MINERGIE®
WISSEN

Besser planen, besser bauen

Optimieren mit Minergie

Inhalt

Das Ganze im Blick	4
Die Anforderungen	6
Integral planen	7
Minimieren oder maximieren?	8
Drei Optimierungsfelder	9
Optimierung Wärmebedarf	10
Optimierung Strombedarf	12
Optimierung Eigenstromproduktion	14
Die Berechnung	16
Optimaler Betrieb	18
Qualität im Bauprozess	19
Erneuern mit System	20
Weitere Infos	22

Impressum

Herausgeber
Verein Minergie

Produktion
Text: Christine Sidler, Othmar Humm, Faktor Journalisten AG, Zürich
Grafik: Christine Sidler, Faktor Journalisten AG, Zürich
Fotos: Caspar Martig (Seite 7), Leonardo Finotti (Seite 13), Claudio Fornito (Seite 17), Pino Brioschi (Seite 21)
Druck: Birkhäuser+GBC AG, Reinach

Titelbild: Einfamilienhaus Fäh, Benken, SG-120-P/SG-005-A (Foto: René Rötheli/Gerber Media).

PERFORMANCE myclimate neutral Drucksache
No. 01-17-940006 – www.myclimate.org
© myclimate – The Climate Protection Partnership

FSC www.fsc.org RECYCLED Papier aus Recyclingmaterial FSC® C018119

Besser planen, besser bauen

Bekannt ist Minergie vor allem als Baustandard für komfortable und energieeffiziente Häuser. Doch die Energiebilanzierung eines Projektes nach Minergie bietet auch eine denkbar einfache Methode zur Optimierung des Energiebedarfs – ohne Kompromisse beim Komfort und bei der Wertsicherung. Der Planungsprozess macht die Vielfalt an Lösungen sichtbar, die diese vorbildliche Bauweise Bauherrschaften, Fachplanenden und Architektinnen ermöglicht. Diese Broschüre nennt die relevanten Stellschrauben und illustriert sie mit Beispielen.

Das Ganze im Blick

Minergie ist ein Qualitätslabel für Neubauten und Modernisierungen und umfasst alle Gebäudekategorien. Die Ziele sind höchster Wohn- und Arbeitskomfort, tiefer Wärme- und Stromverbrauch und langfristige Werterhaltung. Im Fokus stehen eine hochwertige Gebäudehülle, ein kontrollierter Luftwechsel und eine effiziente Versorgung mit erneuerbaren Energien.

Die Angebotspalette

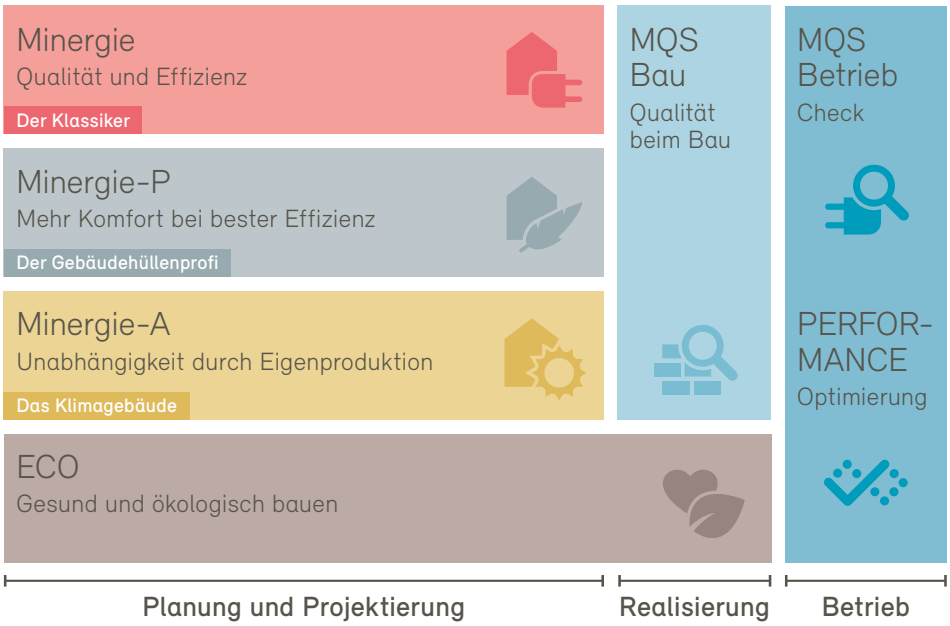
Das Label umfasst die drei Standards Minergie, Minergie-P und Minergie-A sowie den Zusatz ECO. Dabei steht Minergie-P für Niedrigstenergie-Gebäude und Minergie-A für Plusenergie-Gebäude. Der Zusatz ECO lässt sich mit allen Standards kombinieren und bezeichnet Gebäude, bei denen auch bauökologische und gesundheitliche Aspekte berücksichtigt sind. Damit deckt Minergie wichtige Kriterien des nachhaltigen Bauens ab: Komfort, Werterhaltung, Energieeffizienz, Bauökologie und Gesundheit. Die MQS-Zusatzprodukte sowie PERFORMANCE sichern die Qualität in Bau und Betrieb. Das Label eignet sich sowohl für innovative Pionierbauten wie auch zur breiten Marktdurchdringung.

Gesamtenergiebilanz

Die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn 2014) übernahmen die früheren Anforderungen von Minergie grösstenteils. Minergie definiert die energetischen Anforderungen je nach Standard 20 – 50 % strenger und geht auch in anderen Aspekten weiter (z.B. mit dem Verbot fossiler Energien, dem Monitoring, beim kontrollierten Luftwechsel oder dem Hitzeschutz). Ausserdem erweitert Minergie die Systemgrenze: Zusätzlich zum Verbrauch für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Klimatisierung

Minergie baut auf die MuKEn 2014

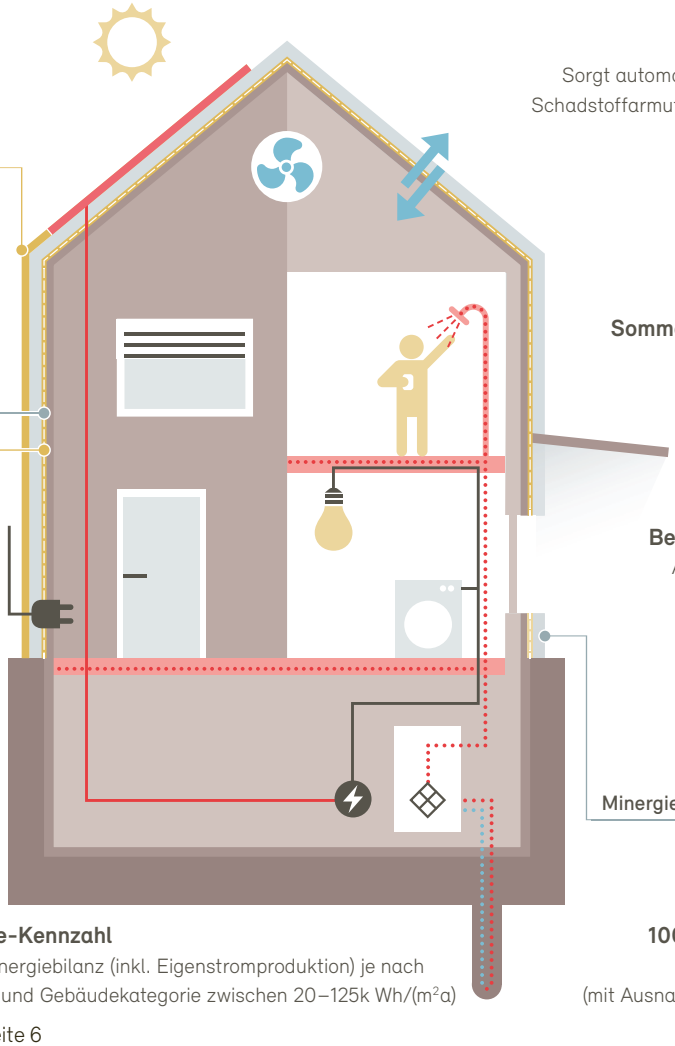
Minergie	Minergie bewertet zusätzlich den Bedarf für Haushalt- und Allgemeinstrom sowie die Eigenstromproduktion (Neubau). Auch Luftdichtheit, sommerlicher Wärmeschutz und Monitoring sind Teil des Nachweises.
Konventionelle Bauweise (MuKEn 2014)	Beleuchtung in grossen Büro- und Gewerbebauten nach Norm SIA 387/4
	Eigenstromerzeugung oder Ersatzabgabe (bei Minergie nicht möglich)
	Gewichteter Endenergiebedarf für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Klimatisierung
	Heizwärmebedarf gemäss Norm SIA 380/1



berücksichtigt Minergie auch den Bedarf für Beleuchtung, Geräte und allgemeine Gebäudetechnik. Quantifiziert wird dieser gewichtete Gesamtenergiebedarf durch die Minergie-Kennzahl.

Minergie im Kontext

Gebäudeenergieausweis der Kantone (GEAK): Minergie harmoniert gut mit anderen Systemen der energetischen Gebäudebewertung, wie zum Beispiel dem GEAK. Allerdings weisen Gebäude mit einer guten GEAK-Klassierung nicht in jedem Fall Minergie-Qualität auf.
GEAK-Plus: Die Beratung im Rahmen von GEAK-Plus ist ein Wegbereiter für Minergie-Erneuerungen: Entsteht bezüglich Energie, Komfort und Werterhaltung ein gutes Gebäude, kann es nach Minergie zertifiziert werden. Umgekehrt kann das Resultat einer Minergie-Systemerneuerung eine gute GEAK-Klasse sein.
SNBS: Auch mit dem Standard nachhaltiges Bauen Schweiz SNBS lassen sich Synergien nutzen. Eine Doppelzertifizierung von Gebäuden ist vereinfacht möglich und für die Antragsteller finanziell attraktiv. Der Minergie-ECO-Nachweis deckt sich mit den SNBS-Kriterien zu Energie, Bauökologie und Gesundheit, was die Zertifizierung zusätzlich vereinfacht.
2000-Watt-Areal: Minergie- und vor allem Minergie-A- und Minergie-P-Gebäude sind als Bausteine eines 2000-Watt-Areals sehr gut geeignet. Sie stellen die hohen Ansprüche an die Energieeffizienz sicher und vereinfachen die Areal-Zertifizierung.



Photovoltaik
Mindestens 10 Watt/m² EBF
(Ausnahmeregelung möglich)

Minergie-A:
Eigenstromproduktion grösser als Gesamtenergiebedarf

Luftdichte Gebäudehülle
Für Bauschadenfreiheit
Minergie-P: mit Messung
Minergie-A: mit Messung

Elektromobilität
Vorbereitung für die Elektromobilität

Energie-Monitoring
Transparenz, Grundlage für Betriebsoptimierung

Belüftung
Sorgt automatisch für gute Raumluft, Schadstoffarmut und Bauschadenfreiheit

Warmwasser
Minimierter Energie- und Wasserbedarf

Sommerlicher Wärmeschutz
Optimaler Sonnenschutz und Nachtauskühlung

Beleuchtung und Geräte
Anreize für hohe Effizienz

Wärmedämmung
Analog MuKEn 2014
Minergie-P: erhöhte Anforderung

Treibhausgasemissionen
in der Erstellung

Minergie-Kennzahl
Gesamtenergiebilanz (inkl. Eigenstromproduktion) je nach Standardund Gebäudekategorie zwischen 20–125k Wh/(m²a)

100% fossilfreie Energie
für Wärmeerzeugung (mit Ausnahme von Fernwärme etc.)

Anforderungen für Erneuerungen auf Seite 6

Die Anforderungen

Die Minergie-Kennzahl ist die Hauptanforderung zur Bewertung der energetischen Qualität eines Gebäudes. Sie setzt die Limite für den gewichteten Gesamtenergiebedarf für Heizung, Warmwasser, Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtung, Geräte und allgemeine Gebäudetechnik. Am Haus erzeugter Strom kann angerechnet werden. Die Minergie-Kennzahl ist von der Gebäudekategorie abhängig, ebenfalls wird zwischen Neubau und Erneuerung unterschieden. Zusätzliche Anforderungen an den Heizwärmebedarf und an den Endenergiebedarf gemäss MuKEn 2014 gewährleisten, dass die Anforderungen nicht nur mit einer Massnahme, z. B. einer sehr grossen PV-Anlage, eingehalten werden, sondern dass alle Komponenten von hoher Qualität sind.

Heizwärmebedarf: Anforderung gemäss MuKEn 2014. (Zusatzanforderung 1)

Gewichteter Endenergiebedarf Wärme: für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Klimatisierung (Definition gemäss MuKEn 2014), ohne Eigenstromproduktion (ausser WKK). (Zusatzanforderung 2)

Eigenstromproduktion: Neubauten müssen einen Teil ihres Stromes selbst erzeugen. Darauf kann bei Minergie- und Minergie-P-Bauten verzichtet werden, wenn die berechnete Minergie-Kennzahl des Objekts 5 kWh/m² unter der Minergie-Anforderung liegt. Der Eigenverbrauch kann vollständig, der ins Netz eingespeiste Strom zu 40 % an die Minergie-Kennzahl angerechnet werden.

Lüftung: Es muss frische Luft automatisch in ausreichendem Masse zugeführt werden. Dies erlaubt auch die Wärmerückgewinnung aus der Abluft, bietet Schutz vor Aussenlärm und ermöglicht die Pollen- und Feinstaubfiltrierung.

Beleuchtung und Geräte: Bei grossen Zweckbauten ist ein Beleuchtungsnachweis nach Norm SIA 387/4 erforderlich. Bei Wohnbauten gelten Effizienzanreize für Beleuchtung und Geräte.

Energie-Monitoring: Für Gebäude mit einer EBF von über 2000 m² Pflicht sowie Minergie-A-Bauten kleiner 2000 m² ohne Wärmemessung.

100 % fossilfrei: Bei Minergie-Gebäuden dürfen Heizwärme und Warmwasser nicht mit fossilen Energien erzeugt werden. Ausnahmen gelten für die Spitzenlastabdeckung, WKK und die Nutzung von Fernwärme.

Luftdichtheit: Die Anforderungen gemäss Norm SIA 180 sind einzuhalten. Für Minergie-P und Minergie-A sind Messungen erforderlich.

Sommerlicher Wärmeschutz: Es ist ein überdurchschnittlich guter sommerlicher Wärmeschutz nachzuweisen.

Tabelle 1: Anforderungen Wohnen EFH und MFH

	Minergie	Minergie-P	Minergie-A
Minergie-Kennzahl*			
Neubau	55 kWh/m²	50 kWh/m²	35 kWh/m²
Erneuerung	90 kWh/m²	80 kWh/m²	35 kWh/m²
Heizwärmebedarf**			
Neubau	MuKEn 2014	70 % MuKEn 2014	MuKEn 2014
Erneuerung	Keine Vorgabe	90 % MuKEn 2014	Keine Vorgabe
Endenergiebedarf Wärme**			
Neubau	35 kWh/m² (MuKEn 2014)		
Erneuerung	60 kWh/m² (Minergie-Anforderung)		
Eigenstromproduktion	Neubau: mindestens 10 W/m² (MuKEn 2014)		bedarfsdeckend
Kontrollierte Lufterneuerung	Ja		
Sommerlicher Wärmeschutz	erhöhte Anforderungen		
Energieträger	keine fossilen Brennstoffe		
Luftdichtheit q_{a50}			
Neubau	1,2 m³/h m²	0,8 m³/h m²	
Erneuerung	1,6 m³/h m²	1,6 m³/h m²	
Energie-Monitoring	Ja, wenn über 2000 m² Energiebezugsfläche		Ja***

* Hauptanforderung
** Zusatzanforderung
*** alle Gebäudegrössen, unter 2000 m² ohne Wärmemessung

Integral planen

Ein energieeffizientes Gebäude muss als Gesamtsystem betrachtet und geplant werden. Dafür braucht es das Zusammenspiel von Architektur, Bautechnik und Gebäudetechnik. Im Idealfall erarbeiten die Fachplaner mit der Architektin gemeinsam Lösungen. Das Ziel ist ein Gebäude mit minimalen Verlusten und maximalen Gewinnen bei bestmöglicher Deckung des Bedarfs. Bereits in der frühen Entwurfsphase stellt das Planerteam mit der Form des Baukörpers und dessen Ausrichtung, mit der Grösse der Fenster und deren Verschattung sowie durch die Wahl der Energieträger wichtige Weichen für die Energieeffizienz und den Nutzerkomfort eines Gebäudes.

Qualitative Aspekte

Bei der integralen Planung sind neben klassischen Massnahmen wie Wärmeschutz und effizienter Gebäudetechnik auch qualitative Aspekte wichtig:

– Eine luftdichte Bauweise ist ein entscheidendes Merkmal einer hochwertigen Gebäudehülle. Diese Anforderung wird bei Minergie-P und Minergie-A mittels Blower-Door-Test geprüft.

– Tiefe Vorlauftemperaturen bei der Wärmeverteilung und in der Wassererwärmung

– Minimale elektrische Spitzenlasten im Jahres- und Tagesverlauf

– Hoher Eigenverbrauch von Solarstrom

– Einfache Bedienung der Anlagen: Eine adressatengerechte Instruktion der Nutzer respektive der Hausdienste verbessert die Nutzung der Gebäudetechnik.

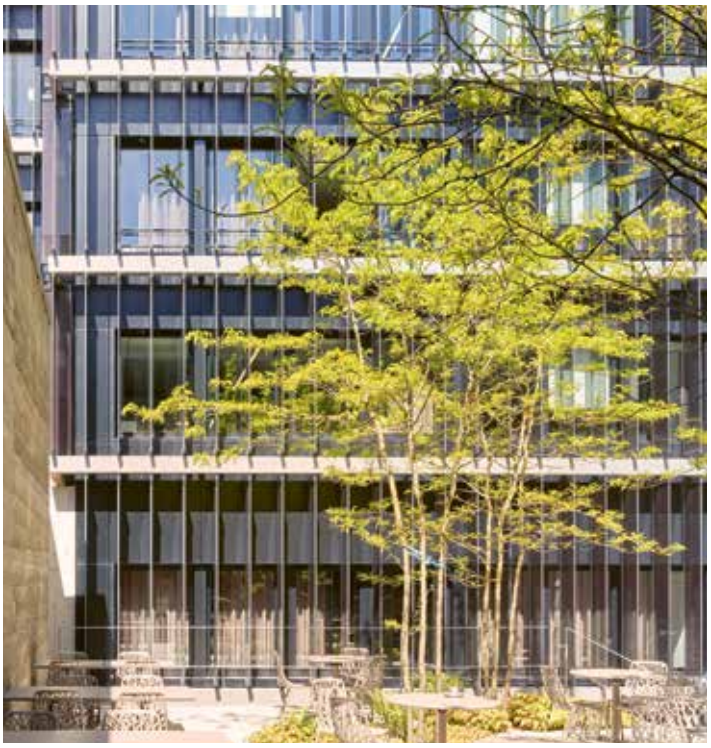
– Ein Monitoring-System zeigt die Optimierungspotenziale im Betrieb auf. Werden die dafür nötigen Komponenten bereits in der Planung integriert, reduziert das die Kosten. Mit dem Einsatz des Minergie-Moduls ist ein Vergleich zwischen Plan- und Messdaten möglich.

– Monitoring erhöht auch die Bauqualität: Ist allen Beteiligten bewusst, dass während des Betriebes Messdaten erhoben werden, steigt die Sorgfalt der Planer und Ausführenden.

Weiter denken

In die Entscheidung müssen auch andere Kriterien einbezogen werden, die nicht die Energieeffizienz betreffen. Es sind dies vor allem baukulturelle Überlegungen und der Zustand der Bausubstanz bei Modernisierungen. Für ein nachhaltiges Gebäude ist auch die Nutzungsflexibilität von Bedeutung. Grundrisse und Tragwerk, Innenwände sowie die Versorgungsstränge für Energie, Wasser und Abwasser sollten unterschiedliche Nutzungen zulassen. Ein wichtiges Kriterium sind immer die entstehenden Kosten. Dabei muss das Betrachten der Lebenszykluskosten ein zentraler Planungsgrundsatz sein: Bei der Auswahl von Materialien und Haustechnikanlagen sind nicht nur die Erstellung, sondern auch Unterhalt und Instandsetzung zu berücksichtigen.

Minergie bietet für die vielfältigen Herausforderungen eine breite Palette an Möglichkeiten. Der Minergie-Werkzeugkasten unterstützt den integralen Planungsprozess mit zahlreichen Instrumenten.

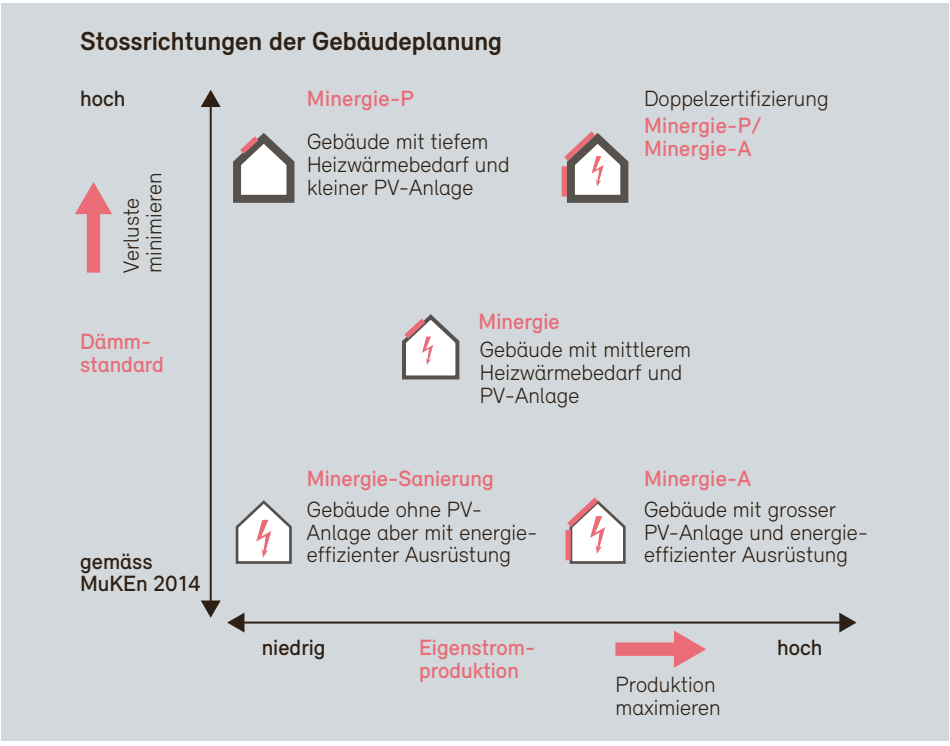


Minergie schafft Lebensqualität. Erneuerung Hauptsitz Schweizerische Mobiliar, Monbijoustrasse 68, Bern. Architektur: GWJ Architektur AG. BE-588-P

Minimieren oder maximieren?

Persönliche Präferenzen der Bauherrschaft oder der Planerteams beeinflussen die Gebäudeplanung. Minergie bietet dazu drei Hauptstossrichtungen: Legt jemand grossen Wert auf ein Gebäude mit einer erstklassigen Hülle und einem Wärmebedarf nahe Null, ist Minergie-P der geeignete Standard. Liegt der Fokus auf der Produktion von erneuerbarem Strom und einer möglichst grossen Unabhängigkeit in der Energieversorgung, dann ist Minergie-A die richtige Wahl. Alle anderen, die einfach und ohne grossen Mehraufwand besser bauen wollen, als dies die Gesetze vorschreiben, entscheiden sich für den Basisstandard Minergie.
Um die Energiebilanz eines Minergie-Projektes, quantifiziert durch die Minergie-Kennzahl, zu verbessern, bietet sich den Planerteams die Möglichkeit, die Verluste zu minimieren oder die hauseigene Energieproduktion zu maximieren. Zur Reduktion der Verluste führen die Massnahmen in den Optimierungsfeldern «Strombedarf» und «Wärmebedarf» in der Grafik auf Seite 9. Der Erhöhung der Stromproduktion dienen die Massnahmen im Feld «Optimierung Eigenstromproduktion».

Eine vereinfachte Form zeigt die Grafik auf dieser Seite: Mehr oder weniger dämmen ergibt ganz unterschiedliche Werte im Heizwärmebedarf eines Gebäudes, der durch mehr oder weniger Stromerzeugung gedeckt werden muss, um Minergie zu erreichen. Eine deutliche Ausprägung des gut gedämmten Hauses bildet der Standard Minergie-P. Minergie-A steht für eine volle Deckung des Jahresbedarfs, auch wenn der Heizwärmebedarf aufgrund einer moderateren Dämmvorschrift nicht aussergewöhnlich tief ist. Sehr viele Minergie-Objekte liegen im weiträumigen Mittelfeld, sind weder Minergie-P noch Minergie-A und doch thermisch gut geschützte Häuser, die ihren Energiebedarf zu einem grossen Teil selber decken.
Diese Abwägung zwischen «minimieren» und «maximieren» bringt vor allem wirtschaftliche Vorteile, indem bei der Dimensionierung von Bauteilen und Systemen ein starker Bezug zur Architektur und zur Bauweise gesetzt und gleichzeitig handelsübliche und bewährte Formate genutzt werden können.



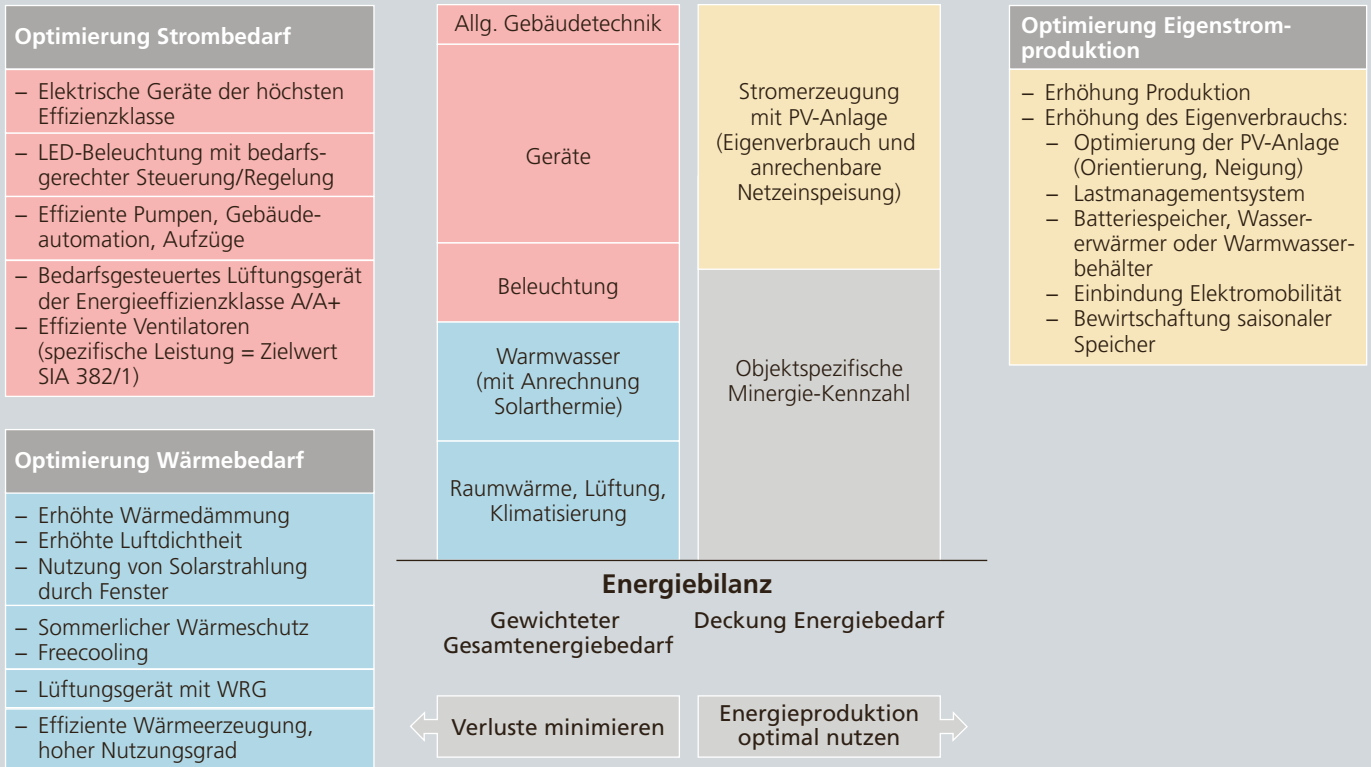
Ein Gebäude nach Minergie lässt sich innerhalb der Grafik positionieren, je nach Nutzung, Geometrie und Standort, aber auch nach individuellen Vorlieben der Bauherrschaft. Viele Minergie-Häuser liegen im Zentrum des Quadrats, umfassen also eine ausgewogene Mischung aus gutem Dämmstandard und der Bedarfsdeckung durch Eigenstromerzeugung. Minergie-A ist produktionsorientiert, Minergie-P minimiert die Verluste.

Drei Optimierungsfelder

Planerteams können die Gesamtenergiebilanz eines Gebäudes innerhalb von drei Optimierungsfeldern beeinflussen. Von den zahlreichen möglichen Massnahmen sind eine Auswahl in der Abbildung aufgelistet. Naturgemäss ist der Weg zum Ziel objektabhängig. Die Nutzung eines Gebäudes, seine Geometrie, insbesondere die Höhe, der Standort und ob es sich um einen Neubau, eine etappierte oder eine Gesamterneuerung handelt, verändern die Palette der Massnahmen.
Dies eröffnet Planern und Bauherrschaften grosse Freiheiten bei der Abstimmung von baulichen und haustechnischen Massnahmen gleichermassen wie in der Gestaltung und Materialisierung der Gebäude.

Minergie bietet auch ein breites Spektrum im Technisierungsgrad eines Gebäudes. Denn je nach Gewichtung der Optimierungsfelder ergeben sich Bauten mit wenig Technik («low-tech») oder Objekte mit vielfältiger technischer Ausrüstung («high-tech»).
Durchwegs stehen aber die Optimierungsfelder «Wärmebedarf», «Strombedarf» sowie «Eigenstromproduktion» in direkter Wechselwirkung zueinander.

Drei Optimierungsfelder von Minergie-Gebäuden



Optimierung Wärmebedarf

Der Energiebedarf für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Klimatisierung ist von einer Vielzahl von Planungsentscheiden abhängig. Neun Merkmale sind von besonderer Bedeutung, weil sie die Effizienz eines Gebäudes sehr stark beeinflussen.

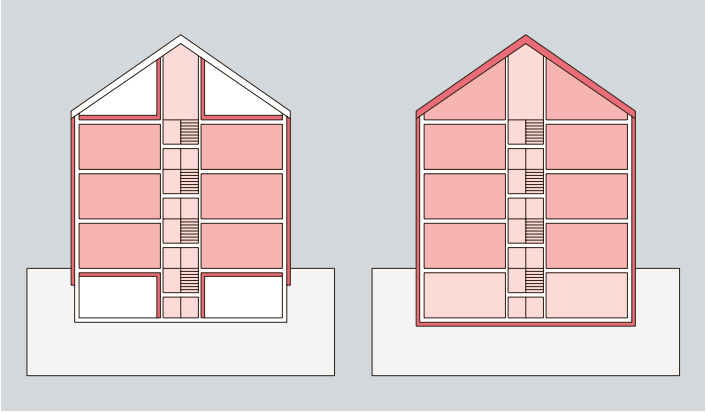
Baukörper

Kompakte Baukörper und der Verzicht auf Vor- und Rücksprünge in der Fassade ermöglichen geringe Verlustflächen im Verhältnis zur beheizten Nutzfläche (Energiebezugsfläche EBF). Die Gebäudehüllzahl quantifiziert die auf die EBF bezogene verlustrelevante Gebäudeoberfläche. Kleinbauten mit grosser Abwicklung weisen Gebäudehüllzahlen um 3 aus, grössere kompakte Bauten lediglich von 0,8. Pro m^2 EBF ist die Verlustfläche beim Kleinbau damit bis zu 4-mal grösser als beim grossen Kompaktbau.

Dämmperimeter

Die thermische Gebäudehülle muss die beheizten Bereiche lückenlos umschliessen. Bei Altbauten ist dies häufig nicht gegeben, entsprechend wichtig ist die frühzeitige Definition des Dämmperimeters. Um komplizierte Bauteilanschlüsse zu vermeiden, lassen sich unbeheizte Räume wie Treppenhäuser oder Kellerräume in den Perimeter integrieren, «Pufferräume» sind dagegen kaum sinnvoll.

Der Dämmperimeter umschliesst alle beheizten Bereiche eines Gebäudes.



Wärmebrücken

Der Verlauf des Dämmperimeters beeinflusst die Anzahl und Wirkung von Wärmebrücken. Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor sind die Konstruktionsdetails, insbesondere die Fensteranschlüsse.

Luftdichtheitsperimeter

Über zahlreiche Bauteile hinweg verlaufen der Dämm- und der Luftdichtheitsperimeter parallel. In vielen Häusern ist der Innenputz auf der Aussenwand Teil dieses Perimeters, im Holzbau sichert die innere Bekleidung oder die Dampfbremse die Luftdichtheit. Besondere Beachtung bedingen Dach- und Fensteranschlüsse, Türen und technische Installationen. Die elektrischen Durchführungen für Storenmotoren und Aussenanlagen verlangen nach einem Konzept für die Verlegung der Leitungen (ausserhalb oder innerhalb des Perimeters).

Dämmstärke

Der gewünschte Baustandard sowie die konzeptionelle Positionierung eines Gebäudeprojekts gemäss Abbildung auf Seite 9 sollte ausschlaggebend für die Dimensionierung der Wärmedämmung sein. Mit einer Differenzierung der Dämmstärke entlang des Dämmperimeters ergeben sich viele Vorteile – zum Beispiel im Dach mit U-Werten von 0,10 bis 0,15 W/m^2K bei gleichzeitig höherem Wärmedurchgang in der Fassade. Unter minergie.ch/daemmrechner ist ein «Dämmrechner» verfügbar, der Entscheidungsgrundlagen für die aus ökologischen Gründen ideale Dämmstärke liefert.

Fenster

Gute Fenster sind entscheidend für eine gute Gebäudehülle, denn sie minimieren den Wärmeverlust. Sie zeichnen sich durch einen hohen Glasanteil, gute U-Werte in Glas und Rahmen sowie einen optimalen Glasrandverbund aus. Fenster sorgen zudem für hohe passive solare Gewinne und viel Tageslichteintrag. Das Spannungsdreieck zwischen solaren Gewinnen, Überhitzung und Tageslichteintrag gilt es in jedem Objekt zu beachten.

Sommerlicher Wärmeschutz

Solare Wärmeeinträge durch transparente Bauteile bergen die Gefahr der Überhitzung. Merke: Ein guter Sonnenschutz ist aussenliegend, beweglich, windfest und gesteuert. Ideale Werte für den Gesamtenergiedurchlass (g-Wert) liegen für Verglasung und Beschattung zwischen 0,1 und 0,15. Zum sommerlichen Wärmeschutz gehören Möglichkeiten des Free-Coolings sowie eine grosse Speichermasse. Blendschutz und Sonnenschutz sollten nicht kombiniert werden.

Effizienzpotenziale Wärmebedarf im Minergie-Nachweis
Die Berechnung der Minergie-Kennzahl (Seite 16) quantifiziert folgende Effizienzpotenziale:

- Der für die Energiebilanz relevante Heizwärmebedarf basiert auf dem effektiven Luftwechsel, die Wärmerückgewinnung bei der Lufterneuerung wird in der Berechnung berücksichtigt. Damit reduzieren sich die Lüftungswärmeverluste deutlich.
- Effizienzmassnahmen bei der Warmwasserversorgung wie zum Beispiel Spararmaturen, Verzicht auf Begleitheizbänder oder Wärmerückgewinnungssysteme werden honoriert.
- Lüftungsanlagen mit tiefem Strombedarf und Wärmerückgewinnung werden angerechnet.
- Der Wärmebedarf wird mit den nationalen Gewichtungsfaktoren in der Minergie-Kennzahl abgebildet.

Energieträger

Fossile Energien sind in Neubauten und Sanierungen mit Minergie nicht vereinbar. Falls eine Wärmepumpe installiert wird, sollte diese auch das Wasser für Küche und Bad erwärmen und Strom von der hauseigenen PV-Anlage beziehen. PV-Anlagen sind eine ideale Ergänzung in Häusern mit Wärmepumpe und allenfalls Elektrofahrzeug. Thermische Sonnenkollektoren passen gut zu einer Wärmeerzeugung mit Holz, beide Systeme können denselben Wärmespeicher nutzen.

Haustechnik

Einfache Haustechniksysteme funktionieren zuverlässiger als komplexe Kombinationen. Wichtig ist, dass die Verteilung der Heizwärme mit tiefen Vorlauftemperaturen erfolgt (gilt für alle Heizsysteme, auch für Öl- und Gasbrennwertkessel). In der Warmwasser-Verteilung sind Begleitbandheizungen zu vermeiden: entweder keine Warmhaltung (EFH) oder eine Warmwasserzirkulation (MFH) einplanen.
Das Lüftungsgerät sollte der Energieeffizienzklasse A+ entsprechen, die Ventilatoren dem Zielwert der Norm SIA 382/1. Eine Wärmerückgewinnung zwischen Abluft und Zuluft ist heute üblich und sehr wirksam. Wärme aus der Abluft kann auch der Wassererwärmung dienen.

Optimierung Strombedarf

Viele Elektrogeräte sind heute effizienter als ihre Vorgängerversionen, doch ihre Zahl wächst rasant. Und oft sind sie überdimensioniert, ohne Nutzen in Betrieb oder verharren im Standby. Daraus ergibt sich ein grosses Potenzial zur Effizienzsteigerung.

Beleuchtung

Gute Tageslichtnutzung reduziert den Beleuchtungsbedarf: Grosse Fensterflächen mit hochliegendem Sturz, helle Wände und Einrichtungen sowie ein hoher Transmissionsgrad der Verglasungen sind wichtige Kriterien. Bei einer elektrischen Beleuchtung sollte die Effizienz der Lichtquelle (in Lumen pro Watt), die Position der Leuchte im Raum (direkt oder indirekt strahlend) sowie die Steuerung oder Regelung der Leuchten (nach Präsenz respektive Tageslicht) in Bezug auf die Gesamtenergieeffizienz geprüft werden (siehe toplicht.ch).

Geräte

Die elektrischen Geräte in einem Haushalt oder einem Büro lassen sich kaum mehr zählen. Die meisten brauchen auch im Standby-Betrieb oder im Sleep-Mode viel Strom. Durch die Wahl von energieeffizienten Geräten für Küche, Büro und Unterhaltung in Kombination mit dem bedarfsorientierten Einsatz (respektive einer Regelung) lassen sich die Energiekosten senken. Das heisst: Geräte mit höchster Energieeffizienzklasse einsetzen (siehe topten.ch) und Synergien mit Gebäudeautomation respektive mit Energiemanagement nutzen. Ebenfalls ist zu prüfen, ob auf einzelne Geräte verzichtet werden kann.

Effizienzpotenziale Strombedarf im Minergie-Nachweis
Die Berechnung der Minergie-Kennzahl (Seite 16) quantifiziert folgende Effizienzpotenziale:

- Falls besonders energieeffiziente Geräte und Beleuchtungen installiert sind, kommen Abminderungsfaktoren von 0,85 für Neubauten und von 0,70 für Erneuerungen zur Anwendung. Effizienzpotenzial: 15 % bei bestehenden Bauten, 30 % bei Neubauten. Neue Gebäude lassen sich konsequenter mit neuer, energiesparender Technik ausrüsten.

Aufzüge

Bis zu 5 %, in Hochhäusern bis 10 % des Stromverbrauchs eines Gebäudes entfallen auf den Aufzug. Intelligente Zielwahlsteuerungen, effiziente Beleuchtungen (LED) und die Minimierung des Standby-Verbrauchs ermöglichen enorme Einsparungen. In Wohnbauten beträgt der Standby-Anteil typischerweise mehr als drei Viertel des Bedarfs. Hier sollte ein Aufzug der besten Energieeffizienzklasse gewählt werden. In Hochhäusern ist die Rekuperation von Bremsenergie vorzusehen.

Hilfsbetriebe

Umwälzpumpen, elektromotorische Ventile, Gebläse von Brennern sowie Steuerungen und Regelungen brauchen Strom im Umfang von einigen Prozenten der produzierten Wärmeenergie. Vielfach sind die Komponenten überdimensioniert (Pumpen) oder weisen unnötig lange Betriebszeiten auf. Präzis dimensionierte Pumpen mit Effizienzmotoren halbieren den Stromverbrauch. Eine konsequente Regelung nach Bedarf reduziert den Verbrauch zusätzlich.

Energiemanagement

Die Betriebsweise der schaltbaren Geräte lässt sich über das Energiemanagement steuern. Dadurch kann der Eigenverbrauch von Solarstrom erhöht werden

Neubau Hauptsitz SBB in Bern Wankdorf. BE-292-P

(Netznutzungsgebühren auf diesem Verbrauchsanteil entfallen). Ein Energiemanagementsystem (EMS) bringt in Verbindung mit einer Wärmepumpe, thermischen und elektrischen Speichern sowie Elektrofahrzeugen erhebliche Vorteile. Bei grösseren Gebäuden ist die EMS-Funktion über die Gebäudeautomation zu realisieren.

Gebäudeautomation (GA)

Leit- und GA-Systeme können viel zu einem energieeffizienten Betrieb eines Gebäudes beitragen. Automationssysteme sind aber oft Ursache eines unnötig grossen Stromverbrauchs, falls die GA-Systeme suboptimal konfiguriert sind und weil sie lange Betriebszeiten haben. Durch die Entwicklung im «Smart-Home-Markt» wächst das Angebot rasch (Alarmanlage, Lichtsteuerung, Fernbedienung etc.).

Monitoring

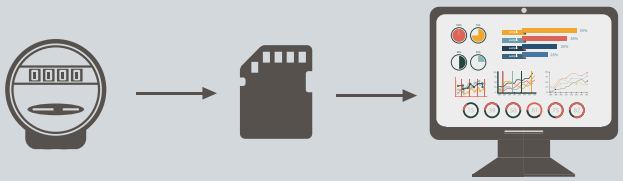
Für grosse Gebäude und für Minergie-A-Objekte ist ein Monitoring des Energiebedarfs Voraussetzung für die Zertifizierung. Das Ziel lässt sich mit den Stichworten «Messen», «Speichern» und «Visualisieren» zusammenfassen.

Für Minergie-A-Bauten unter 2000 m^2 sind vier Messgrössen relevant:
- Endenergieverbrauch für Raumheizung und Wassererwärmung insgesamt
- Elektrizität ohne Wärmeerzeugung
- Kühlung respektive Klimatisierung
- Gebäudeeigene Energieproduktion

Für alle Bauten mit einer EBF grösser 2000 m^2 gelten zuzsätzlich zwei Messgrössen:
- Nutzenergie Heizwärme
- Nutzenergie Wassererwärmung

Die Synergien zwischen Energiemanagement, Monitoring und Gebäudeautomation können gross sein. Zur vereinfachten Einhaltung der Monitoring-Vorgaben hat Minergie ein Modul Monitoring definiert. Dazu gehört das freiwillige Service Angebot «Monitoring+», ein automatisierter Abgleich von Plan- und Messdaten als Grundlage für die Betriebsoptimierung.

Monitoring nach Minergie



Messen der Energieverbräuche | Zentrale Speicherung der Messdaten | Visualisierung der Energieverbräuche

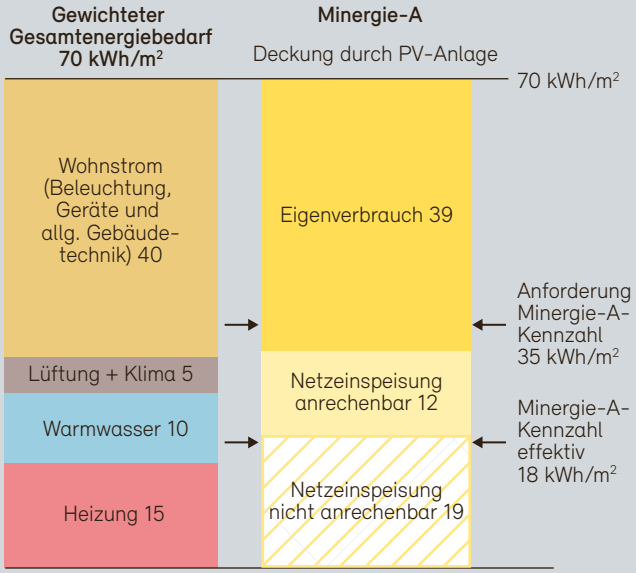
Optimierung Eigenstrom-produktion

Bei Neubauten ist eine PV-Anlage mit einer installierten Leistung von 10 Watt pro m^2 Energiebezugsfläche (EBF) inzwischen in den meisten Kantonen im Energiegesetz vorgeschrieben (MuKEn 2014). Für Minergie-Bauten ist die hauseigene Stromerzeugung die beste Strategie, um die Minergie-Kennzahl des Standards zu erreichen. Bei einem typischen Minergie-MFH ergibt sich ein notwendiger Stromertrag gewichtet von etwa 22 kWh/m^2 EBF, was in etwa 110 % der MuKEn-Vorgabe von 10 W/m^2 EBF entspricht.

Minergie-A

Die vollständige Deckung des Energiebedarfs für Heizung, Warmwasser, Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtung, Geräte und allgemeine Gebäudetechnik durch Stromproduktion am Objekt, jeweils gewichtete Werte, ist Voraussetzung für Minergie-A. Dabei werden der Eigenverbrauch und die ans Netz abgegebene Elektrizität gänzlich angerechnet. In der planerischen Praxis resultieren daraus Plusenergie-Gebäude.

Energiebilanz am Beispiel eines Mehrfamilienhauses



Alle Werte in kWh pro m^2 und Jahr (kWh/m^2a), gewichtet

Photovoltaikanlage

Im Regelfall ist das Ausmass einer photovoltaischen Gewinnfläche sowie ihre Exposition von der Grösse und der Geometrie des Daches abhängig. Optimierungspotenziale bieten sich trotzdem, insbesondere durch eine «PV-gerechte» Gestaltung des Daches bei Neubauten. Bei hohen Gebäuden mit geringer spezifischer Dachfläche (je m^2 Energiebezugsfläche) gelten reduzierte Anforderungen an die Minergie-Kennzahl.

Anrechenbarkeit PV-Strom

Von der Stromproduktion der PV-Anlage sind der Eigenverbrauch zur Gänze und von der Netzeinspeisung 40 % anrechenbar. Damit ist der Beitrag des Netzes in der Energieversorgung eines Gebäudes berücksichtigt. Im Nachweis wird der Anteil des Eigenbedarfs mit Standardwerten oder mit dem EDV-Tool «PVopti» quantifiziert. Bei Wohnhäusern liegt die Eigenverbrauchsrate zwischen 30 % und 70 % des produzierten Solarstromes, je nach Ausrüstung des Gebäudes (thermische und elektrische Speicher, Lastmanagement). Bei tagsüber genutzten Zweckbauten ist der Eigenbedarf markant höher.

Erhöhung Eigenverbrauch

Durch Zuschaltung von Verbrauchern und Ladung von Speicherelementen in Zeiten mit grosser Solarstromproduktion lässt sich der Eigenverbrauch deutlich erhöhen. Schaltbar sind Waschmaschinen und Geschirrspüler, Wärmepumpen und Wärmepumpenboiler sowie Elektrofahrzeuge. Als Speicher kommen, neben der Speichermasse des Gebäudes, technische Wärmespeicher, Warmwasserbehälter und elektrische Batterien in Frage. Die Steuerung erfolgt über ein Energiemanagementsystem. Fassadenintegrierte PV-Anlagen sind besonders im Winter (Heizperiode) sehr

produktiv. In Kombination mit einer Wärmepumpe ergibt sich daraus ein hoher Eigenverbrauch.
Minergie-Bauten, vor allem Minergie-A-Häuser, sind dem Konzept des «All-electric-House» sehr ähnlich. Entsprechend ist die Ergänzung der gebäudetechnischen Ausrüstung mit Batterien und konventionellen Wasserspeichern technisch einfach, aber nicht durchwegs kostengünstig. Falls Batterien erst später installiert werden, sollte in der Nähe der Elektroverteilung Platz dafür reserviert werden.

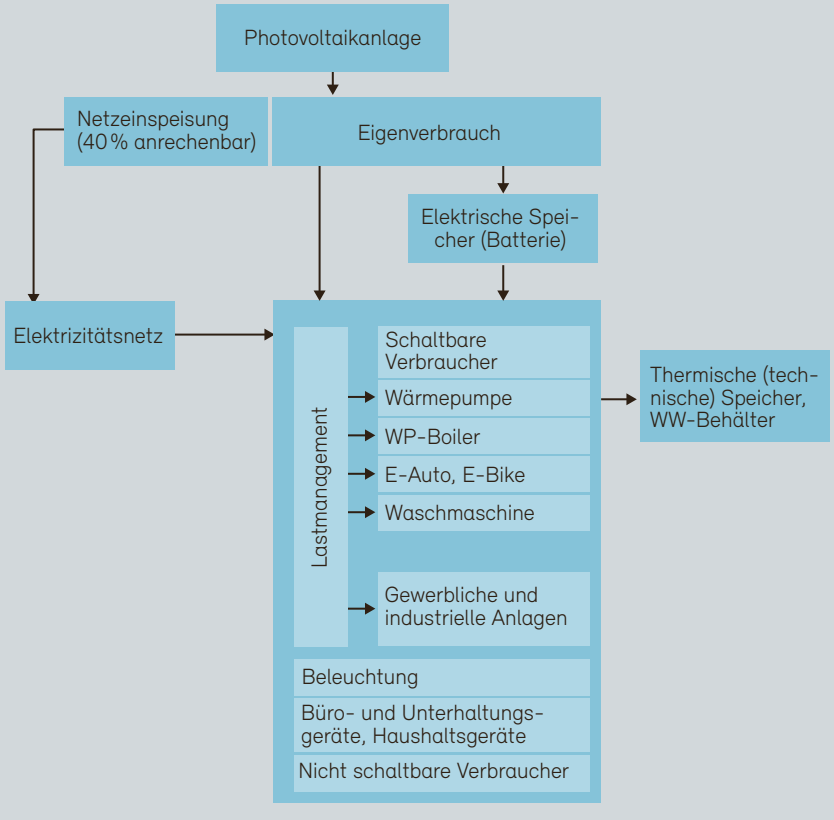
Effizienzpotenziale Eigenstromproduktion im Minergie-Nachweis
Die Berechnung der Minergie-Kennzahl (Seite 16) quantifiziert folgende Effizienzpotenziale:
- Die Erhöhung des im Haus direkt genutzten Solarstromes im Verhältnis zur gesamten Solarstromproduktion liefert einen erheblichen Effizienzbeitrag («Eigenverbrauch»).

Die Installation von Leerrohren für die Ladeinfrastruktur von Elektrofahrzeugen ist in allen Minergie-Bauten Pflicht. Jede installierte Ladestation ist für die Zertifizierung anrechenbar.

PVopti

Ein hoher Eigenverbrauchsanteil ist energiepolitisch sinnvoll. Er ist auch für die Bauherrschaft wirtschaftlich interessant und in der Energiebilanz des Minergie-Gebäudes zentral. Mit dem EDV-Programm «PVopti» steht eine einfache Planungshilfe zur Erhöhung des Eigenverbrauchs zur Verfügung (minergie.ch). PVopti bietet eine Excel-Tabelle, in der sich das Verbrauchs- und Produktionsprofil eines Gebäudes abbilden lässt. Ebenso wichtig sind die Kapazitäten zur Speicherung von Energie.

Anteile des Stromverbrauchs



Die Berechnung

Beispiel einfaches Bürogebäude

Wärmebedarf		Strombedarf		Eigenstromproduktion		Gebäude
Minergie-Teilkennzahl für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Klimatisierung	+	Minergie-Teilkennzahl für Beleuchtung, Geräte und allgemeine Gebäudetechnik	−	Minergie-Teilkennzahl Produktion (anrechenbarer Ertrag PV-Anlage)	=	Minergie-Kennzahl (MKZ) des Gebäudes (gewichteter Gesamtenergiebedarf)
=		=		=		
Heizwärmebedarf mit effektivem Luftwechsel, dividiert durch Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung, gewichtet		Energiebedarf Beleuchtung gemäss Norm SIA 387/4, gewichtet mit Faktor 2		Eigenverbrauch des am Gebäude erzeugten Stromes		Gebäude über 10 m Höhe bieten wenig Dachfläche im Verhältnis zur EBF. Die Anforderungen werden darum in Funktion der Gebäudehöhe reduziert.
+		+		+		
Wärmebedarf für Warmwasser, dividiert durch Nutzungsgrad der Wärmeerzeugung, gewichtet		Energiebedarf Geräte nach Merkblatt SIA 2056, gewichtet mit Faktor 2		40 % des ins Netz abgegebenen Stromes		Zuschläge für Bauten mit relevanten Klimastationen in Höhenlagen (kWh/m²): Davos 4 Grosser St. Bernhard 8 Samedan 8 Engelberg, San Bernardino, Schuls, Zermatt 2
x		+				
Abminderungsfaktoren für Effizienzmassnahmen Warmwasser		Energiebedarf allgemeine Gebäudetechnik nach Merkblatt SIA 2056, gewichtet mit Faktor 2		60 % des ins Netz abgegebenen Stromes werden nicht an die Minergie-Kennzahl angerechnet, werden aber bei Minergie-A für die Bedarfsdeckung berücksichtigt.		
+						
Elektrizitätsbedarf für Lüftung und Klimatisierung, gewichtet mit Faktor 2						

Gewichtete Werte in kWh/m² a

Erneuerung Verwaltungsgebäude
Mühlebachstrasse 17, Zürich,
ZH-3989

Optimaler Betrieb

Inbetriebsetzung

Eine fachkundige und sorgfältige Inbetriebsetzung verringert den Aufwand für die Betriebsoptimierung. Denn die präzise Einstellung der Steuerungen und Regelungen der gebäudetechnischen Anlagen unter Beachtung der werkseitigen Vorgaben ist für einen effizienten und störungsfreien Betrieb unverzichtbar (Tabelle 2). Genauso wichtig ist eine sorgfältige Instruktion der Betreiber und Benutzer sowie die entsprechende Dokumentation.

Betriebsoptimierung

Untersuchungen des Bundesamts für Energie zeigen, dass Betriebsoptimierungen (BO) von haustechnischen Anlagen hohe Effizienzpotenziale aufweisen (deutlich über 10 %). Mit einer BO werden vor allem Einstellwerte an Komponenten überprüft, ein bedarfsgerechter Betrieb sichergestellt und die Systeme aufeinander abgestimmt. Die BO ist nicht Teil der Inbetriebsetzung und bedingt einen separaten Auftrag. Um Betriebsdaten für Planung und Durchführung der BO zu nutzen, sollte die Optimierung ein bis drei Jahre nach Inbetriebsetzung realisiert werden.

Monitoring

Messen, visualisieren, interpretieren – diese Stichworte umschreiben Ziel und Konzept des Monitorings. Damit schafft Minergie die Grundlage, um Nutzer und Betreiber von Gebäuden langfristig über den Energieverbrauch zu informieren und den Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen zu optimieren. Monitoring hat nicht den Zweck, den Minergie-Nachweis zu überprüfen. Energiemanagement-, Gebäudeautomations- und Monitoringsysteme erbringen teilweise gleiche oder ähnliche Dienstleistungen. Eine Kombination ist deshalb, vor allem bei grösseren Objekten, sinnvoll. Die für das Monitoring nötigen Installationen sollten frühzeitig eingeplant werden. Orientierung bietet das Minergie-Modul Monitoring, das freiwillig auch zum Abgleich der Plan- mit den Messwerten genutzt werden kann (Monitoring+).

Qualitätssicherung

Mit dem Qualitätssicherungssystem MQS Betrieb und dem Produkt PERFORMANCE lassen sich Energieeffizienz und Komfort in der Betriebsphase optimieren. Im Rahmen einer Begehung und mittels Auswertung bestehender Verbrauchsdaten eruiert ein Minergie-Experte sinnvolle Optimierungsmassnahmen am Gebäude. Das Zusatzprodukt richtet sich primär an Bauherrschaften.

Tabelle 2: Massnahmen für einen optimalen Betrieb

Inbetriebsetzung	Betrieb	Betriebsoptimierung (BO)
– Verantwortlichkeit festlegen – Systematik der Inbetriebsetzung festlegen (Abnahme) – Vollständige Betriebsunterlagen (Handbücher, Wartungsvorschriften, Garantiedokumente) – Besondere Sorgfalt bei Verbundsystemen und Kombinationen – Hydraulischer Abgleich der Heizwärmeverteilung – Genügend Zeit einplanen – Einregulierung Lüftung	– Regelmässiges Controlling der Energieverbrauchsdaten und der Gebäudetechnik spart Energie und Kosten und erhöht die Verfügbarkeit der Anlagen – Sorgfältige Speicherung von Energieverbrauchsdaten – Störungen und Reparaturen dokumentieren – Wo sinnvoll: Messstellen installieren – Wartung und Reinigung (z. B. Filterwechsel Lüftung)	– Systemgrenzen der BO definieren – Verantwortung festlegen – Nutzung von Messwerten, soweit verfügbar – Vom Betreiber respektive vom Nutzer definierte Vorgaben kritisch bewerten – Wo notwendig oder sinnvoll: Messstellen installieren

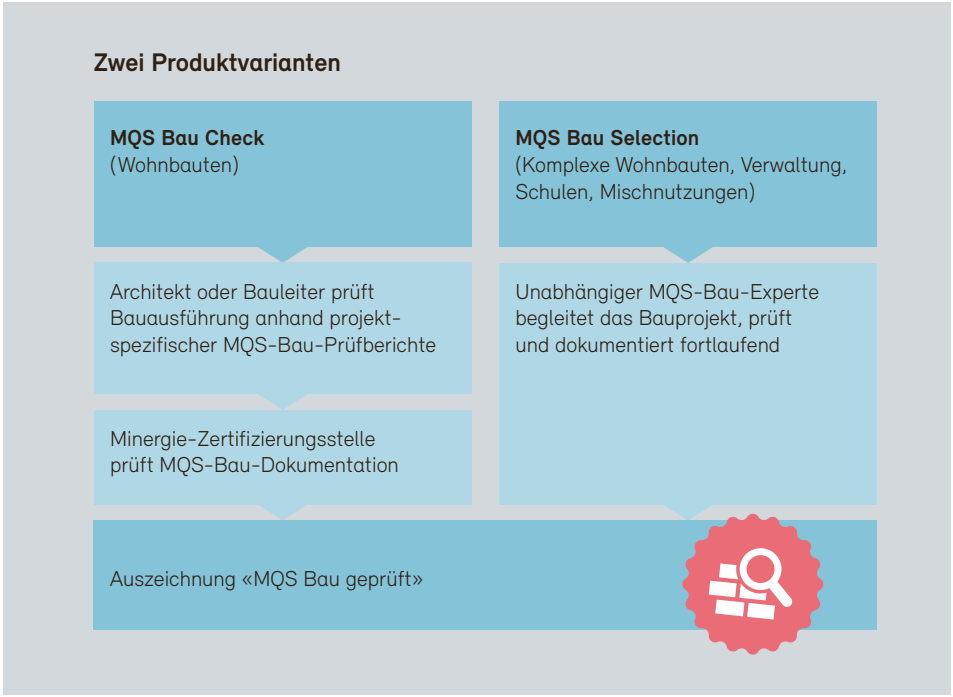
Qualität im Bauprozess

Komplexe Bauten erfordern eine hohe Bestellerkompetenz, das heisst, eine Bauherrschaft, die ihre Bedürfnisse klar formuliert und weiss, welche Leistungen sie einfordern kann. Dazu leistet Minergie mit dem Qualitätssicherungssysteme MQS Bau zuverlässigen Support. MQS Bau ist eine Erweiterung des üblichen Zertifizierungsverfahrens und betrifft vor allem den Kontroll- und Dokumentationsprozess. Bauprodukte und Ausführungsstandards werden vor Ort geprüft, ebenso die Inbetriebnahme der gebäudetechnischen Anlagen und die Instruktion des Personals. Die Bauherrschaft erhält eine lückenlose und geprüfte Baudokumentation mit allen relevanten Informationen zu Bauteilen und Anlagen.
MQS Bau stellt eine gute Ausführungsqualität sicher und schärft die Wahrnehmung aller Beteiligten für die Qualität im Bauprozess. Prüfberichte und Informationen helfen, Fehler aufzudecken und geben dem Planerteam und dem Bauleiter Sicherheit. Die erhöhte Ausführungsqualität schafft auch mehr finanzielle Sicherheit, Transparenz und Vertrauen und mindert bauliche Risiken.

Zwei Produktvarianten

MQS Bau steht in zwei Varianten zur Verfügung:
– Mit MQS Bau Check erhalten Planende, Minergie-Fachpartner und Ausführende die Möglichkeit, den Bauprozess selbst nach dem standardisierten Minergie-Qualitätssystem zu überprüfen.
– Mit MQS Bau Selection sind Bauherrschaften und gesamtverantwortliche Ausführende angesprochen. Die Prüfungen werden durch einen unabhängigen MQS-Bau-Experten im Vier-Augen-Prinzip durchgeführt.

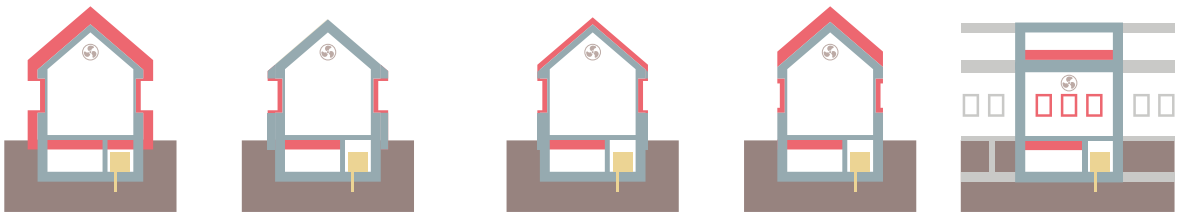
Die Grundlage beider Produkte bildet der MQS-Bau-Ordner mit den darin vorgegebenen Prüfberichten. Diese werden individuell für jedes Projekt zusammengestellt. Die beiden Produktvarianten führen zum selben Endresultat, der Auszeichnung mit dem Qualitätssiegel «MQS Bau geprüft».



Erneuern mit System

Die Minergie-Systemerneuerung ist ein alternativer Zertifizierungsweg für die einfache und dennoch hochwertige energetische Sanierung von Wohnbauten. Fünf Systemlösungen ermöglichen eine einfache Umsetzung und Zertifizierung nach Minergie mit minimalem Aufwand für die Antragstellenden. Ein rechnerischer Nachweis des Energieverbrauchs ist nicht nötig. Jede Systemlösung basiert auf dem Wärmeschutz für Dach, Aussenwand, Fenster und Boden oder entspricht einer GEAK-Klasse. Die Systemlösungen setzen zudem Mindestanforderungen an die Wärmeerzeugung, den Elektrizitätsverbrauch, die PV-Anlage, den Hitzeschutz sowie die kontrollierte Lufterneuerung.

Die einzelnen Lösungen berücksichtigen den Zustand des Gebäudes und bereits getroffene Massnahmen: System 1 eignet sich für Gebäude, die noch nicht oder nur oberflächlich erneuert wurden. Der Fokus liegt auf einer hochwertigen Gebäudehülle. Dafür gibt es keine Anforderungen an die Geräte oder Beleuchtung. Eine PV-Anlage ist empfohlen, aber nicht Pflicht. Systeme 2, 3 und 4 eignen sich für jüngere Gebäude oder solche, die früher bereits erneuert wurden. Der Unterschied zwischen den Systemen liegt in der Kombination der jeweiligen Dämmwerte für Dach und Aussenwand. Eine Wärmerückgewinnung bei der Lüftung ist bei allen Systemen empfohlen, bei System 4 ist sie Pflicht. System 5 eignet sich für Gebäude, die direkt an Nachbarbauten anschliessen und deren bestehende Fassade nicht verändert werden soll. Diese Lösung ist besonders für den Stadtraum interessant.



	System 1	System 2	System 3	System 4	System 5
Gebäudehülle GEAK	B	C	C	C	C
oder U-Werte (W/m²K)	Dach ≤ 0.17 Aussenwand ≤ 0.25 Fenster ≤ 1.0 Boden ≤ 0.25	Dach ≤ 0.30 Aussenwand ≤ 0.40 Fenster ≤ 1.0 Boden ≤ 0.25	Dach ≤ 0.25 Aussenwand ≤ 0.50 Fenster ≤ 1.0 Boden ≤ 0.25	Dach ≤ 0.17 Aussenwand ≤ 0.70 Fenster ≤ 1.0 Boden ≤ 0.25	Dach ≤ 0.17 Aussenwand ≤ 1.10 Fenster ≤ 1.0 Boden ≤ 0.25
Wärmeerzeugung	Erneuerbare Energien (z. B. Wärmepumpe, Fernwärme, Holz)				
Lufterneuerung	Grundlüftung zulässig, Wärmerückgewinnung (WRG) empfohlen www.minergie.ch/gute-raumluft			WRG-Pflicht	
Sommerkomfort	Der Sommerliche Wärmeschutz ist nachzuweisen www.minergie.ch/sommerlicher-waermeschutz				
Elektrizität	Photovoltaik empfohlen	40% der möglichen Einsparungen bei Geräten und Beleuchtung oder Photovoltaik-Anlage mit mind. 5 Wp pro m² Energiebezugsfläche			

Erneuerung Banque de Dépôts et de Gestion, Lugano. TI-238

Weitere Infos

Minergie

Minergie ist seit 1998 der Schweizer Standard für Komfort, Effizienz und Werterhalt. Aufminergie.ch finden Sie weiterführende Informationen und Broschüren zu den Baustandards und Zusatzprodukten von Minergie.

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

Auf Kompetenz bauen

Minergie-Fachpartner unterstützen Bauherrschaften und Investoren bei der Realisierung von Minergie-Projekten. Es sind Unternehmen oder Fachleute, die im Bereich der Bauplanung oder Ausführung tätig sind und eine Minergie-Grundausbildung haben oder ihre Berufspraxis mit mindestens zwei nach Minergie-Standard gebauten oder erneuerten Gebäuden nachweisen können. Der Verein Minergie bietet für seine Fachpartner diverse Weiterbildungskurse an. Diese Kurse und alle Fachpartner sind auf minergie.ch aufgeführt.

Mit gutem Beispiel voran

Minergie hat sich durchgesetzt. Tausende von Gebäuden in der Schweiz sind hierfür Beleg. Sie sind auf der Minergie-Website in der Gebäudeliste aufgeführt. Interessierte Bauherrschaften können sich von dieser Liste inspirieren lassen: kaum ein Gebäudetyp, der nicht schon nach Minergie zertifiziert ist. Auch der Materialisierung und der Architektur sind kaum Grenzen gesetzt.

Fachpublikationen

Erfahren Sie mehr zu verschiedenen fachspezifischen Themen in folgenden Publikationen:
– Gute Raumluft – Standardlüftungssysteme im Minergie-Wohnhaus
– Sonnenenergie – Solaranlagen im Minergie-Gebäude
– Gesund bauen – Ökologische Gebäude im Baustandard Minergie-ECO
– Sommerlicher Wärmeschutz – Klimakomfort im Minergie-Gebäude
– Elektrische Energie planen – Innovative Stromlösungen im Minergie-Gebäude
– Monitoring – Messen, Visualisieren, Bewerten, Optimieren
– Neubau – Energieeffizientes Bauen, Armin Binz et al.

minergie.ch/fachpublikationen

Websites

Weitere Informationen:
endk.ch → Energiepolitik der Kantone → MuKEn

6/22, e-pdf

Minergie
Bäumleingasse 22
4051 Basel

061 205 25 50
info@minergie.ch

minergie.ch

Mit Unterstützung von
energieschweiz

Die Minergie Leadingpartner

Publikations-Partner