



Elektrische Energie planen

Innovative Stromlösungen im Minergie-Gebäude

Inhalt

Strom optimal verwenden	3
Energiesystem Gebäude	4
Produktion und Verbrauch	6
Grossverbraucherin E-Mobilität	8
Nutzen für Eigentümer und Netz	10
PV als Teil des Gesamtsystems	12
Verbrauch steuern	14
Interdisziplinär planen (HLK-E)	15
Sonnenstrom im Smart Home	16
Komfort dank Automation	17
Weitere Infos	18

Impressum

Herausgeber

Verein Minergie

Produktion

Konzept und Text: Sabine von Stockar,
Maximilian Schaffrinna und Irina Zindel,
Verein Minergie, Basel

Redaktion: Sandra Aeberhard, Faktor
Journalisten AG, Zürich

Grafik: Christine Sidler und Noemi Bösch,
Faktor Journalisten AG, Zürich

Druck: Birkhäuser+GBC AG, Reinach

Bildnachweis

Titelbild: MFH Grabenweg, Möriken,
Foto: Setz Architektur AG; **Seite 7:**
BE Netz AG; **Seite 9:** Plug'n Roll; **Seite 16:**
iNeedContent GmbH; **Seite 17:**
Wegmüller|Briggen Architektur AG



Strom optimal verwenden

Elektrische Energie im Gebäude spielt für die Dekarbonisierung eine entscheidende Rolle. Gebäude werden dank Photovoltaikanlagen zu Stromproduzenten. Gleichzeitig benötigen sie aber auch mehr elektrische Energie, etwa für Wärmepumpen und das Laden von Elektroautos. Für eine effiziente Energieverwendung wird der produzierte Strom idealerweise zeitgleich vor Ort verbraucht. Voraussetzung dafür ist eine optimale Abstimmung zwischen den Komponenten für Produktion und Verbrauch. Dieser Wandel bringt neue Herausforderungen in der Gebäudeplanung – eine interdisziplinäre Herangehensweise ist unabdingbar. Am Ende profitieren Nutzende und Klima: der Energiebedarf, die CO₂-Emissionen und die Energiekosten sinken.

Energiesystem Gebäude

Gebäude spielen auf dem Weg zur Klimaneutralität eine wichtige Rolle. Sie sind zunehmend energieeffizienter und durch Photovoltaikanlagen auf dem Dach oder an der Fassade werden sie zum Kraftwerk. Die Energieperspektiven 2050+ des Bundesamtes für Energie sehen vor, dass bis 2050 rund 34 TWh elektrische Energie durch Photovoltaik (PV) bereitgestellt werden sollen – ein Zubau um Faktor 13

gegenüber 2020. Gleichzeitig verbrauchen Gebäude immer mehr Strom: Wärmepumpen ersetzen Öl- oder Gasheizungen und Elektroautos laden in der Garage. Damit die Schweiz das Netto-Null-Ziel erreichen kann, muss das Energiepotenzial der Gebäude optimal genutzt werden. Diese werden möglichst viel erneuerbare Elektrizität produzieren und sie verlustfrei vor Ort verbrauchen.

Gebäude tragen massgeblich zur Energiewende bei

Energie effizient nutzen: Durch eine optimale Dämmung sowie effiziente Haustechnik, Geräte und Beleuchtung spart ein Gebäude Energie.

Minergie-Gebäude sind bezüglich Dämmung und Haustechnik optimiert.

Erneuerbaren Strom produzieren: Der Zubau von Photovoltaikanlagen birgt in der Schweiz das grösste Potenzial für die Produktion von erneuerbarem Strom. Aussenflächen von Gebäuden bieten sich dafür geradezu an: Es werden keine Grünflächen verbaut und der Strom wird dort produziert, wo er genutzt wird.

Minergie-Neubauten decken ihren Stromverbrauch teilweise selbst.

Solarstrom für das Laden von Elektroautos bereitstellen: Die Substitution von benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeugen durch Elektroautos ist ein zentrales Element der Dekarbonisierung. Werden sie mit erneuerbarem Strom vom Dach geladen, verbessert sich ihre Umweltbilanz deutlich.

Minergie-Gebäude sind klimafreundliche Ladestationen.

Wenig CO₂ emittieren: Anstelle von Öl- oder Gasheizungen kommen Holzfeuerungen, Wärmepumpen oder Fernwärme zum Einsatz. Über 80% der Neubauten sind heute bereits mit einer Wärmepumpe ausgestattet, für deren Betrieb idealerweise erneuerbarer Strom genutzt wird.

Die Wärmeerzeugung im Minergie-Gebäude ist fossilfrei.

Eigenverbrauch und Netzstabilität erhöhen:

Ein optimiertes Gebäude weist einen hohen Eigenverbrauch auf und bezieht nur wenig Strom aus dem Netz. Optimalerweise benötigt es weniger teils CO₂-belasteten Netzstrom (vor allem im Winter) und trägt zur Entschärfung von Leistungsspitzen im Stromnetz bei.

Minergie-Gebäude sind verbrauchsoptimiert und fördern den Eigenverbrauch.

Gebäude produzieren und verbrauchen mehr elektrische Energie

Rahmenbedingungen

Abkehr von nuklearer und fossiler Energie
Stromproduktion sinkt

Ersatz von fossilen Energieträgern mit Strom
Strombedarf steigt

Erneuerbare Energieproduktion muss stark ausgebaut und produzierte Energie effizient genutzt werden

Massnahmen am Gebäude

Effizienzgewinne durch Bauweise und Haustechnik

Harmonisierung Produktion und Verbrauch

PV-Zubau an Gebäuden

Mehrwert

Eigentümerschaften und Nutzende

Tiefere Energiekosten und Komfortoptimierung

Klima und Umwelt

Tiefer Energieverbrauch, kaum CO₂-Emissionen im Betrieb und hohe Effizienz

Energieeffiziente Gebäude, die eigenen Strom produzieren und optimal einsetzen, sind Teil der Lösung. Sie bringen Mehrwerte für Eigentümerschaften und das Klima.

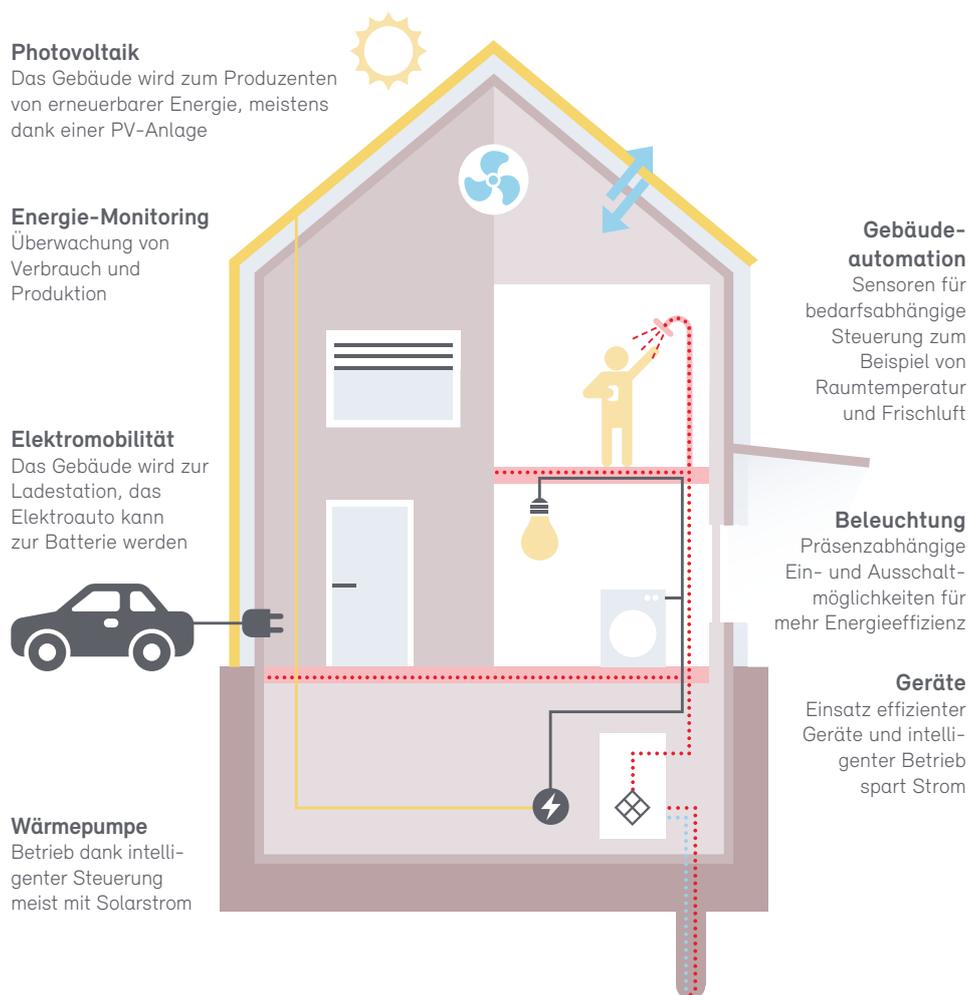
Effizienz und Komfort im Minergie-Gebäude

Mit einer optimalen Gebäudehülle, effizienter Haustechnik und erstklassigen Geräten ist der Betrieb eines Minergie-Gebäudes auf einen tiefen Energiebedarf ausgelegt. Um diesen zu decken, produzieren PV-Module auf dem Dach oder an der Fassade Elektrizität. Ein intelligentes Gesamtkonzept koppelt die verschiedenen Sektoren im Gebäude (siehe Kasten) und eine optimierte Steuerung der Gebäudetechnik sorgt für einen energieeffizienten Betrieb. Werden Gebäudeautomationselemente wie Lüftung und Raumtemperatur ebenfalls gekoppelt, sorgt das Gesamtkonzept zudem für massgeschneiderten Komfort.

Sektorenkopplung: Wärme, Elektrizität und Mobilität vernetzen

Unter Sektorenkopplung versteht man die Vernetzung der in der Energie- und Bauwirtschaft bisher oft unabhängig voneinander betrachteten Sektoren Elektrizität, Wärme- und Kälteversorgung sowie Mobilität. Ziel ist ein flexibles Gesamtsystem mit einem tiefen Energieverbrauch, gegenseitigem Austausch und der Nutzung vorhandener Speicher. Da alle Sektoren eng mit dem Gebäude verknüpft sind, ist es empfehlenswert, diese Kopplung bereits früh in der Planung zu berücksichtigen. Die Sektorenkopplung ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Dekarbonisierung und zu mehr Energieeffizienz.

Relevante Stromkomponenten im Minergie-Gebäude



Energie- und komfortrelevante Komponenten müssen im Gebäude miteinander kommunizieren, damit die Harmonisierung zwischen PV-Produktion und Energieverbrauch stattfinden kann. Dazu sind eine Sektorenkopplung und ein Energiemanagement (Seite 12) nötig.

Produktion und Verbrauch

Verbrauch und Produktion rücken örtlich am Gebäude zusammen und müssen zeitlich harmonisiert werden. Doch ist die Produktion von PV-Strom wetter- und tageszeitabhängig. Eine produktionsabhängige Verbrauchssteuerung steigert die Effizienz im Betrieb und die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage. Wird viel Energie lokal genutzt, vermindern sich auch die Übertragungsverluste (Seite 10).

Abstimmen mit EMS

Ein Energiemanagementsystem (EMS) koordiniert Produktion und Verbrauch, indem es Informationen der Produzenten und Verbraucher im Gebäude sammelt und Steuerbefehle erteilt. Um diese Kommunikation zu ermöglichen, müssen Energieerzeugung und Energieverbrauch in Echtzeit erfasst werden. Wird etwa ein Überschuss ins Netz eingespeist, geht die Wärmepumpe in Betrieb. Falls hingegen

die Ansprüche an die Raumtemperatur dies erfordern, muss sich die Wärmepumpe auch bedarfsabhängig zuschalten, um den Komfort zu gewährleisten. Ein Monitoring (Seite 14) ermöglicht die Überwachung der Steuerung im Betrieb.

Energiespeicher im Gebäude

Ein energieeffizienter Gebäudebetrieb mit erneuerbarem Strom kann durch verschiedene Formen der Energiespeicherung unterstützt werden (Tabelle unten). Thermische Speicher für Trinkwasser können dann aufgeladen und sogar «überladen» werden, wenn die Sonne scheint. Zusätzliches Speicherpotenzial birgt das Gebäude selbst, da massive Bauteile wie Betondecken oder Aussenwände sehr träge auf Temperaturschwankungen reagieren.¹ Der Vorteil dieser Speicher ist, dass sie keine Zusatzkosten nach sich ziehen.

¹ Eine massive Bauweise verursacht allerdings in der Erstellung einen höheren Verbrauch an grauer Energie als eine Leichtbauweise.

Übersicht Speichermöglichkeiten am Gebäude

Dauer	Typ	Kapazität	X Tagesbedarf Strom einer Familie	Zusatzkosten zu Gebäude, Grössenordnung	Anzahl Ladezyklen	Bemerkungen
Tagesspeicher oder Kurzzeit-speicher	Batterien (Lithium, stationär)	10 kWh	1	1300 Fr./kWh	5000	+ hohe Energiedichte, robust – meist nicht wirtschaftlich
	Batteriespeicher E-Mobil (Lithium, fahrend)	20 bis 80 kWh	2 bis 8	~ 10 000 Fr. für bidirektionale Ladestation	5000	+ Fahrzeug ohnehin vorhanden, grosse Energiemengen und Leistungen möglich – noch nicht verbreitet
	Salzbatterien (stationär)	10 kWh	1	1700 Fr./kWh	5000	+ sicher und sauber – höherer Platzbedarf, (noch) teuer
	Gebäudemasse (+/-3 K)	ca. 60 kWh	~ 6	keine	unbegrenzt	+ sowieso vorhanden – abhängig von Bauweise
	Warmwasserspeicher 150 bis 300 Liter	10 bis 25 kWh	1 bis 2	keine	unbegrenzt	+ sowieso vorhanden
Saison-speicher	Regeneration Erdsondenfeld	70 000 kWh	7000	2000 – 10 000 Fr. (ohne Sondenfeld und Wärmequelle)	unbegrenzt	+ Erdsonde kann länger und effizienter genutzt werden
	Eisspeicher 30 m ³	3000 kWh	300	60 000 Fr.	unbegrenzt	+ effizientes Heizen und Kühlen – noch wenig verbreitet
	Wasserstoff in Druckgasflaschen	1500 kWh	150	100 000 Fr.	k. A.	+ liefert auch elektrische Energie, Aufladung durch PV on-site – noch wenig verbreitet, teuer
	Solare Grosswärmespeicher 20 m ³	1500 kWh	150	35 000 Fr. (ohne Raumkosten)	unbegrenzt	+ robuste Technologie – grosser Platzbedarf

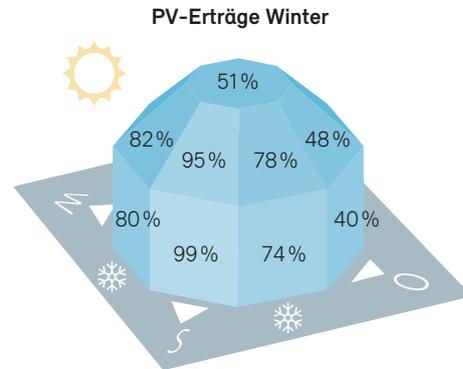
Zu beachten: Elektrische Energie kann nicht direkt mit thermischer Energie verglichen werden, da sie hochwertiger ist (reine «Exergie») als die thermische.

Heimspeicherbatterien, die elektrische Energie direkt speichern, sind hingegen mit Zusatzinvestitionen verbunden und heute oft nicht wirtschaftlich. Elektroautos dienen mittelfristig als «fahrende» Batteriespeicher – die Batterie kann auch für den Betrieb des Gebäudes genutzt werden (Vehicle-to-home). All diese Speichermöglichkeiten eignen sich allerdings nur als Kurzzeitspeicher. Zudem verursachen Speicher Zusatzinvestitionen und graue Energie. Ob und welche Speicher sinnvoll und wirtschaftlich sind, muss projektspezifisch abgeklärt werden.

Saisonale Optimierung

Saisonale Speicher, die Energie über Wochen und Monate speichern, sind noch wenig verbreitet. Diese saisonale Optimierung ist wichtig, weil im Winter der Strombedarf höher ist und die Wasserkraftwerke weniger Strom produzieren. Das führt dazu, dass Strom aus Kohle- und Gaskraftwerken importiert werden muss und der Strommix in der Schweiz eine schlechtere CO₂-Bilanz aufweist. Bei Gebäuden handelt es sich um thermische Speicherformen wie Erdsondenregeneration, Eisspeicher oder solare Grosswärmespeicher (Tabelle Seite 6).

Eine saisonale Optimierung kann auch verbrauchsseitig stattfinden: Heute sind PV-Anlagen in der Regel auf einen maximalen Jahresertrag ausgerichtet. Doch ist vor allem im Winter der Bedarf sehr hoch. Nebst grösseren Anlagen können beispielsweise steilere Neigungswinkel der Dachpanels oder eine Einkleidung der Fassade mit PV-Modulen die Eigenbedarfsdeckung erhöhen. Eine steilere Modulordnung vermeidet in höheren Lagen den Ertragsausfall durch Schneeeindeckung. Auch die Tagesoptimierung muss mitgedacht werden: Die Energie sollte dann verbraucht werden, wenn die PV-Anlage viel produziert. Bei Wohnbauten kann es daher sinnvoll sein, die Anlage so auszurichten, dass morgens (Ost) und abends (West) mehr Energie produziert wird. Bei Zweckbauten mit hohen Tagesverbräuchen kann eine Ausrichtung auf maximalen Ertrag (Süd) sinnvoll sein.



PV-Ertragspotenzial im Winter für Standort Bern: 100% entspricht dem Maximalertrag bei Südausrichtung und 65° Neigung. Im Gegensatz zum maximalen Jahresertrag bei 45° Südausrichtung sind für die Winterproduktion steilere Winkel vorteilhaft.



Für mehr erneuerbare Stromproduktion und einen maximalen Ertrag im Winter sollen eine steilere Neigung und das Fassadenpotenzial geprüft werden. Dabei sollte auf Beschattung der Nebengebäude geachtet werden.

Grossverbraucherin E-Mobilität

Die Zulassungen von Elektroautos haben in den vergangenen Jahren exponentiell zugenommen. Diese Elektrofahrzeuge müssen aufgeladen werden. Rund 90% der Ladevorgänge finden am Gebäude statt. Elektroautos sind vor allem dann CO₂-arm, wenn sie mit erneuerbarem Strom geladen werden. Da Autos die meiste Zeit herumstehen, ist es sinnvoll, Wohn- und Zweckgebäude (Arbeitsplatz) mit Ladestationen auszurüsten. So lassen sich die Fahrzeuge unter der Woche und

am Wochenende tagsüber bequem dann laden, wenn die PV-Anlage erneuerbaren Strom produziert.

Sonnenstrom laden

Für das Management elektrischer Energie im Gebäude ist die Elektromobilität relevant: Sie benötigt nämlich zusätzlich je nach Fahrverhalten etwa 50% der für Heizung, Warmwasser und Strom im Gebäude verbrauchten Energie. Damit Strom vom eigenen Dach verwendet werden kann, müssen die Elektroladestationen Lasten optimieren können und in das Energiemanagement des Gebäudes eingebunden sein.

Eckdaten Elektroautos

Verbrauch	16 bis 30 kWh/100 km
Batteriegrosse	20 bis 100 kWh
Reichweite	200 bis 500 km pro Vollladung
Ladeleistungen	typischerweise 11 kW

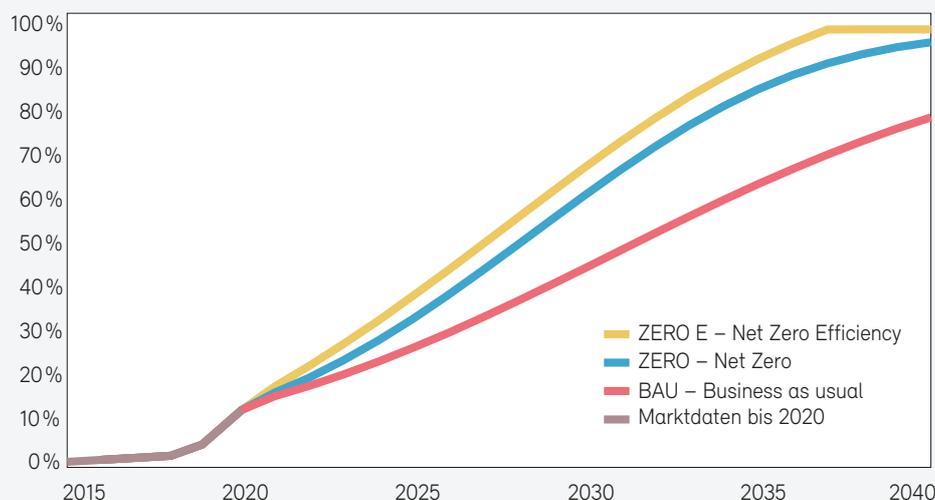
Der Verbrauch ist vom Fahrverhalten und vom Auto abhängig. Die aufgeführte Grösse der PV-Anlage wird dann benötigt, wenn das Auto nicht auswärts geladen wird.

Stromverbrauch Elektroauto

Fahrverhalten	Benötigte Energie	Grösse PV-Anlage
Gelegenheitsfahrer mit Mittelklassewagen (5000 km/Jahr)	1000 kWh/Jahr (zusätzlich zu 6000 kWh/Jahr für Verbrauch im EFH mit WP)	ca. 8 m ² mehr PV-Fläche (ca. 1 kWp)
Pendler mit Oberklassewagen (25 000 km/Jahr)	6200 kWh/Jahr (zusätzlich zu 6000 kWh/Jahr für Verbrauch im EFH mit WP)	ca. 50 m ² mehr PV-Fläche (ca. 7 kWp)

Prognose Entwicklung Elektromobilität bis 2040

Anteile BEV, PHEV und FCEV am Neuwagenmarkt



Entwicklung der Elektrofahrzeuge bis 2040 in drei Szenarien. Bei den Daten bis 2020 handelt es sich um Realdaten, die weitere Entwicklung ist eine Prognose. Demnach werden die Neuzulassungen von Steckerfahrzeugen bis 2040 bei nahezu 100% liegen. Quelle: EBP, 2021

BEV	Battery Electric Vehicle: batterieelektrisches Auto – vollelektrifiziert, mit Stecker
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle: Hybridelektroauto – teilelektrifiziert, mit Stecker
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle: Brennstoffzellenelektroauto – vollelektrifiziert, kein Stecker, Energieträger Wasserstoff

Elektroladestationen planen

Damit die Infrastruktur mit der Entwicklung der Elektromobilität Schritt halten kann, lohnt es sich, die Ladestationen oder die Vorbereitungen für deren Ausbau von Anfang an mitzuplanen. Ladestationen am Gebäude müssen in der Regel nicht schnell laden können (niedrige Leistung), da das Auto längere Zeit geparkt bleibt. Sie sollten aber in Ausnahmefällen in der Lage sein, mehr Leistung zu beziehen (zum Beispiel gegen Aufpreis). Schnellladungen sind für unterwegs sinnvoll.

Informationen zur Dimensionierung des Hausanschlusses und zur Ausrüstung des Gebäudes mit Elektroladestationen gibt das Merkblatt SIA 2060.

Checkliste für die Planung

- In jedem Fall Leerrohre und Platzreserven für potenzielle Anschlüsse vorsehen.
- Verkabelung und Absicherung richtig dimensionieren. Ab zwei Ladestationen Lastmanagement vorsehen, um Lastspitzen zu vermeiden.
- Hausanschluss entsprechend auf die optimierten Lasten auslegen.
- Ladestation muss in das Energiemanagementsystem des Gebäudes eingebunden werden können (kompatible Schnittstelle).
- In Mehrfamilienhäusern geeignetes Abrechnungssystem vorsehen.
- Prüfen, ob die Ladestationen Prioritäten berücksichtigen sollen (Notfallladen).
- Zuleitung zur Ladestation möglichst kurz halten und so dimensionieren, dass bei maximaler Belastung kein wesentlicher Spannungsabfall auf der Leitung entsteht.
- Eine sinnvolle Höhe für die Ladestation beträgt zwischen 100 und 150 cm ab Boden.
- Bei Parkplätzen im Freien wird empfohlen, ein Schutzdach zu installieren (direkte Sonneneinstrahlung und Regen vermeiden).
- Gehwege oder passierbare Bereiche zwischen Elektrofahrzeug und Anschlusspunkt vermeiden, um Stolpergefahr durch Kabel zu verhindern.
- Elektrofahrzeuge verfügen üblicherweise über Kabel von 3 bis 5 m Länge. Eine Halterung für das Ladekabel erleichtert die Nutzung der Ladeinfrastruktur.



Gut geplante Ladestationen sind in der Garage problemlos montierbar. Die Kombination mit einem Lastmanagement, das den PV-Strom vom eigenen Dach priorisiert, sorgt für eine CO₂-arme Mobilität.

Nutzen für Eigentümer und Netz

Ein möglichst hoher Eigenverbrauch respektive Autarkiegrad durch die Abstimmung der einzelnen Komponenten spart Kosten im Betrieb. Dies, weil der selbst produzierte Strom günstiger ist als der Netzstrom. Hinzu kommt, dass die Energieversorger den ins Netz eingespeisten Strom bei einer Überproduktion zu einem sehr tiefen Tarif vergüten. Der Eigenverbrauch ist daher deutlich wirtschaftlicher als eine Rückspeisung. Eine Eigenverbrauchsoptimierung und Maximierung des Autarkiegrads sorgen dafür, dass Elektrizität dann verbraucht wird, wenn die PV-Anlage auf dem Dach oder an der Fassade viel produziert. Dieser wirtschaftliche Vorteil wiegt die höheren Investitionskosten auf.

Zusammenschluss zum Eigenverbrauch

Wird Solarstrom für verschiedene Parteien produziert, ist es sinnvoll, einen Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV) zu gründen. Bei einem ZEV schliessen sich mehrere Endverbraucherinnen und Endverbraucher (z. B. Mietende oder Eigenheimbesitzende) mit dem Ziel zusammen, möglichst viel selbst produzierten Solarstrom lokal zu verbrauchen.

Strom vom Dach ist günstiger als Netzstrom

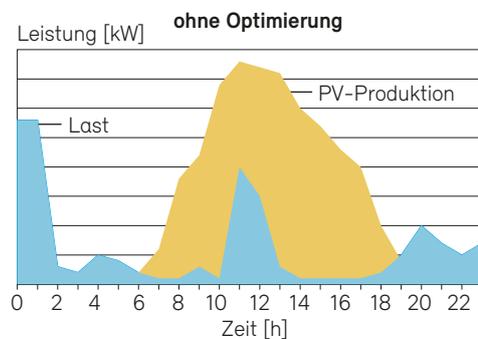
Geht man von einem durchschnittlichen Installationspreis einer PV-Anlage von 2000 Fr./kWp und einem Jahresertrag von 800 kWh/kWp aus, ergeben sich über eine Lebensdauer von 25 Jahren Stromgestehungskosten von 11 Rp./kWh. Der Preis für Netzstrom in einem Haushalt beträgt dagegen inklusive Übertragungskosten und Abgaben ca. 20 Rp./kWh. Jede kWh, die von der PV-Anlage auf dem Dach produziert und vor Ort verbraucht wird, spart also in diesem Rechenbeispiel 9 Rp.

Eigenverbrauch, Autarkie und Lastspitzen optimieren

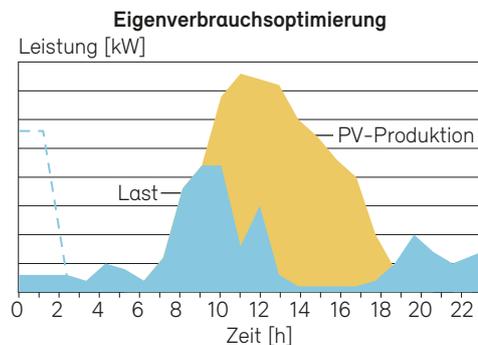
Die Eigenverbrauchsoptimierung zielt darauf ab, möglichst viel selbst produzierte Elektrizität zeitgleich zur Produktion vor Ort zu verbrauchen. Dies geschieht, indem die Verbraucher dann zugeschaltet werden, wenn die Produktion höher ist als der Bedarf.

Der Autarkiegrad bildet das Verhältnis zwischen Eigenverbrauch und totalem Energieverbrauch des Gebäudes ab. Ihn zu optimieren, ist in jedem Fall sinnvoll, weil er einem verschwenderischen Energieverbrauch entgegenwirkt.

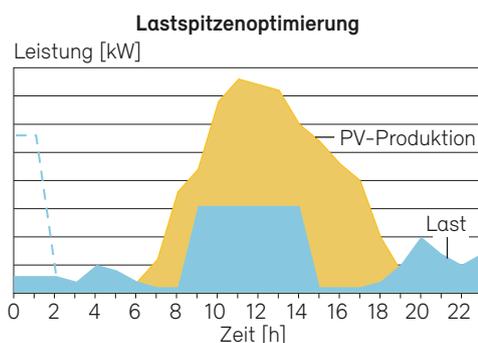
Eine Lastspitzenoptimierung hat zum Ziel, Netzbezug und Netzurückspeisung zeitlich so zu verschieben, dass die Spitzen möglichst tief sind. Dadurch können Netzanschluss- und Leistungskosten minimiert werden. Diese Anwendung ist heute vor allem für Landwirtschafts- und Gewerbebetriebe interessant, die einen leistungsabhängigen Strompreis bezahlen. Es ist allerdings nicht auszuschliessen, dass es in Zukunft auch für Wohnbauten eine leistungsabhängige Tarifkomponente geben wird.



Hoher Netzbezug in der Nacht, viel ungenutzter PV-Strom am Tag.



Tiefer Netzbezug in der Nacht, hoher Eigenverbrauch mit Lastspitzen.



Tiefer Netzbezug und geringere Einspeisespitze bei konstanter Verbraucherleistung während PV-Produktionsspitze.

Massgeschneiderter Komfort

Die Optimierung der Energieflüsse im Gebäude hat nicht nur finanzielle und energetische Vorteile. Das intelligente Energiemanagement kann mit einer Einbindung der Gebäudeautomation für massgeschneiderten Wohnkomfort sorgen. So lassen sich beispielsweise die Raumtemperatur und der Luftaustausch automatisch regeln und auf die Bedürfnisse der Nutzenden abstimmen.

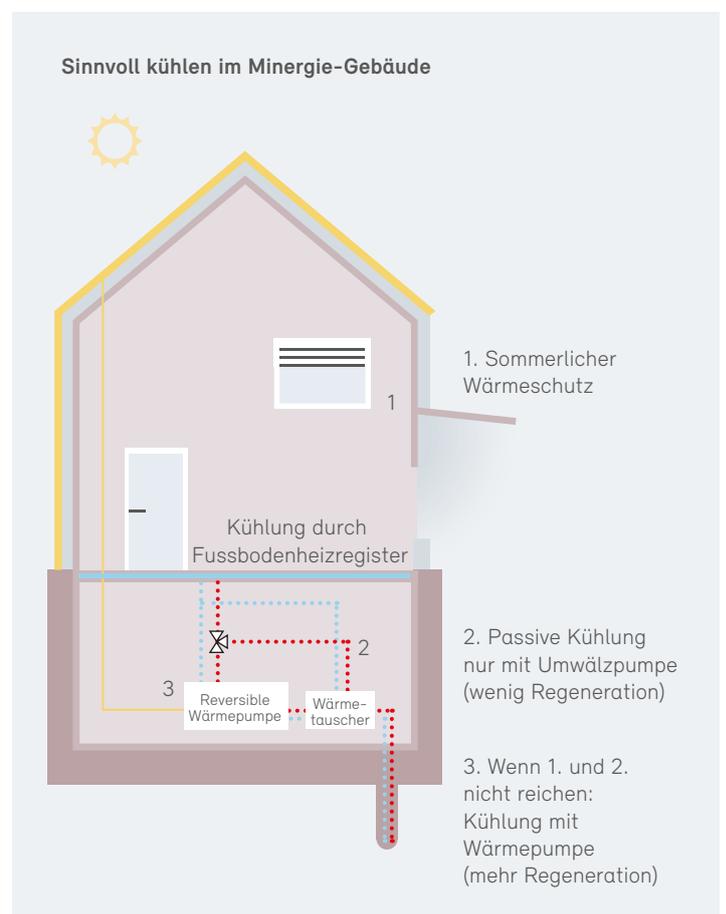
Kühlen mit PV-Strom

Aufgrund der heisser werdenden Sommer ist die Kühlung von Büro- oder Wohnbauten immer gefragter. In Wohngebäuden, die über einen guten sommerlichen Wärmeschutz verfügen, sind Klimaanlage in der Regel nicht nötig. Dennoch kommen vermehrt auch Kühlsysteme zum Einsatz, etwa bei Wohngebäuden mit einem hohen Glasanteil in der Fassade. Diese lassen sich idealerweise mit den Erdsonden einer Wärmepumpe passiv kühlen. Dabei wird die niedrige Temperatur des Erdreichs oder des Grundwassers lediglich mittels des Betriebs einer Umwälzpumpe genutzt. Das Erdreich wird durch den Temperaturexchange leicht regeneriert. Aktive Kühlsysteme gilt es in das energetische Gesamtsystem des Gebäudes einzubinden. Photovoltaikanlagen und aktive Kühlsysteme sind eine sinnvolle Kombination: Mit der Intensität der Solarstrahlung steigt parallel zum Überhitzungsrisiko auch der PV-Ertrag. Erfolgt die aktive Kühlung mit einer reversiblen Wärmepumpe, dient dies zudem zur aktiven Regeneration des Erdreichs im Umfeld einer Erdsonde – was die Effizienz der Wärmepumpe im Winter steigert. Bei Zweckbauten ist der Kühlbedarf in der Regel stark von der Nutzung abhängig. Da diese am Tag am höchsten ist, kann der PV-Strom ebenfalls für die Kühlproduktion verwendet werden.

Stabiles Stromnetz

Mit der steigenden PV-Produktion auf dem Dach und an der Fassade wandelt sich das Verhältnis von Gebäude und Stromnetz vom reinen Bezugsverhältnis zu einem Bezugs-Liefer-Verhältnis. Das Gebäude wird zum «Prosumer». Dieser Austausch von elektrischer Energie zwischen Gebäude und Stromnetz birgt neue Herausforderungen im Umgang mit Spitzenlasten. PV-Anlagen produzieren an einem sonnigen Tag über Mittag viel Elektrizität, was bei einem starken Ausbau der PV-Produktion zu grossen Überschüssen führen kann. Ein hoher, optimierter Eigenverbrauch sowie eine zeitliche Verschiebung des Verbrauchs hin zu Zeiten mit hoher Produktion sorgt dafür, dass die Übertragungskapazität des Stromnetzes ausreicht und die gesamte produzierte Energie sinnvoll genutzt werden kann.

Massnahmen, die ohne (1.) oder mit nur geringem (2.) Energieeinsatz wirken, sind einer aktiven Kühlung mit einer Kältemaschine (3.) vorzuziehen. Wird Energie benötigt, soll das System so gesteuert werden, dass mit Sonnenstrom gekühlt wird.



PV als Teil des Gesamtsystems

Eine gute Dämmung, eine effiziente Haustechnik, ein effektiver sommerlicher Wärmeschutz und ein kontinuierlicher Luftaustausch bilden das Fundament eines Minergie-Gebäudes: Dieses bietet den Nutzenden Schutz und Komfort bei einem tiefen Energieverbrauch. Um die Energie vom eigenen Dach möglichst effizient zu nutzen, sollte dieses Fundament über ein Energiemanagementsystem mit der Photovoltaikanlage verbunden werden. Dadurch wird der Abgleich zwischen Produktion und Verbrauch optimiert. Bereits bei der Planung lassen sich die Stufen der Einbindung definieren.

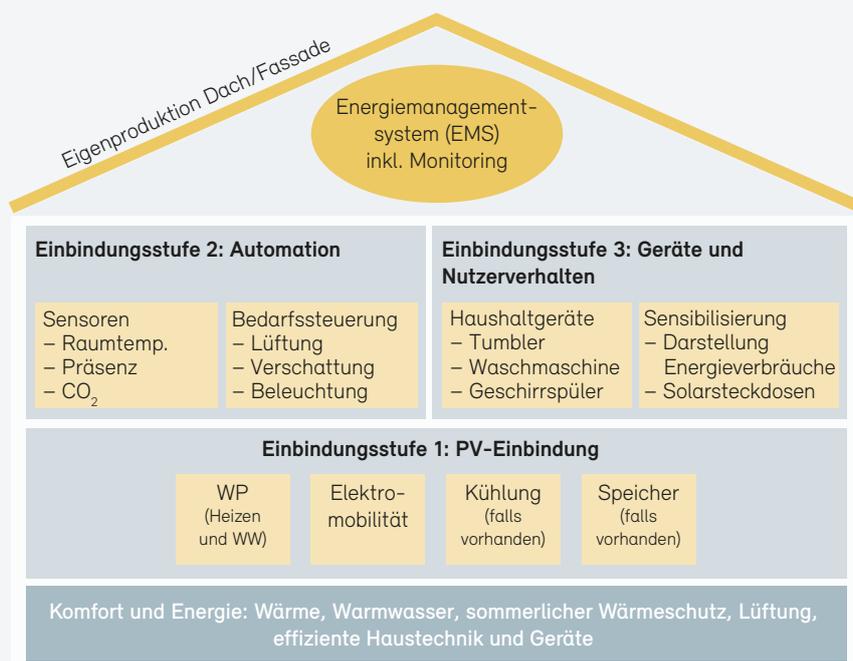
Nutzende sensibilisieren

Auch das richtige Nutzerverhalten trägt zur Energieeffizienz eines Gebäudes bei. Sichtbare Echtzeit-Energieverbräuche oder Solarsteckdosen, die nur bei Sonnenstromüberschuss geführt werden, sensibilisieren Bewohnerinnen und Bewohner. Sie zeigen auf, wann Sonnenenergie genutzt werden kann.

Stufen der Einbindung

- **Einbindungsstufe 1** besteht in der Verbindung der intensiven Stromanwendungen wie Wärmepumpe für Heizung und Brauchwarmwasser, Elektrofahrzeug und falls vorhanden der aktiven Kühlung oder einer Hausbatterie mit der PV-Anlage.
- In **Einbindungsstufe 2** kommt die Gebäudeautomation dazu. Automatisierte Abwesenheitsschaltungen ermöglichen beispielsweise Energieeinsparungen im Wärme- und Beleuchtungsbereich und sorgen gleichzeitig für erhöhten Wohn- und Bedienungskomfort.
- **Einbindungsstufe 3** umfasst weitere, weniger intensive Stromanwendungen. In Wohnbauten sind dies beispielsweise Haushaltsgeräte, wovon Waschmaschine und Tumbler die flexibelsten und stromintensivsten sind. In Zweckbauten können dies Klimageräte oder die Nutzung von Prozessenergie sein.

Abstimmung von PV und Stromanwendungen dank EMS



Bei der Planung muss definiert werden, welche Einbindungsstufe angestrebt wird. Das Energiemanagementsystem (EMS) fungiert als Schaltzentrale und steuert die verschiedenen Anwendungen zur Harmonisierung zwischen PV-Produktion und Verbrauch. Diese sind nicht zwingend aufeinander aufbauend, sondern können einzeln integriert werden.

Optimierung auf Gebäudetyp und Bedürfnis abstimmen

Welche Einbindungsstufen geplant und wie sie kombiniert werden sollen, ist vom Gebäude, dessen Grösse und Komplexität sowie vom vorgesehenen Betrieb abhängig. Zudem spielen die Bedürfnisse von Bauherrschaft und Nutzenden eine wichtige Rolle.

Wohnbauten

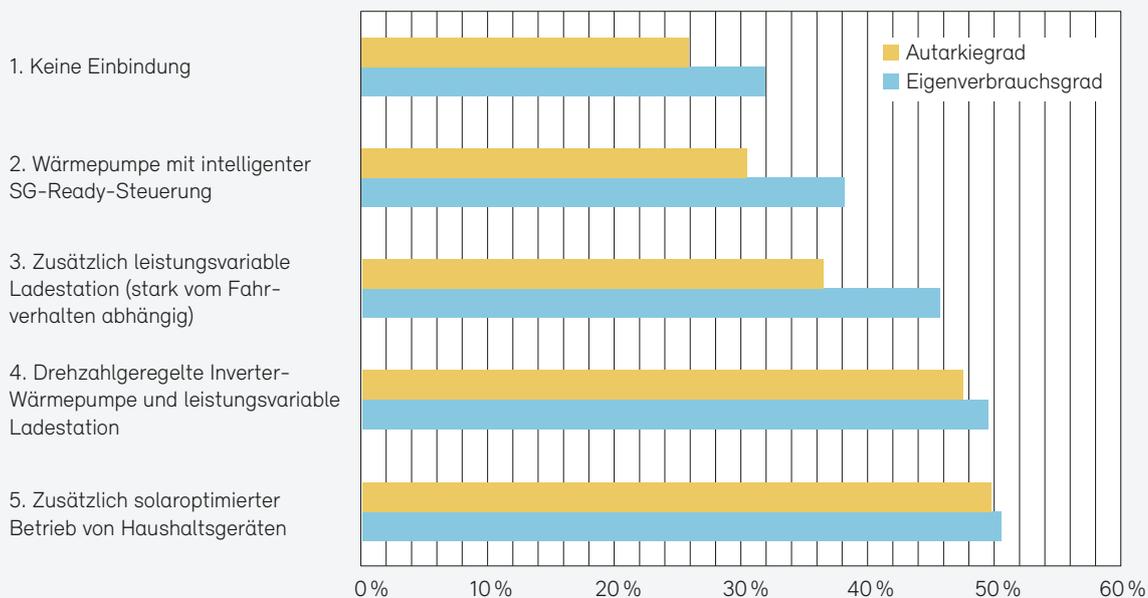
Für Wohnbauten ist aufgrund des hohen energetischen Nutzens auf jeden Fall die Umsetzung der Einbindungsstufe 1, also der Einbindung der PV-Anlage mit den grossen Stromverbrauchern wie Wärmepumpe und Elektrofahrzeug, empfehlenswert. Die Einbindung von Elementen der Stufe 2 wie Temperatursensoren sollte im Einzelfall geprüft werden. Elemente der Einbindungsstufe 3 können nach Bedarf ergänzt werden. Bei grösseren Wohnbau-

ten wie auch bei Zweckbauten ist überdies ein automatisiertes Gesamtsystem sinnvoll, das alle relevanten Gebäudetechnik-Komponenten intelligent miteinander verbindet.

Zweckbauten

Zweckbauten haben sehr spezifische Anforderungen und sind oft in einem grossen Mass automatisiert und geregelt. Sie sind meist tagsüber in Betrieb und erzielen dadurch einen hohen Eigenverbrauch. Während die Einbindung grosser Elektrizitätsverbraucher in den meisten Fällen sinnvoll ist, muss die Integration weiterer Verbraucher sorgfältig evaluiert werden. Überdies sollen Planende auch hier darauf achten, integrierbare Systeme einzusetzen, die miteinander kommunizieren.

Eigenverbrauchs- und Autarkiegrad in Abhängigkeit der intelligenten Einbindung (Simulation mit Polysun)



Gebäude: EFH, Minergie, 150 m² EBF, Fussbodenheizung
 PV-Anlage: 9 kWp, 30° Süd
 Lastprofil: Familie mit Kindern, 5000 kWh/a
 Wärmeerzeugung: Heizen und Warmwasser mit Luft-Wärmepumpe 10 kW
 Thermische Speicher: 600 l Pufferspeicher, 300 l Warmwasserspeicher; Inverter-WP mit 1200 l Kombispeicher
 Elektromobil: Mittelklasse 60 kWh Kapazität, 11 kW Ladestation, Fahrleistung 9800 km im Jahr
 Solarer Gerätebetrieb: 200 kWh mehr Eigenverbrauch durch gezielte Solarstromnutzung

Richtwerte für Eigenverbrauchs- und Autarkiegrade in Abhängigkeit der eingebundenen Gerätegruppen. Es handelt sich hier um ein Beispielgebäude mit PV-Anlage. Werden alle Geräte eingebunden, erhöht sich der Autarkiegrad auf 50% (Potenzial der thermischen Gebäudemasse nicht berücksichtigt).

Verbrauch steuern

Der Abgleich zwischen Produktion und Verbrauch ist nur möglich, wenn Energieerzeuger und Verbraucher mit dem EMS kommunizieren können. Dabei kommen verschiedene Schnittstellen und Übertragungsprotokolle zum Einsatz. Bei offenen Systemen sind die Übertragungsprotokolle bekannt, eine Einbindung ist meist einfach. Geschlossene oder proprietäre Systeme funktionieren dagegen oft nur innerhalb einer herstellerspezifischen Umgebung, was eine Integration erschwert. Die meisten EMS können zur Eigenverbrauchsoptimierung und zum Lastspitzenmanagement eingesetzt werden. Sie

bieten oft weitere Services wie die Energiekostenabrechnung oder das Energiemonitoring.

Überwachung dank Monitoring

Für einen optimalen Gebäudebetrieb hilft ein Monitoring, mit dem Energiedaten erfasst, aufbereitet, ausgewertet und visualisiert werden. Die Datenvisualisierung dient zur Kontrolle der Betriebsparameter und zeigt Verbesserungspotenziale auf.

Monitoring+

Für Minergie- und Minergie-P-Bauten mit mehr als 2000 m² Energiebezugsfläche (EBF) sowie für Minergie-A-Bauten ist ein Monitoring Pflicht. Ein Monitoringsystem kann bei Minergie als Minergie-Modul zertifiziert werden. Dieses verfügt über eine Schnittstelle, die das Zusatzangebot Monitoring+, also den Vergleich von Plan- und Messdaten, ermöglicht. Dadurch werden Hinweise auf Fehleinstellungen oder für Optimierungspotenziale aufgezeigt.

Mehr über Monitoring+: minergie.ch/monitoring

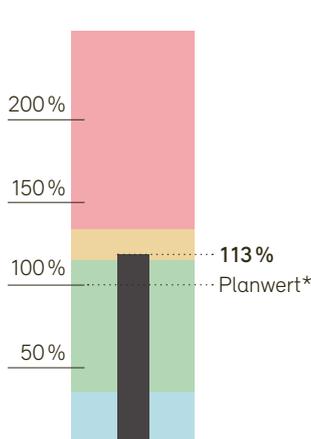
SmartGridready

SmartGridready ist eine Auszeichnung, die anzeigt, wie «smart» ein Produkt ist, ohne die Schnittstelle zu definieren. Produkte können unter anderem Wärmepumpen, Wechselrichter, Ladestationen sowie Energiemanagementsysteme sein. Je nach Anforderung kann also ein smartes oder weniger smartes Gerät eingesetzt werden. Bei Ladestationen lohnt es sich beispielsweise, diese prognosebasiert anzusteuern, um teure Lastspitzen zu vermeiden und gezielt Solarstrom zu laden. Der Backofen hingegen muss nur ein- oder ausgeschaltet werden können. Ziel ist, den Integrationsaufwand zu minimieren.

Vergleich von Plan- und Messwerten: Beispiel Auswertung Monitoring+

Gesamter elektrischer Verbrauch

Der Gesamtenergieverbrauch stellt den gesamten elektrischen Energieverbrauch dar, der für die Versorgung des Gebäudes (Heizung, Warmwasser und Stromanwendungen) benötigt wird.



Messwert:

14 476 kWh

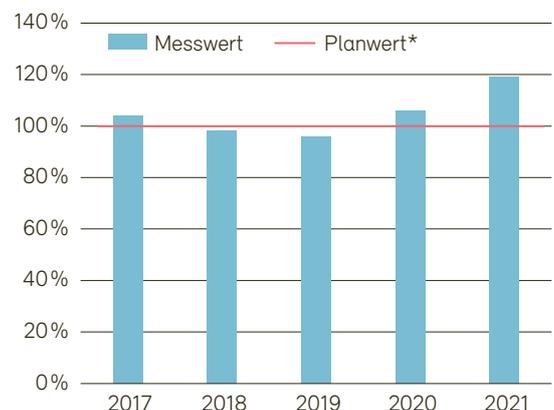
Planwert*:

12 835 kWh

Bewertung

Ihr Gebäude verbraucht mehr Energie als geplant war. Der höhere Energieverbrauch liegt noch nicht in einem kritischen Bereich. Verfolgen Sie die weiteren Entwicklungen und kontaktieren Sie gegebenenfalls eine Energieberaterin oder einen Energieberater.

Vorjahresvergleich



*Die zum Teil auf Standardwerten basierenden Planwerte aus dem Minergie-Nachweis werden klimakorrigiert und anhand von Nutzungsangaben (Belegung, Raumtemperatur, Lüftungsverhalten etc.) angepasst.

Interdisziplinär planen (HLK-E)

Damit ein Gebäude Energieproduktion, -effizienz und Komfort optimal verbindet, müssen alle Bereiche von Anfang an miteinander gedacht und geplant werden. Eine starke Verknüpfung von Heizung, Lüftung, Klima (HLK) und Elektrotechnik (E) ist unabdingbar. Aufgrund der steigenden Bedeutung der elektrischen Anwendungen im Gebäude dürfen Produzenten und Verbraucher elektrischer Energien nicht separat realisiert werden. Entsprechend wichtig ist es, seitens Bauherrschaft bereits in den ersten SIA-Phasen klare Anforderungen an das Gebäude und dessen Planung und Betrieb zu stellen. Es lohnt sich, kompetente und weitsichtige Elektroplanerinnen und -planer einzubeziehen und diese mit den HLK-Planenden zu vernetzen. Ein frühzeitig definiertes Gesamtkonzept vermeidet eine Vielfalt nicht integrierbarer Einzelösungen, die kostspielige Zusatzaufwände, manchmal sogar Nachrüstungen, zur Folge haben können. Bei grösseren Projekten mit umfassender Gebäudeautomation empfiehlt es sich überdies, spezialisierte MSR-Planende (messen, steuern, regeln) beizuziehen.

Übergang in den Betrieb

Voraussetzung für einen einwandfreien Betrieb ist auch eine korrekte Inbetriebnahme und eine kontinuierliche Betriebsüberwachung. Bei der Inbetriebnahme ist auf eine festgelegte Parametrierung (Prioritäten und Schaltschwellen) des Systems gemäss Planung zu achten. Es sollte eine Funktionsprüfung inklusive eines Monitorings des Gesamtsystems vorgenommen werden. Abschliessend müssen auch die Betreibenden respektive die Endnutzenden über das System instruiert werden. Die erste Inbetriebnahme erfolgt vor Einzug der Nutzenden. Danach sind weitere Einregulierungen und Optimierungen zu planen, insbesondere für saisonal bedingte Anlagen, die einreguliert werden müssen, bevor mit dem Monitoring die Überwachung der Haustechnik beginnt.

Optimaler Betrieb

Ein ganzheitlich gedachtes System ist perfekt abgestimmt und gewährleistet einen optimalen Betrieb. Das Ziel dabei ist:

- so zu planen, dass das Gebäude möglichst energieeffizient ist,
- möglichst viel erneuerbaren Strom zu produzieren – vor allem im Winter,
- den PV-Strom so intelligent wie möglich selbst zu nutzen,
- durch Gebäudeautomation den Komfort im Gebäude zu optimieren.



Für einen effizienten Betrieb müssen die elektrischen Anwendungen von Beginn an in die Planung integriert werden.

Sonnenstrom im Smart Home

Objekt Einfamilienhaus Muri AG

EFH, 310 m² EBF

Architekt

Setz Architektur AG,
Rapperswil

Optimierer

www.solarmanager.ch

Standard

Minergie, AG-2743

Das Einfamilienhaus mit 310 m² EBF ist nach Minergie zertifiziert und verfügt über eine PV-Anlage mit 18 kWp. Als Home-Automationssystem wird KNX in Kombination mit OpenHAB verwendet. Diese ermöglichen Smart-Home-Funktionen wie Szenen oder Abwesenheitssimulation. Energetisch relevant ist insbesondere die bedarfsgerechte Beschattung. Für die optimale Verwendung des lokal produzierten PV-Stroms wird das Energiemanagementsystem Solar Manager verwendet. Durch die Integration der Einbindungsstufen 1 bis 3 sind sowohl Wärme, E-Mobilität, Gebäudeautomation als auch Geräte optimal mit der PV-Produktion abgestimmt.

Aufgrund des Solar Managers müssen sich die Bewohnenden nicht selbst um die optimale Verwendung des PV-Stroms kümmern. Der Komfort ist zudem jederzeit sichergestellt.

Anlagedaten 2020

Jahresproduktion	18 450 kWh
Eigenverbrauch	5700 kWh
Eigenverbrauchsrate	31 %
Autarkiegrad	52 %



Einbindung in Gesamtkonzept mittels EMS	Vorteil
Einbindungsstufe 1	
Heizenergie und Warmwasserproduktion mittels Wärmepumpe mit dynamischer Sollwertverschiebung	Die Wärmepumpe wird automatisch eingeschaltet, wenn die PV-Anlage Elektrizität produziert.
Kühlung: Passive Kühlung (Freecooling) im Sommer sowie Regeneration der Erdsonde	Dynamische Sollwert-Schiebung überhöht und senkt Temperatur von Warmwasser und Gebäude. Gebäude und Boiler dienen als Speicher.
Gebäudemasse wird gezielt als Speicher genutzt.	Niedrigerer Strombezug vor allem in Übergangszeit, wenn mit PV-Produktion Energie im Gebäude gespeichert wird.
Intelligenter Heizstab im Warmwasser-Boiler	PV-optimierte Legionellenschaltung. Zusammen mit Wärmepumpe kann mit höheren Temperaturen mehr Energie gespeichert werden, ohne die Wärmepumpe zu belasten.
Elektromobilität: Ladestation Elektromobilität Alfen Eve Pro (mit Phasenabschaltung), dynamisch ansteuerbar	Lastspitzen werden vermieden. Ausschliesslich PV-Strom für Auto. Dank der durch Solar Manager gesteuerten Phasenabschaltung ist Laden ab 1,4 kW möglich.
Einbindungsstufe 2	
Lüftung mit Wärmerückgewinnung wird bedarfsgesteuert.	Bedarfsabhängige frische Raumluft gewährleistet den Komfort.
Storensteuerung: Bedarfsgesteuert nach Sonneneinstrahlung und Jahreszeit. Im Winter offen für die passive Heizung des Gebäudes. Ab einer Raumtemperatur von 24 °C schliessen die Storen. Im Sommer geschlossen, um Überhitzung zu vermeiden.	Passive Solargewinne entlasten die Wärmepumpe (weniger Energieverbrauch), besserer Wärmeschutz und Komfort im Sommer.
Einbindungsstufe 3	
Energieoptimierung Waschmaschine, Tumbler, Geschirrspüler (gesteuert über Smart Plug)	Geräte werden dann eingeschaltet, wenn PV-Strom produziert wird.
Überwachung	
Monitoring	Die Energiedaten werden überwacht resp. geregelt.

Komfort dank Automation

Objekt
Doppeleinfamilienhaus
480 m² EBF

Architekt
Wegmüller | Briggen
Architektur AG,
Hünibach

Optimierer
Elektrolink AG,
Frutigen
Smart Energy Link AG,
Bern

Standard
Minergie-P, BE-506-P

Doppeleinfamilienhaus Hilterfingen BE

Beim Doppeleinfamilienhaus Hilterfingen mit 480 m² EBF handelt es sich um ein Minergie-P-Gebäude. Zur Wärme-
produktion für Heizung und Warmwasser wird eine Wärmepumpe eingesetzt. Auf dem Dach ist eine Photovoltaikanlage mit 12 kWp installiert, die jährlich rund 11 MWh Energie produziert. Die Einbindung von Wärme, Speicher, E-Mobilität sowie Geräten sorgt für einen hohen Eigenverbrauch. Dazu trägt auch eine Gebäudeautomation mit Energiedatenerfassung bei. Die beiden Wohnparteien bilden einen Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV).

Anlagedaten 2020

Jahresproduktion	11 000 kWh
Eigenverbrauch	3800 kWh
Gesamtverbrauch	16 100 kWh
Eigenverbrauchsrate	34 %
Autarkiegrad	24 %



Dank dem Sonnenschutz, der über ein Energiemanagementsystem gesteuert ist, weist das Gebäude auch im Sommer angenehme Raumtemperaturen auf.

Einbindung in Gesamtkonzept mittels EMS	Vorteil
Einbindungsstufe 1 Heizenergie und Warmwasserproduktion mittels Wärmepumpe	Wärmepumpe wird automatisch eingeschaltet, wenn die PV-Anlage Elektrizität produziert.
Einbindungsstufe 2 Sensoren für die Gebäudeautomation: Wetterstation auf dem Dach zur Wind-, Niederschlags- und Temperaturerfassung Smarte manuelle Optimierungskomponenten: - Taster zum Umschalten der Heizung zwischen Komfort und Standby - Taster zur Einstellung der Soll-Raumtemperatur - Lüftungstaster mit Wahlmöglichkeit anwesend oder abwesend Einfache Komfortsteuerung: - Jalousiesteuerungstaster in jedem Zimmer - Präsenz- und CO ₂ -abhängige Regelung der Komfortlüftung mit KNX-Raumbediengerät auf jedem Stockwerk Sicherheit: - Videogegensprechanlage mit 3 Aussen- und 2 Innensprechstellen - Fingerscanner für Zutrittskontrolle	Aussenliegende Storen werden bedarfsgerecht eingesetzt und bei Schlechtwetter wieder eingefahren. Betrieb ohne Nutzen wird vermieden sowie einfache Energieeinsparung ohne Komforteinbusse. Automatische passive Wärmegewinnung im Winter, Hitzeschutz im Sommer, automatische Frischluftsteuerung für optimalen Komfort. Bei Abwesenheit wird durch die Sicherheitskomponenten im Gesamtsystem Schutz vor ungebetenen Gästen geboten.
Überwachung Monitoring: Visualisierung auf PC und Smartphone via Browser, jederzeit Zugriff auf Energie- und Betriebsdaten und Befehle für Gebäudeautomation auch von ausser Haus auslösbar	Energiedaten resp. Gebäudeautomationsfunktionen werden überwacht.

Weitere Infos

Minergie

Minergie ist seit 1998 der Schweizer Standard für Komfort, Effizienz und Wert-erhalt. Das Qualitätslabel für Neubauten und Modernisierungen umfasst alle Ge-bäudekategorien. Im Zentrum steht der Komfort. Ermöglicht wird dieser Komfort durch eine hochwertige Gebäudehülle, eine systematische Lüfterneuerung, einen überdurchschnittlichen Hitzeschutz und eine umfassende Qualitätssicherung. Minergie-Bauten zeichnen sich zudem durch einen sehr geringen Energiebedarf und einen maximalen Anteil an erneuer-baren Energien aus.

Minergie
Bäumleingasse 22
4051 Basel
061 205 25 50
info@minergie.ch
minergie.ch

Fachpublikationen

Erfahren Sie mehr zu verschiedenen fach-spezifischen Themen in folgenden Publi-kationen:

- Kühlen mit PV – Optionale Haustechnik für das Minergie-Gebäude
- Sommerlicher Wärmeschutz – Klima-komfort im Minergie-Gebäude
- Monitoring – Messen, Visualisieren, Bewerten, Optimieren
- Besser planen, besser bauen – Optimieren mit Minergie

minergie.ch/fachpublikationen



Websites

- Minergie-Modul Monitoring:
minergie.ch/module



- Monitoring+: minergie.ch/monitoring



- Garagencheck für Planung von E-Mobilität: plugnroll.com/garagencheck



Minergie

Bäumleingasse 22
4051 Basel

061 205 25 50
info@minergie.ch

minergie.ch

Mit Unterstützung von



Die Minergie Leadingpartner



always the
best climate



Zürcher
Kantonalbank



Publikations-Partner

