



STROM

Häuser, die mindestens so viel Energie erzeugen, wie sie verbrauchen, sind ein schönes Ziel, das durchaus erreichbar ist. Allerdings gilt es dabei saisonale Faktoren zu berücksichtigen

Millionen von Fotovoltaikanlagen im Leistungsbereich bis 10 kWp zeigen: Ein Beitrag zur eigenen Stromerzeugung ist gar nicht kompliziert. Bilanzell gesehen reichen bereits zwölf bis 15 moderne PV-Module auf einer südlich orientierten Dachfläche, um den Bedarf eines typischen 3-Personen-Haushalts zu decken. Das entspricht einer Anlagenleistung von gerade einmal 4 kWp.

DOCH DAS RECHNEN MIT DURCHSCHNITTSWERTEN ist nicht unproblematisch: Die Sonne scheint im Jahresverlauf nicht gleichmäßig. In den Wintermonaten fällt die eingestrahlte Energiemenge deutlich geringer aus als im Sommer. Im Tagesverlauf ist dasselbe Phänomen zu beobachten. Damit kommt die Speicherung des Solarstroms in einem Batteriespeicher ins Spiel. In erster Näherung gelingt das zumindest über Nacht. Liegt der Haushaltsbedarf bei 3.500 kWh im Jahr, so entspricht dies rund 10 kWh pro Tag. Angenommen, die Hälfte des Bedarfs entfällt auf die Nachtstunden, so ist ein Speichersystem für 5 kWh (netto) erforderlich – eine durchaus handelsübliche Größenordnung.

PROBLEMATISCHER wird es mit dem Jahresverlauf der Solarstrahlung. In den Wintermonaten reicht die Stromerzeugung der oben beschriebenen PV-Anlage nicht, um den Tagesbedarf zu decken. Folglich kann ein Batteriespeicher daher nicht geladen werden. Abhilfe wäre auf mehreren Wegen möglich:

SAISONALE SOLARSTROMSPEICHERUNG Die Batteriekapazität wird so vergrößert, dass die höhere Einstrahlung in den Sommermonaten für den Winter gespeichert wird. Dies würde je nach Einstrahlung

SELBST IST DAS HAUS!

Ein modernes Leben mit allen Annehmlichkeiten – und dennoch keine Kosten für Strom, Wärme und Wasser? Das ist mit heutiger Technik gar nicht so schwer zu erreichen. In H.O.M.E. verrät Sachbuchautor und Energieexperte Christian Synwoldt, wie Ihr Zuhause autark wird

TEXT CHRISTIAN SYNWOLDT
FOTOS HERSTELLER

LET THERE BE LIGHT

Dank gespeichertem Strom aus erneuerbaren Energiequellen wird es immer nachhaltig hell: Schalter *A creation* aus Duroplast in der Farbe Mokka, von JUNG

SCHLANKE LINIE

Als alternative Wärmequellen dienen Holz, die Sonne oder Erde. Verteilt wird so gewonnene Energie mit Heizkörpern wie *Step-by-Step* aus der *Elements*-Kollektion von Alberto Meda für TUBES



HELLSICHTIG

Moderne Technologien senken den Stromverbrauch im autarken Haus: Die Pendelleuchte *Harry H.* von ARTEMIDE verbindet LED- und OLED-Technik im innovativen Design von Laura Pessoni und Carlotta de Bevilacqua

PRIVATES SPA

Wasser aus eigener Quelle gibt es durch gefiltertes Regen-, Bach- oder Grundwasser. Zum perfekt gestylten Bad verhilft beispielsweise die *Essence*-Linie, die sich personalisieren lässt, von GROHE

Gutes Timing: Im Winter scheint die Sonne weniger, dafür bläst der Wind stärker



STÜRMISCHER STROM

Wenn die Sonne nicht scheint, sind Kleinwindräder die ideale Ergänzung. 5 kW Nennleistung besitzt das *SW5* von SCHACHNER

bedingungen zu Speichern in der Größenordnung von 40'-Seecontainern mit 800 kWh (Graz) bis 1.100 kWh (Hamburg) führen. Trotz der höchsten jährlichen Einstrahlung liegt Budapest mit 900 kWh im Mittelfeld.

VERGRÖßERUNG DER FOTOVOLTAIK-ANLAGE

Steht eine Dachfläche für 30 Module mit zusammen 9,0 kWp zur Verfügung, so kann auch in den Übergangszeiten hinreichend viel PV-Strom erzeugt werden. Entsprechend sinkt die erforderliche Batteriekapazität für die Winterreserve. Dennoch wäre für das Sicherstellen einer kontinuierlichen Stromversorgung ein Speicher für den Bedarf von fünf bis zehn Tagen erforderlich, um beispielsweise Perioden mit sehr schlechtem Wetter oder einem verschneiten Dach zu überbrücken.

ERGÄNZUNG MIT ANDEREN STROMERZEUGERN

Als komplementäre Technologie bieten sich insbesondere Windenergieanlagen an – prinzipiell ist das Windaufkommen in Zentraleuropa im Winterhalbjahr höher als im Sommerhalbjahr. Auch eine Kombination mit Kleinwasserkraft käme bei entsprechender Lage des Objekts infrage. Wichtigste Voraussetzung hier: Das Oberflächengewässer friert im Winter nicht zu.

IN BEIDEN FÄLLEN sind verschiedene genehmigungsrechtliche Aspekte zu prüfen. Zudem sind die aerodynamischen Betriebsbedingungen für Kleinwindräder direkt am Gebäude oder in Objektnähe selten optimal. Als Größenordnung für die Dimensionierung: Damit ein Windrad bei frischem Wind (Windstärke 5 bft; 9 m/s) 2 kW leisten kann, muss es über einen Rotordurchmesser von mindestens 3,5 m verfügen. Deutlich höhere Windgeschwindigkeiten treten in Boden- und Objektnähe nur temporär auf.

ALS ERGÄNZUNG käme auch ein Mikro-Blockheizkraftwerk (BHKW) infrage. Hier würde ebenfalls ein saisonaler Effekt für die Kombination mit der Fotovoltaik sprechen: der erhöhte winterliche Wärmebedarf für Heizzwecke. Bereits ein BHKW mit 1 kW elektrischer Leistung würde bei acht bis zwölf Stunden täglicher Laufzeit in den Wintermonaten eine saisonale Stromspeicherung vermeiden helfen. Um zeitweilig auftretende hohe Lasten in einem solchen System zuverlässig bedienen zu können, wäre ein entsprechend leistungsfähiger Batteriespeicher erforderlich.

WEITERHIN ist beim Eigenbetrieb von elektrischen Erzeugern zu beachten, dass Hausanschlüsse und Elektroinstallationen praktisch immer dreiphasig ausgeführt werden – selbst wenn nur wenige Geräte im Haushalt wie Herdplatten, Durchlauferhitzer oder größere Maschinen und (Elektro-)Saunen einen entsprechenden Anschluss (umgangssprachlich: „Kraftstrom“) besitzen. Dementsprechend müssen sämtliche Erzeuger und auch Batteriespeicher für den dreiphasigen Betrieb ausgelegt sein.



WÄRME

Mit Holz zu heizen, ist eine Lösung, aber zum Glück nicht die einzige. Denn die nachhaltige Nutzmenge des Rohstoffes ist begrenzt. Unterstützung kommt aus dem Erdreich – oder von der Sonne

GERADE IM LÄNDLICHEN BEREICH sind vielerorts Scheitholzöfen in großer Zahl im Einsatz. Das Holz erfüllt dabei die Rolle des Brennstoffs und des Energiespeichers. Solare Strahlung ist die Energiequelle, die bei der Photosynthese der Pflanzen zum Aufbau von Kohlenhydraten (hier: Zellulose) dient. Der Holzstapel im Schuppen ist aus energetischer Sicht ein Speichersystem.

DIE NACHHALTIG NUTZBARE Holzmenge ist jedoch begrenzt. Damit stellt sich die Frage nach weiteren Wärmequellen. An erster Stelle ist wiederum die solare Strahlung zu nennen, die durch solarthermische Kollektoren genutzt werden kann. Röhrenkollektoren eignen sich insbesondere in der kalten Jahreszeit besser dazu, die eingesammelte Wärme verlustarm zu übertragen. Um die solaren Erträge insbesondere im Winterhalbjahr zu optimieren, ist ein steiler Anstellwinkel – je nach geografischer Breite 55 bis 65 Grad – erforderlich.

WEITERE WÄRMEQUELLEN sind das Erdreich und die Umgebungsluft. Bereits zwei Meter unter der Oberfläche herrscht ganzjährig ein nahezu konstantes Temperaturniveau. Mittels horizontaler Erdkollektoren oder vertikaler Energiekörbe kann diese Wärmequelle genutzt werden. Feuchte Böden verfügen über eine bessere Wärmeleitfähigkeit, was kleiner dimensionierte Kollektoren erlaubt. Tiefere Erdschichten (100 bis 400 m Tiefe) liefern höhere Temperaturniveaus, sind allerdings nur mit großem technischem Aufwand zu erschließen. Weiterhin sind die jeweils gültigen Vorschriften, u. a. zum Berg- und Wasserrecht, zu beachten.



FÜR JEDE JAHRESZEIT

Die Luft-Wasser-Wärmepumpe *WLW196i AR* von BUDERUS kann sowohl heizen als auch kühlen



DEKORATIV

Arlberg von HAAS+SOHN fügt sich besonders schön in sein Umfeld ein. Das Sichtfenster wirkt dabei fast wie ein Fernsehbildschirm, der passgenau in den umliegenden Kaminbausatz eingefasst ist, der zudem Platz für Brennholz bereithält

IN BEIDEN FÄLLEN, Umgebungswärme und Erdwärme, sind in der Regel Wärmepumpen erforderlich, um die Wärmeenergie auf ein nutzbares Temperaturniveau anzuhäufen. Vorteilhaft ist die Kombination von Niedertemperaturheizungen (Vorlauftemperaturen um die 30 Grad) mit Wärmepumpen. Liegen die Temperaturniveaus von Wärmequelle und Nutzwärme weiter auseinander, sinkt die Leistungsfähigkeit der Pumpe. Generell gilt: Je geringer der Heizwärmebedarf, desto geringer kann die Vorlauftemperatur im Heizungssystem ausfallen. Eine Niedertemperaturheizung (meist: Fußboden- oder Wandheizung) ist maßgeblich, um eine effiziente Wärmebereitstellung durch solarthermische Kollektoren oder Wärmepumpen zu erzielen.

ÄHNLICHE ÜBERLEGUNGEN gelten für das Bereitstellen von Trinkwarmwasser. Frischwasserstationen können mit einem Wärmeniveau von ca. 45 Grad betrieben werden. Bei Warmwasserspeicherlösungen sind aufgrund der längeren Verweilzeit des warmen Wassers (Legionellengefahr) 60 Grad erforderlich. Weiter ist zu beachten: Eine Warmwasserzirkulation kann nur in Verbindung mit einem separaten Speicher für Trinkwarmwasser betrieben werden. Andernfalls würde dies zu einem permanenten Umwälzen des Pufferspeichers führen und damit die thermische Schichtung im Speicher zerstören.



WASSER

Wer zwischen Trinkwasser und Brauchwasser unterscheidet, macht bereits einen wichtigen Schritt Richtung Selbstversorgung. Spielt dann auch noch das Wetter mit, steht der eigenen Wassergewinnung wenig im Weg

ALS WASSERQUELLE kommen generell Regenwasser sowie Grund- und Oberflächenwasser infrage. Da die Nutzung von Wasser einer Reihe von rechtlichen Vorschriften unterliegt, ist in jedem Fall zu prüfen, welche Voraussetzungen bei der Wassernutzung und Wasserentnahme einzuhalten sind.

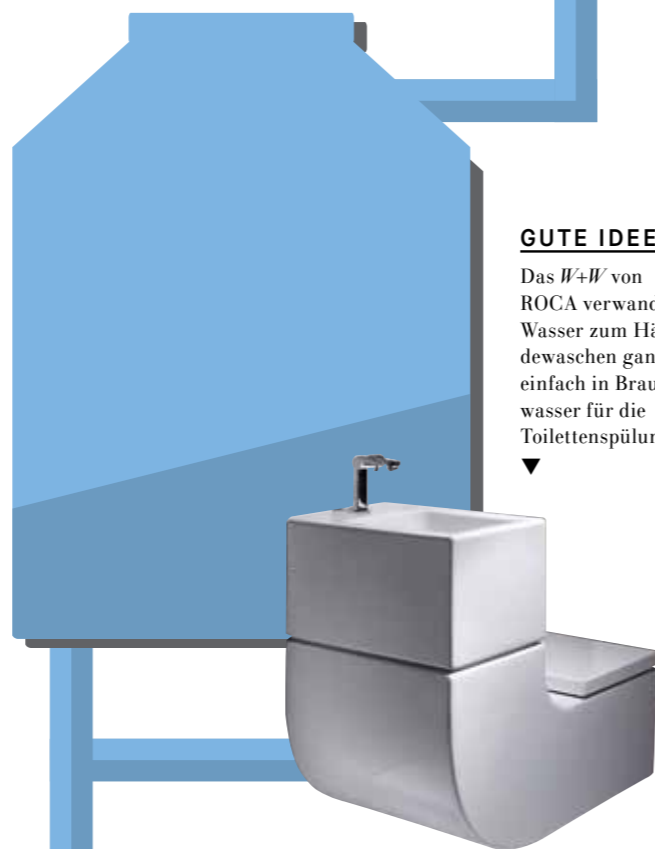
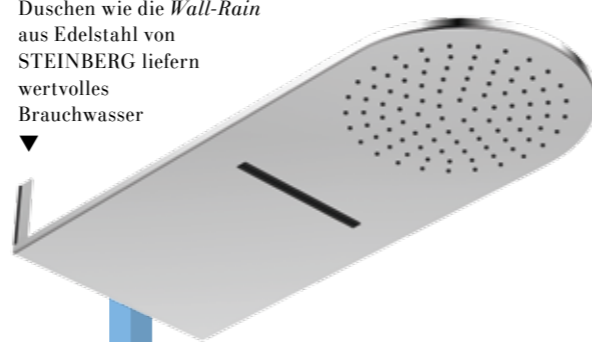
BEIM WASSERBEDARF ist zwischen Trinkwasser und Brauchwasser zu unterscheiden. Rund die Hälfte des Wasserbedarfs eines Haushalts resultiert allein aus der Toilettenspülung. Auch die Gartenbewässerung oder die Waschmaschine können regelmäßig mit Regen-, Grund- oder Bachwasser bedient werden.

DURCH SEPARATE LEITUNGEN für Trinkwasser und Brauchwasser ist den Hygienevorschriften Rechnung zu tragen. Weiterhin dürfen die Systeme in der Regel nicht direkt gekoppelt werden. Relevant ist dies für den Fall, dass Zisterne, Bach oder Grundwasserleiter aufgrund einer längeren Trockenperiode trockenfallen. Das erforderliche Zisternenvolumen hängt vom Wasserbedarf, von der Regenhäufigkeit und -verteilung sowie den über die Zisterne entwässerten Dachflächen ab. Bei 700 mm Niederschlag im Jahr und 150 m² Dachfläche werden jährlich 100 m³ Regenwasser gesammelt. Das reicht für den Haushaltsbedarf von drei Personen.

DURCH EINE FILTERUNG im Ansaugschlauch der Pumpe werden Sand und Schwebstoffe vom Rohrleitungssystem und den Armaturen ferngehalten. Ein gängiges Verfahren, das eine mikrobiologisch unbedenkliche Reinigung und Aufbereitung zu Trinkwasser erlaubt, ist die Umkehrosmose. Je nach Qualität der Wasserquelle können auch einfache Kies- und/oder Aktivkohlefilter ausreichen. Die jeweils geltenden örtlichen Bestimmungen sind zu beachten.

REGENTANZ

Duschen wie die *Wall-Rain* aus Edelstahl von STEINBERG liefern wertvolles Brauchwasser



GUTE IDEE

Das *W+W* von ROCA verwandelt Wasser zum Händewaschen ganz einfach in Brauchwasser für die Toilettenspülung

STECKBRIEF

Christian Synwoldt ist Autor von Sach- und Lehrbüchern wie „Mehr als Sonne, Wind und Wasser“ (Wiley-VCH) und „Dezentrale Energieversorgung mit regenerativen Energien: Technik, Märkte, kommunale Perspektiven“ (Springer Vieweg) sowie als Dozent und Berater im Bereich regenerativer Systeme und Energieeffizienz tätig.

www.synwoldt.de

AUTARKIE

Wer gleichzeitig kochen, Wäsche waschen, staubsaugen und den Trockner laufen lassen will, erreicht die Selbstversorgung nur mit hohem Aufwand. Leichter wird es, wenn man im Haushalt flexibel ist

FÜR FLEXIBLEN EINSATZ

Die *Serie 6* von BOSCH ist nicht nur energiesparend, sondern auch smart: Die rund 40 Automatikprogramme können zum Beispiel auch vom Smartphone aus überwacht werden



DAUERLÄUFER

Ist rund um die Uhr im Einsatz: Der smarte Kühlschrank *InstaView Door-in-Door* von LG verfügt über den Amazon-Sprachassistenten Alexa, der auf der herstellereigenen webOS-Betriebssystemplattform läuft



SAUBER BEI BEDARF

Steht nur fallweise unter Strom: Der *LBB 14CR* von SMEG ist kein Kühlschrank aus den 50er-Jahren, sondern eine moderne Waschmaschine im Retro-Look, die auch die Energieeffizienzklasse A++ erfüllt



DIE WESENTLICHEN Herausforderungen zum Erlangen einer autarken Eigenversorgung sind weniger die Energiemengen, die kontinuierlich bereitzustellen sind, als das zeitliche Zusammenspiel von Erzeugung und Verbrauch. Aus technischer Sicht sind dies der Lastgang des Bedarfs und der zeitliche Verlauf der Erzeugung von Strom, Wärme und Trinkwasser. Damit wird der Einfluss des Benutzerverhaltens sichtbar: Welche Bedarfe sind steuerbar und können dem aktuellen Angebot an Ressourcen angepasst werden (Beispiel: Betrieb der Waschmaschine) und für welche Bedarfe trifft dies nicht zu (Beispiel: Licht einschalten)?

JE GRÖßER DIE FLEXIBILITÄT im Benutzerverhalten ist, desto geringer fällt der technische Aufwand für die (Zwischen-)Speicherung von Energie- und Wassermengen aus. Dies wird auch an der Auslegung der einzelnen Komponenten sichtbar. Welche Spitzenlast muss bedient werden können, selbst wenn dieser Wert nur für wenige Minuten im Jahr abgerufen wird? Sollen Waschmaschine, Wäschetrockner, Küchenherd und Staubsauger gleichzeitig betrieben werden, so sind 10 bis 15 kW an elektrischer Leistung erforderlich. Folglich müssen sowohl die Erzeuger wie auch die Speicher eine solche Last zuverlässig bedienen können – zuzüglich der nicht steuerbaren Lasten wie Licht, Haustechnik, Geräte im Stand-by-Betrieb etc. (1 kW oder mehr).

WIRD DIE GLEICHZEITIGKEIT des Verbrauchs durch das Benutzerverhalten konsequent begrenzt, kann der Spitzenbedarf möglicherweise auf 5 kW begrenzt werden. Eine weitere Optimierung des Stromverbrauchs setzt bei den Dauerläufern wie Kühlschränken und Gefriertruhen an, die 24 Stunden am Tag, 365 Tage im Jahr eingeschaltet sind. Je niedriger dieser permanente Stromverbrauch ausfällt, desto geringer fällt der apparative Aufwand beim Erzeugen und Speichern zur Eigenversorgung aus.

GANZ ANALOG gestaltet sich die Wärmeversorgung. Das Heizungssystem ist so auszulegen, dass auch bei der kältesten auftretenden Außentemperatur ein gewünschtes Niveau der Innentemperatur aufrechterhalten werden kann. Bei der Minimierung des Wärmebedarfs sind die Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle, die Lüftungsbedingten Wärmeverluste und der Wärmebedarf für das Bereitstellen von Trinkwarmwasser zu betrachten. Je nach klimatischer Region können im Sommerhalbjahr Kühllasten auftreten. Hier eignen sich Systeme mit oberflächennahen Erdkollektoren in Verbindung mit reversiblen Wärmepumpen zur sommerlichen Kühlung. Dabei wird ein Teil der im Sommerbetrieb abgeführten Wärme im Erdreich gespeichert und steht für den winterlichen Heizbetrieb zur Verfügung. **H.**