine Sensibilisierung mit einem Bonus-Malus-System. Mit einem Display werden die Mieter über ihren Energie-



Quelle: Umwelt Arena Spreitenbach, www.umweltarena.ch

Bild 5: Brütten: Die zwei Wasserstofftanks sind erdverlegt. Der Wasserstoff wird mit einem Druck von ca. 30 bar gespeichert und in den Wintermonaten über eine Brennstoffzelle in Strom umgewandelt.

verbrauch informiert (Heizung, Warmwasser, Strom). Solange sie im grünen Bereich sind, müssen sie sich nicht einschränken. Wird es orange, können sie ihren Verbrauch reduzieren oder so weiter machen. Verläuft die Verbrauchskurve Ende des Monats im roten Bereich müssen sie denjenigen Bewohnern, welche noch im grünen Bereich liegen, eine Entschädigung bezahlen.

Leukefeld: Unser redundantes System ermöglicht eine Energieflatrate für die Grundversorgung, mit der man normalerweise auskommt. Wir wollen aber auch eine gewisse Verschwendung zulassen, die dann mit einem minimalen Mehrbetrag zu bezahlen ist. Eine Einsparung wird nicht ausbezahlt, was den Vorteil hat, dass nicht zu viel gespart wird und es z.B. durch zu niedrige Raumtemperaturen zu Bauschäden (z.B. Schimmel) kommt.

### 15. Können Sie sich vorstellen ein „Pauschalmietmodell“ (Flatrate) zu realisieren?

Nüesch: Ja, das wäre möglich.

Leukefeld: Das ist ja unser grundsätzlicher Ansatz!

### 16. Wie ist die Resonanz auf Ihr Projekt, welche Finanzierungen sind denkbar und was sagen Banken?

Nüesch: Wir hatten sehr große und positive Resonanz. Bei der Bank wurde uns ein reduzierter Hypothekar-Zinssatz in Form eines Nachhaltigkeits-Bonus gewährt.

Leukefeld: Die Resonanz ist vielfältig. 14 Projekte stehen zur Umsetzung an. Die Wohnungswirtschaft und EVUs sind sehr interessiert. Bei der WW gibt es aktuell 10 Planungen, zwei regionale EVUs und zwei Banken werden selbst bauen.

Für die Banken sind zwei Zielgruppen interessant. Zum einen die privaten Häuslebauer, die dank steuerfreier Einsparung und reduzierten Ausgaben solventer sind. Zum anderen sind es Geldanleger. Wenn die Bank selbst baut kann der Anleger investieren und erhält eine langfristige Rendite mit ökologisch, ethischem Hintergrund. Wenn es schief geht hat die Bank eine Immobilie mit hohem Rückverkaufswert ohne komplizierte Spezialtechniken.

#### ZUM AUTOR:

► Matthias Hüttmann

huettmann@dgs.de

#### Die Projekte kennenlernen

Die Ausstellung „Energieautarkes Mehrfamilienhaus“ in der Umwelt Arena mit einem Groß-Modell zeigt den technischen Aufbau und präsentiert die technischen Lösungen. Themenführungen durch die Ausstellung mit Fokus auf das Projekt „Energieautarkes Mehrfamilienhaus“ sind buchbar für Gruppen über [fuehrungen@umweltarena.ch](mailto:fuehrungen@umweltarena.ch), Tel. +41 56 418 13 10. Internet: [www.umweltarena.ch/ubers/energieautarkes-mfh-brutten](http://www.umweltarena.ch/ubers/energieautarkes-mfh-brutten)

Die zwei energieautarken Häuser stehen im sächsischen Freiberg. Das energieautarke Haus steht 1 x im Monat offen, Hausführung gibt es für jeden Interessierten. Für 40 bis 60 Minuten und max. 10 Personen sind diese buchbar. Kontakt: [anfrage@timo-leukefeld.de](mailto:anfrage@timo-leukefeld.de), Tel. +43 3731 4193860. Internet: [www.timoleukefeld.de/autarke-gebaeude/das-energieautarke-haus.html](http://www.timoleukefeld.de/autarke-gebaeude/das-energieautarke-haus.html)