

Z.B.

38

Low-Exergie - weg von fossilen Brennstoffen

Gebäude unabhängig von fossilen Brennstoffen (Öl, Gas, Elektrizität aus thermischen Kraftwerken) mit geringer CO₂-Belastung zu betreiben, ist heute bereits möglich. Dabei spielt die Wertigkeit der Energie eine wichtige Rolle. Die Weichen für Low-Ex-Gebäude mit einem geringen Anteil an hochwertiger Exergie werden dabei in der Konzeption und Planung gestellt.

Exergie – die edlere Form der Energie

Exergie kann, vereinfachend ausgedrückt, als der Anteil der Gesamtenergie bezeichnet werden, der Arbeit verrichten kann.

In jeder Energieform gibt es Energie-Anteile, die umkehrbar, ineinander umwandelbar sind (z.B. in mechanische Arbeit und umgekehrt in Wärme, elektrische Energie in Licht und umgekehrt in elektrische Energie) und solche, die nicht umwandelbar sind. Die umwandelbaren Teile werden Exergie genannt, die nicht umwandelbaren Teile werden Anergie genannt.

Beide Teile zusammen sind konstant. Die Exergie (z.B. Strom, Öl) kann in Anergie (z.B. Abwärme) umgewandelt werden, umgekehrt geht es nicht.

Anergie ist praktisch unbegrenzt vorhanden. Auf der Erde sorgt hauptsächlich die Sonne dafür, dass wir täglich mit neuer, hochwertiger Exergie versorgt werden.

$$\text{Energie} = \text{Exergie} + \text{Anergie}$$

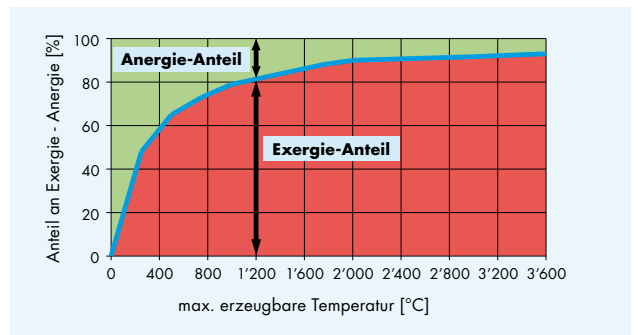


Bild 1: Exergieanteil in Abhängigkeit der Temperatur

Hitparade der Exergie-Verbraucher

In der Schweiz werden ca. 55 % der Brennstoffe und der Elektrizität verwendet, um Raumwärme zu erzeugen. Raumtemperaturen von nur 20 bis 22 °C werden fast ausschliesslich mit Öl, Gas und Elektrizität erzeugt, obwohl diese sehr hohe Exergieanteile zwischen 84 - 100 % enthalten.

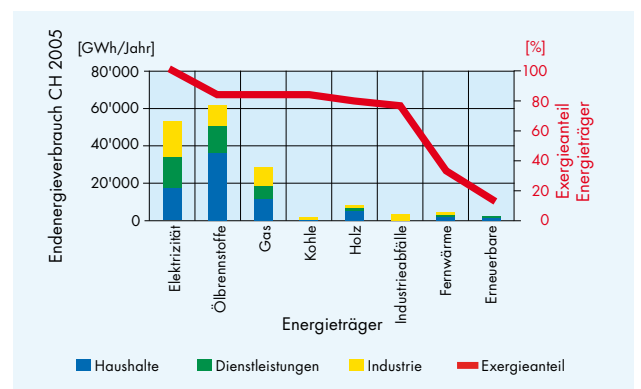


Bild 2: Exergieanteil der einzelnen Energieträger (rot) und Verbrauchsanteil pro Verbrauchergruppe

Zu kleine Wärmeabgabeflächen erfordern hohe Systemtemperaturen

In der herkömmlichen Gebäudetechnik wird infolge zu klein bemessener Wärmeabgabeflächen (z.B. kleine Heizkörper statt grossflächige Bodenheizung) immer noch mit unnötig hohen Systemtemperaturen (Vorlauftemperatur Heizkörper 50 °C anstelle z.B. Bodenheizung < 30 °C) gefahren. Die Folge davon ist, dass hochwertige Energieträger (z.B. öl-/ gasbefeuerte Heizkessel mit Verbrennungstemperaturen von 1'500 °C) eingesetzt werden müssen, obwohl eigentlich nur eine Raumtemperatur von ca. 20 bis 23 °C gefordert ist. Die heutigen Energiestandards (Minergie, Minergie-P) begrenzen den Energie- bzw. den Wärmeenergieverbrauch. Minergie macht aber keine direkten Vorgaben zur Wertigkeit der Energie. Es bleibt nach wie vor möglich, ein Gebäude mit hochwertiger Energie wie Gas, Erdöl oder elektrisch zu beheizen.

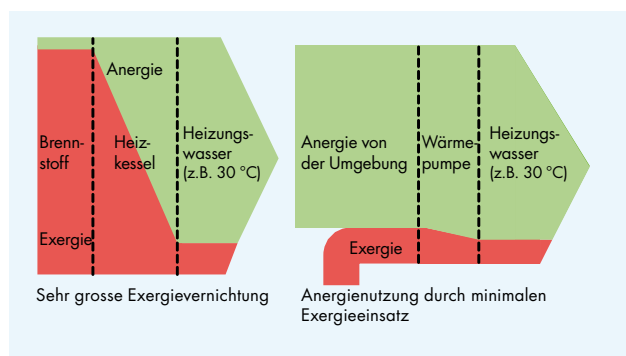


Bild 3: Exergieverschwendung (links) und Anergienutzung (rechts)

Vorgehen bei der Konzeption eines Low-Ex-Gebäudes:

1. Anforderungen erfassen und hinterfragen

Damit bei der Konzeption und späteren Systemwahl Energiequellen mit tiefem Exergie Anteil und erneuerbare Energien überhaupt genutzt werden können, gilt es bereits bei der Projektdefinition die Anforderungen an das Gebäude hinsichtlich Exergie genau zu hinterfragen. Alle Systeme müssen stets mit dem kleinst möglichen Temperaturhub gegenüber dem geforderten Raum- bzw. Prozesszustand dimensioniert werden.

Voraussetzungen für Low-Ex-Gebäude

Die bisherigen Anforderungen der bekannten und bewährten Standards (Minergie und Minergie-P) gelten sinngemäss auch für ein Low-Ex-Gebäude:

- Gute Gebäudehülle mit niedrigen U-Werten (Oberflächentemperatur innen > 17 °C)
- Optimierte Fassade (Tageslichtnutzung, optimierte U- und g-Werte, sommerlicher Wärmeschutz, Solarerträge)
- Weitgehende Vermeidung von Wärmebrücken
- Im Neubaubereich Optimierung Formfaktor (= Oberfläche gegen unbeheizt zu Energiebezugsfläche A/EBF)
- Aktivierung der Raummassen
- Neu kommt die Forderung nach einer Vorlauftemperatur $T_{VL} < 30$ °C hinzu.

2. Konzept festlegen – Ziel "Low-Exergie"

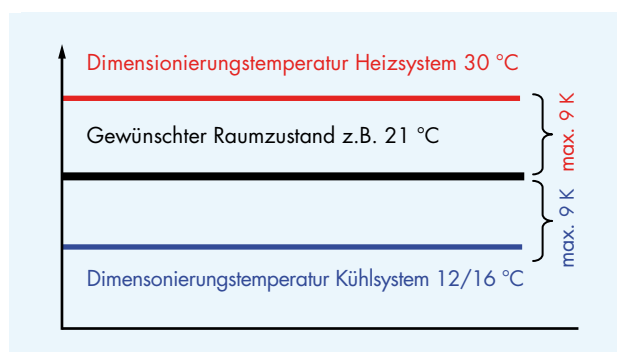


Bild 4: Low-Exergie: Kleine Temperaturhub gegenüber dem angestrebten Raumzustand

Weitere Punkte im Konzept sind:

- Identifikation von nutzbaren Anergie-Quellen (Abwärme aus Abwasser, Abluft, Grundwasser, Erdreich).
- Tages-, Wochen- und Jahresverlauf der wichtigsten Energie-/ Exergieverbraucher aufzeigen. Damit wird festgestellt, ob z.B. Abwärmeangebot und Wärmeverbrauch zeitlich übereinstimmen.

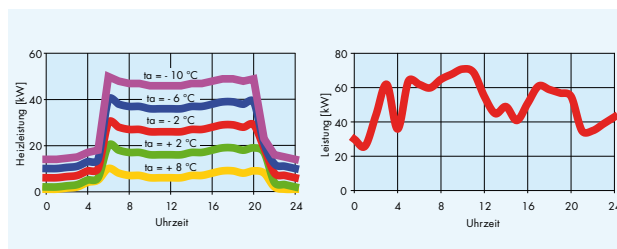


Bild 5: Typische Lastkurven Wohnung und Industrie

- Exergie- und Anergiebedarf aller im Gebäude relevanten Anlagen und Systeme bestimmen.

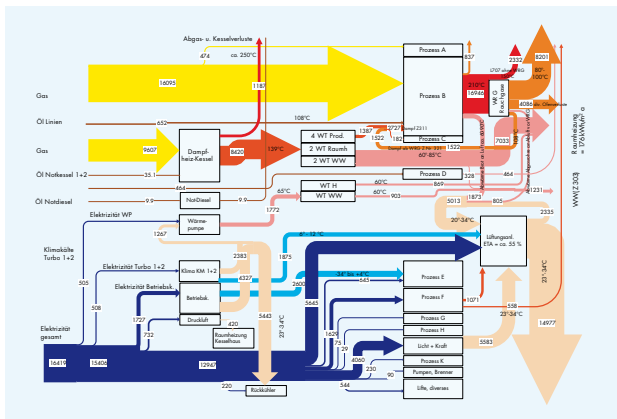


Bild 6: Exergie- und Anergieflussdiagramm Industriebetrieb

- Dynamischen Verlauf von spezifischen Raum- und Anlagezuständen darstellen.

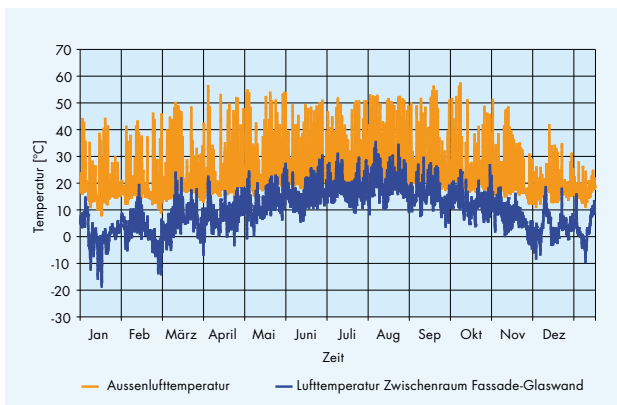


Bild 7: Simulation Lufttemperatur in Fassaden-Zwischenraum

Bewährte Elemente zur Nutzung von Anergie sind:

- Abwärmequellen (z.B. Abwasser, Abluft)
- Grundwasser/Erdrreich (z.B. zur Kühlung)
- Solarenergie (thermisch oder Photovoltaik)
- Holz (Schnitzel, Pellets, Vergasung)
- Wärmepumpe mit COP > 6

3. Lebenszykluskosten optimieren

Damit Systementscheidungen gefällt werden können, werden folgende Entscheidungsfaktoren berücksichtigt:

- Anergienutzung/Exergiebedarf
- Anteil erneuerbare Energie
- CO₂-Emission
- Lebenszykluskosten (Umlage der Investitionskosten, Kosten für Energie, Betrieb, Wartung, Nutzungsdauer, benutzergerecht)
- Betriebssicherheit
- Sensitivität bezüglich Energiepreisentwicklung
- Flexibilität/Betriebsverhalten bei Umnutzungen, Bedarfsänderungen
- Platzbedarf

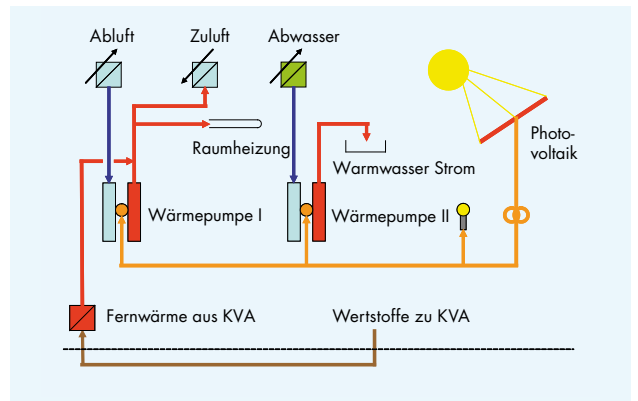


Bild 8: Systemvariante mit Nutzung von Anergie (Solarenergie und Umgebungsenergie)

4. Energie-Effizienz-Check in jeder Phase

Vor Abschluss jeder Konzept-, Planungs- und Ausführungsphase werden alle Teilsysteme (Haustechnik, Prozesssysteme und Betriebseinrichtungen) überprüft, ob sie aufeinander abgestimmt sind und der Stand der Technik hinsichtlich Energie-Effizienz erreicht wird. Typische Prüfkriterien bei einem Effizienz-Check sind:

- Wirkungsgrad im häufigsten Betriebspunkt gegenüber dem Maximum
- Automatischen, bedarfsabhängigen Betrieb sicherstellen (Bewegungsmelder, CO₂-geführt etc.)
- Jahresarbeitszahlen im häufigsten Betriebsfall
- Minimierter Stand-by-Verbrauch
- Wirkungsgrad im Teillastverhalten
- Regelbereich (Minimal- und Maximallast bzw. Leistung)
- Minimaler Temperaturhub gegenüber dem gewünschten Sollwert.

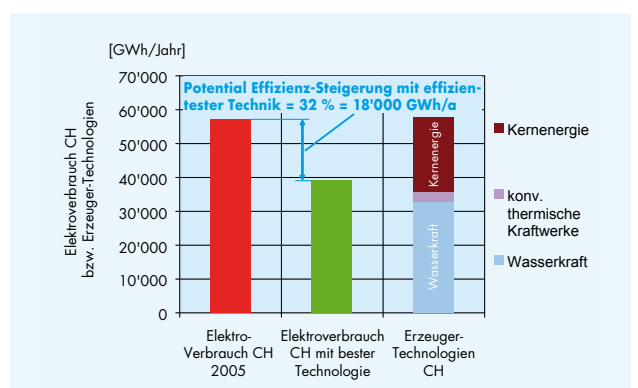


Bild 9: Konsequenter Einsatz der effizientesten Systeme senkt Exergie-Bedarf um 30 %

Wenn in allen Anwendungsbereichen der Elektrizität das Potential der Energie-Effizienz konsequent ausgeschöpft wird, dann würde dies annähernd der Jahresenergieproduktion der schweizerischen Kernkraftwerke entsprechen.

5. Kampf dem Stand-by

Untersuchungen in Dienstleistungsgebäuden haben gezeigt, dass heute der Stand-by-Verbrauch durch die Summe von vielen kleinen, suboptimalen Verbrauchern bei Gebäuden zu einem bedeutenden Faktor werden kann. In Dienstleistungsgebäuden beträgt der Stand-by-Verbrauch heute zwischen 10 bis 30 %. Typische vermeidbare Stand-by-Verbraucher sind:

- Drucker, Kopierer, PC's, Bildschirme
- Arbeitsplatzleuchten
- Verpflegungsautomaten (Getränke, Kaffee)
- Rohrbegleitheizungen
- Kleintrafos/Netzgeräte
- Handgesteuerte Haustechnikanlagen (Pumpen, Lüftungsanlagen, Beleuchtungen, etc.), welche ohne Bedarf laufen

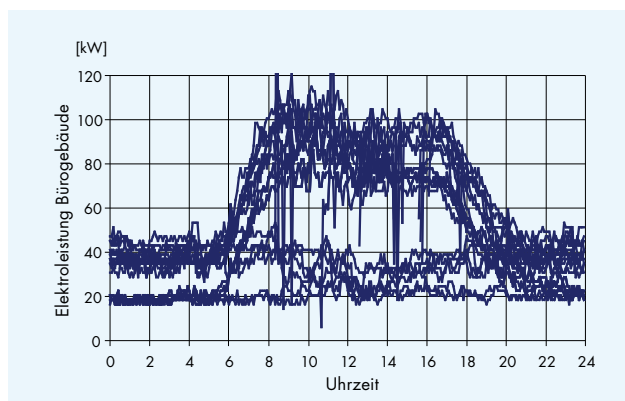


Bild 10: Typischer Tagesverlauf Elektroleistung Bürogebäude mit Stand-by-Leistung 30 bis 40 %

6. Erfolgreiche Umsetzung des Low-Ex-Konzeptes

Bei der Umsetzung des Low-Ex-Konzeptes sind folgende Stolpersteine zu beachten:

- Es werden nur Investitionskosten berücksichtigt.
- Energiepreisentwicklungen werden ungenügend gewichtet.
- Zu klein dimensionierte Wärmeabgabeflächen (=> Exergieanteil steigt an) sind zu vermeiden.
- Bei der Auswahl von Teilkomponenten werden ineffiziente Apparate und Geräte eingesetzt (z.B. Pumpen, Motoren, Druckluftkompressoren etc.).
- Der Mieterausbau erfüllt das Low-Ex-Konzept nicht.
- Es wurde kein Messkonzept erstellt und notwendige Messstellen fehlen.

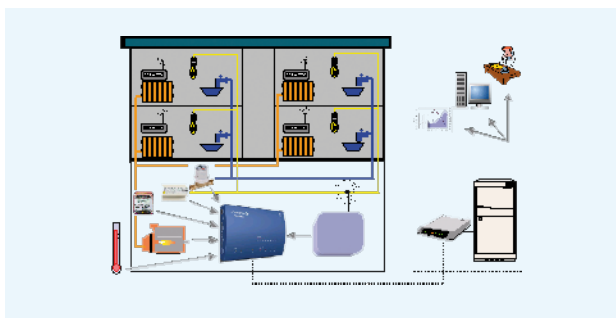


Bild 11: Energiemanagement-System, wichtige Voraussetzung für die Sicherstellung eines optimalen Betriebs

Chance Umbau

Wenn ein Gebäude saniert oder umgebaut wird, lassen sich grundsätzlich dieselben Schritte vollziehen, wie im Neubau. Es gilt zu prüfen, welche Gebäudeteile saniert werden können, damit das geforderte Temperaturniveau der Wärmeabgabesysteme möglichst niedrig gewählt werden kann. Erst wenn diese Voraussetzung geschaffen ist, können der Exergie-Anteil gesenkt werden, und Anergiequellen mit wenig Aufwand genutzt werden.

Referenzen

Auswahl Referenzprojekte Amstein + Walthert:

- A+W Haus, Zürich-Oerlikon
- Eulachhof, Winterthur
- UICN, Gland
- Bahnhof Süd, Aarau
- Darron Century Complex, Qingdao, China
- Bürogebäude Eggbühlstrasse, Zürich-Oerlikon
- Light Cube, Opfikon

robert.uetz@amstein-walthert.ch

Dipl. HLK-Ing. FH, Dipl. Wirtschaftsing. STV

rolf.mielebacher@amstein-walthert.ch

Dipl. Masch. Ing. FH, MBA

Juli 2007

