

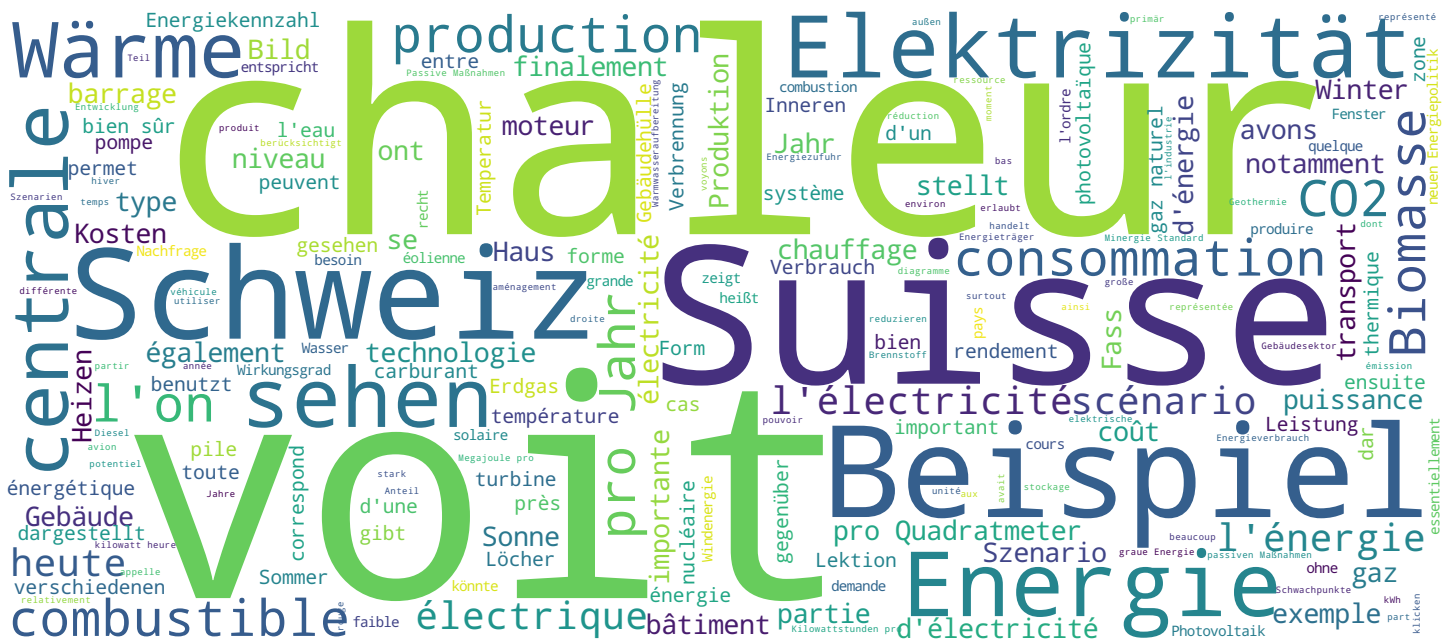


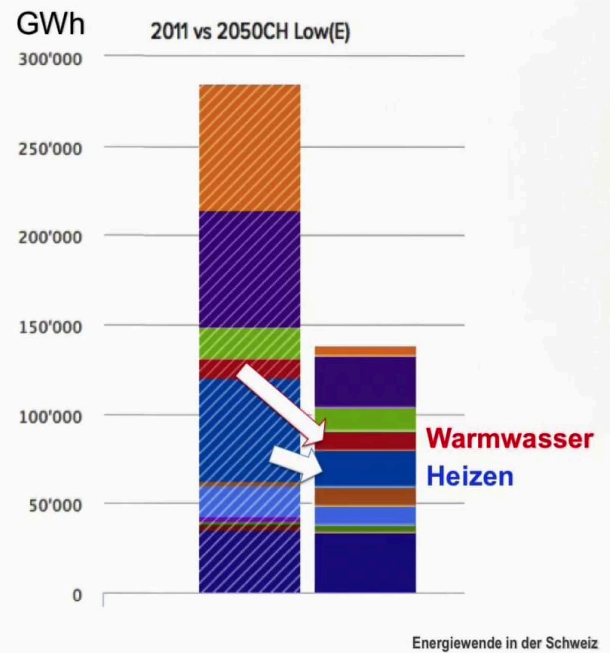
Energieeinsparungen im Gebäudesektor

Energiewende in der Schweiz: verstehen um besser zu entscheiden

Prof D.Favrat & P-A Haldi vorgetragen durch Prof J. Schiffmann

Mit Beiträgen von P.-A.Haldi, F. Marechal, F. Vuille, Ph. Gillet et V. Codina





Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer, wir haben in den letzten Lektionen gesehen, dass die von der Regierung vorgeschlagenen Energieszenarien ehrgeizige Ziele betreffend der Reduktion des Endenergieverbrauches anstreben. In den folgenden Lektionen werden wir sehen, wie in den verschiedenen Sektoren Energie eingespart werden kann, ohne dass dabei unser Komfort reduziert wird. In dieser Lektion werden wir mit dem Gebäudesektor beginnen. In diesem Balkendiagramm sehen wir, welche drastischen Einsparungen bei der Warmwasseraufbereitung und beim Heizen vorgesehen sind.

Notes

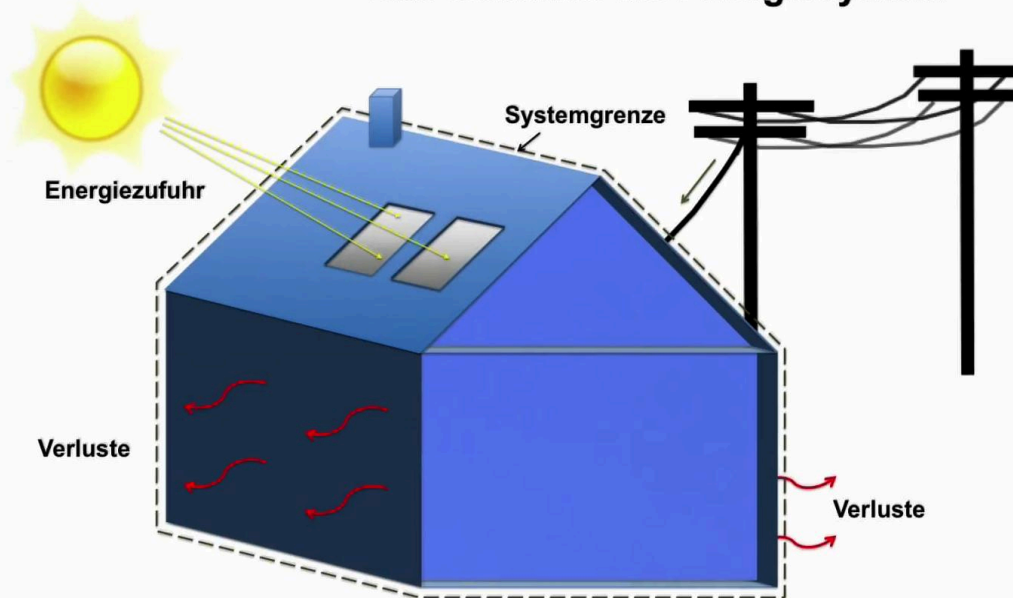
Summary



0m 03s

Das Gebäude als Energiesystem

Das Gebäude als Energiesystem



Energiewende in der Schweiz

Jedes Gebäude kann wie ein eigenständiges Energiesystem betrachtet werden, dessen Systemgrenze, hier als gestrichelte Linie dargestellt, durch eingehende oder ausgehende Energieflüsse durchquert wird. Eingehende Energieströme sind zum Beispiel die Sonneneinstrahlung, Elektrizität oder Erdgas. Ausgehende Energieströme bestehen vor allem aus Wärmeverlusten von innen gegen außen. Um im Inneren eine komfortable Temperatur halten zu können, müssen die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle mittels einer Heizung kompensiert werden, sonst würde es im Gebäudeinneren immer kälter werden.

Notes

Summary



0m 42s



- Gebäude benötigen Energie um:
 - Unabhängig von den meteorologischen Bedingungen eine Komforttemperatur im Innern halten zu können
 - Die Beleuchtung sicher zu stellen, falls nicht genügend Sonnenlicht einfällt.
 - Warmwasser bereit zu stellen
 - Unterschiedliche Apparate anzutreiben
 - Die Mobilität zu vereinfachen (z.B. Lift)

Energiewende in der Schweiz

Ein Gebäude benötigt Energie, um verschiedene Funktionen erfüllen zu können. Zum einen natürlich, um im Inneren eine komfortable Raumtemperatur zu halten, unabhängig davon ob es draußen kalt oder warm ist. Auch Warmwasser braucht in beträchtlichem Maße Energie, weiter braucht es Energie zur Beleuchtung, wenn zu wenig Licht von der Sonne einfällt, um Haushaltsgeräte anzutreiben oder um Mobilität im Inneren der Gebäude zum Beispiel durch einen Lift oder eine Rolltreppe zu vereinfachen.

Notes

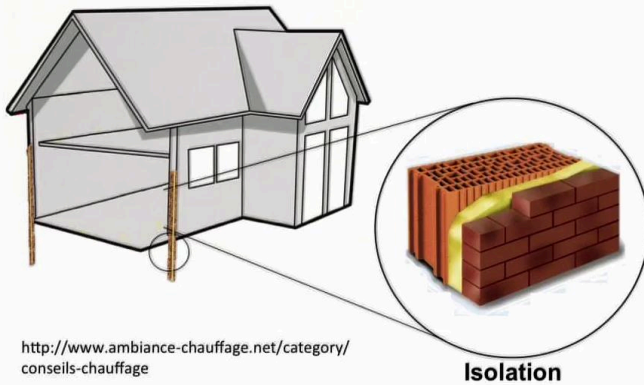
Summary



Passive Massnahmen vs. aktive Systeme

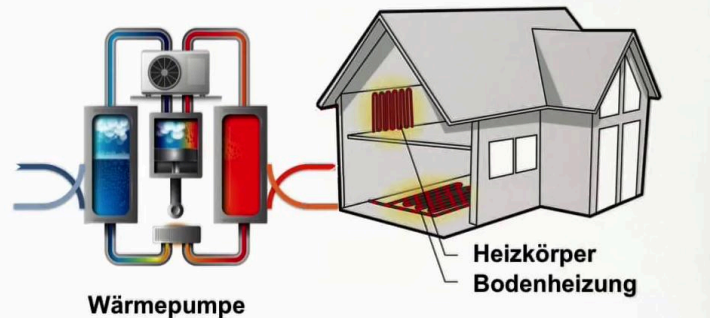
● Passive Massnahmen

- Bauliche und architektonische Massnahmen



● Aktive Systeme

- Technische Geräte (Heizung, Beleuchtung, Apparate), die eine Form von Endenergie (Erdgas, Holz, Elektrizität) benötigen



www.sofath.com/sources-denergie/eau/; <http://enrsic.com/index.php/nos-services/pompe-a-chaaleur>

Energiewende in der Schweiz

Energieeinsparungen im Gebäudesektor können über passive Massnahmen oder aber über aktive Systeme erzielt werden. Mit aktiven Systemen werden Technologien bezeichnet, die irgendeine Form von Endenergie benötigen, um betrieben zu werden. Ein typisches Beispiel dafür ist ein ölbetriebener Kessel oder eine elektrisch angetriebene Wärmepumpe für das Heizen. In dieser Lektion werden wir uns primär auf die passiven Massnahmen konzentrieren. Es handelt sich hierbei um Massnahmen, die vor allem die Gebäudehülle und die Architektur betreffen. Diese Massnahmen erlauben es, die Energieverluste einzudämmen, ohne dabei eine Form von Endenergie zu verbrauchen. Passive Massnahmen stellen häufig Zusatzinvestitionen dar, vor allem bei Gebäudesanierung, helfen aber, den Energiebedarf von Gebäuden signifikant zu reduzieren.

Notes

Summary



2m 01s

- Gebäude benötigen Energie um:
 - Die zum Bau benötigten Materialien herzustellen und zu transportieren
 - Die zum Bau benötigten Maschinen anzutreiben
 - Den Unterhalt des Gebäudes zu ermöglichen
 - Den Rückbau des Gebäudes an seinem Lebensende zu ermöglichen und die Materialien zu rezyklieren
- Hier handelt es sich um die sogenannte «graue» Energie



<http://german.fansshare.com/gallery/photos/14462097/building-construction/>

Energiewende in der Schweiz

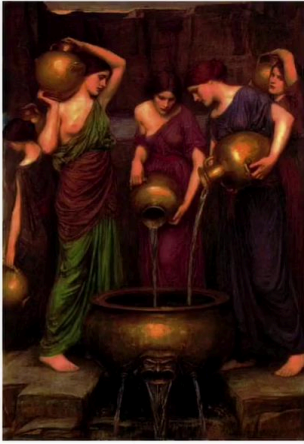
Ein Gebäude beinhaltet aber auch sogenannte graue Energie. Graue Energie wird benutzt, um Baumaterialien herzustellen, um diese zu transportieren, um den Bau überhaupt zu ermöglichen, um Baumaschinen anzutreiben, den Unterhalt zu gewährleisten und um das Haus an seinem Lebensende wieder rückzubauen und schließlich um einzelne Bauelemente und Materialien rezyklieren zu können. Der Anteil an grauer Energie wird vom Swiss Energy Scope Rechner noch nicht berücksichtigt. Es ist aber sicher ratsam, dieser grauen Energie, gerade im Gebäudesektor, Rechnung zu tragen.

Notes

Summary

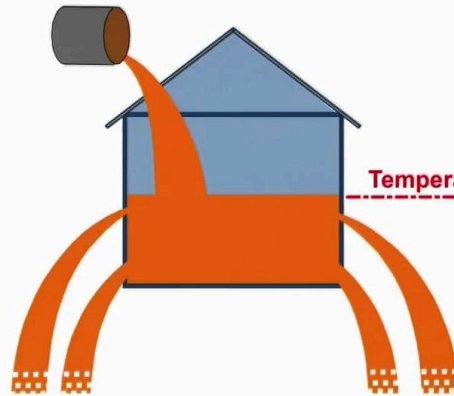


Ein Gebäude ist wie ein undichtes Fass



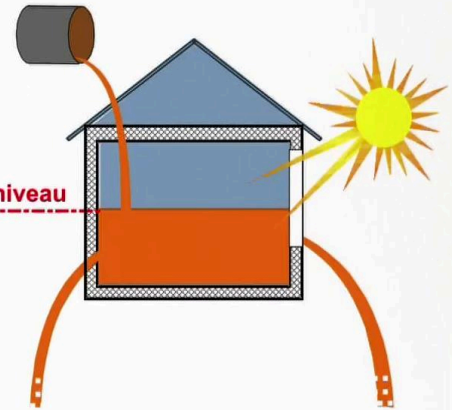
« Danaides Waterhouse 1903 »
von John William Waterhouse

Schlecht isoliertes Gebäude



Darstellung inspiriert Prof Claude-Alain Roulet

Gut isoliertes Gebäude



Energiewende in der Schweiz

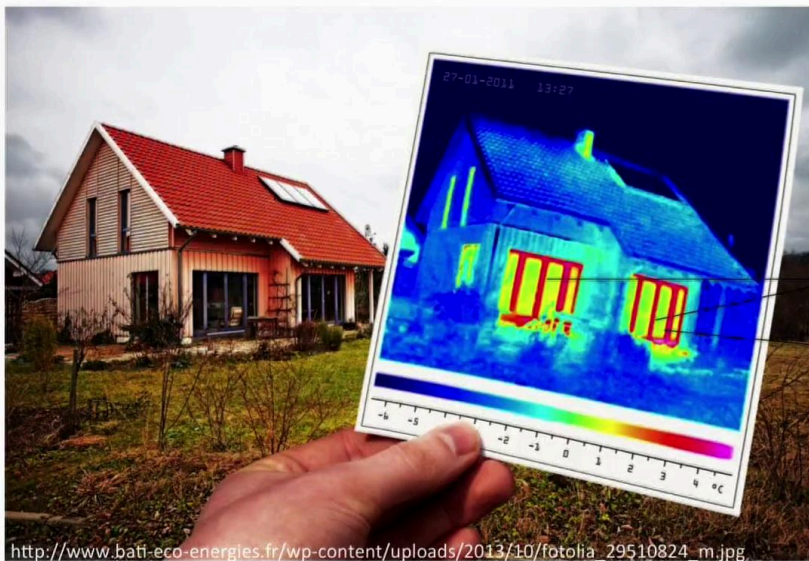
Ein Haus kann mit dem durchlöchernten Fass der Danaiden verglichen werden, in das ständig Wasser nachgefüllt werden muss, um ein konstantes Niveau halten zu können. Dem Wasserniveau im Fass und dem ständig zugeführten Wasser entsprechen im Gebäude die Komforttemperatur und die eingehende Energie, um diese Temperatur halten zu können. In der Mitte sehen wir ein schlecht isoliertes Haus mit vielen Löchern, was zu einem großen Energiebedarf führt. Links ein Haus mit gut isolierter Gebäudehülle, also ein Fass mit wenig Löchern, das für die gleiche Innentemperatur mit weniger Energie auskommt.

Notes

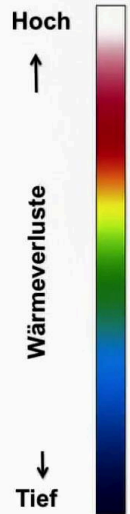
Summary



Die Thermographie ist ein Werkzeug, um Verluste zu identifizieren



Typische Schwachpunkte:
Fenster und
Fensterrahmen



Energiewende in der Schweiz

Gerade bei Sanierungen ist es daher wichtig die Schwachpunkte zu identifizieren. Die Thermografie eines bestehenden Gebäudes durch eine Infrarotkamera erlaubt es, diese Löcher im Fass leicht zu finden. Auf diesem Bild erscheinen die Schwachpunkte, also Zonen mit großem Energieverlust durch Wärmetransfer, von innen nach außen, rot. Die Fensterrahmen und die Fenster selbst sind bei diesem Haus also klar die Schwachpunkte.

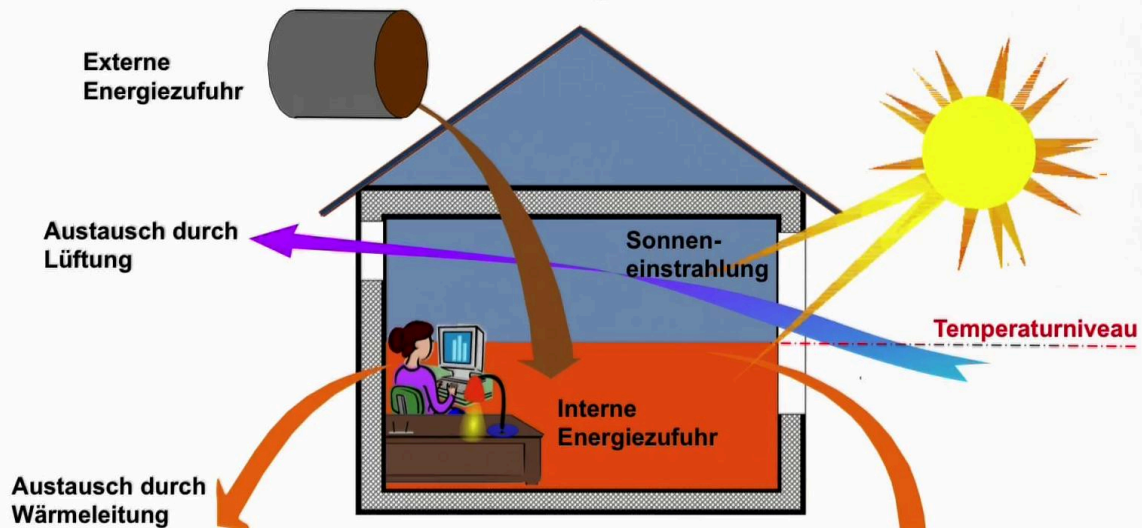
Notes

Summary



Energiebilanz eines Gebäudes

Praktisch die ganze Energiezufuhr in ein Gebäude wird in Wärme umgewandelt



Energiewende in der Schweiz

Die Energiebilanz des Gebäudes zeigt, dass praktisch die ganze zugeführte Energie, die schließlich über die Gebäudehülle wieder nach außen gelangt, in Wärme umgewandelt wird. Die Energiebilanz stellt sich aus verschiedenen Energieformen zusammen. So wird Wärme über die Systemgrenze mit der Umgebung ausgetauscht, und zwar über Wärmeleitung oder über Wärmekonvektion, die bei der Lüftung zustande kommt. Energie kann aber auch zum Beispiel durch einfallendes Licht von der Sonne über Fenster in das Gebäude eindringen. Licht von der Sonne wärmt auch absorbierende Wände auf und trägt so zur Energiezufuhr bei. Zur Energiebilanz hinzu kommt ebenfalls die Wärmezufuhr durch den Metabolismus der Bewohner, etwa 100 Watt pro Person. Natürlich muss auch die Elektrizität, die für die Apparate und für das Licht benutzt wird, berücksichtigt werden. Schlussendlich wird diese Energie immer in Wärme umgewandelt und in das Gebäudeinnere abgegeben. Ein wichtiger Anteil ist natürlich die Energie für die Heizung, die im Winter benutzt wird um die Energieverluste, also die Löcher im Fass, zu kompensieren. Im Sommer verhalten sich diese Löcher umgekehrt, das heißt, es strömt zu viel Energie von außen nach innen und die Temperatur im Inneren steigt. Zur Kühlung werden dann vermehrt Klimaanlage eingesetzt, um die überflüssige Energie im Gebäudeinneren wieder nach außen zu befördern.

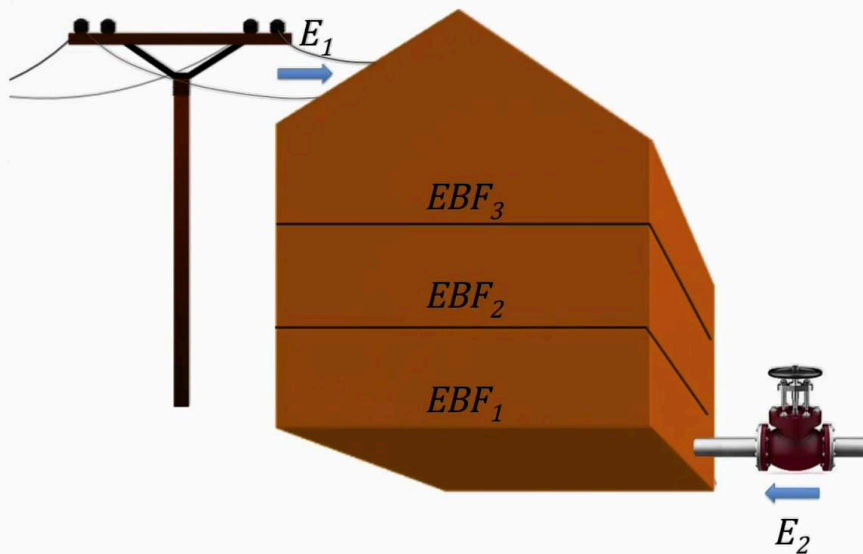
Notes

Summary



5m 00s

Definition der Energiekennzahl (EKZ)



Norm SIA 380/1

$$EKZ = \frac{\sum_i E_i}{\sum_j EBF_j}$$

1 MJ = 0.28 kWh

E : Energieverbrauch
[MJ/Jahr] oder [kWh/Jahr]

EBF : Energiebezugsfläche [m²]

Energiewende in der Schweiz

Um den Nettoenergieverbrauch eines Gebäudes zu erfassen wird die sogenannte Energiekennzahl eingesetzt. Man erhält diese Kennzahl, indem die gesamte über ein Jahr verbrauchte Energie also in Megajoule pro Jahr oder in Kilowattstunden pro Jahr durch die Energiebezugsfläche in Quadratmetern geteilt wird. Die exakte Berechnung wird durch eine Norm der schweizerischen Ingenieur- und Architektenverbindung vorgegeben.

Notes

Summary



6m 42s

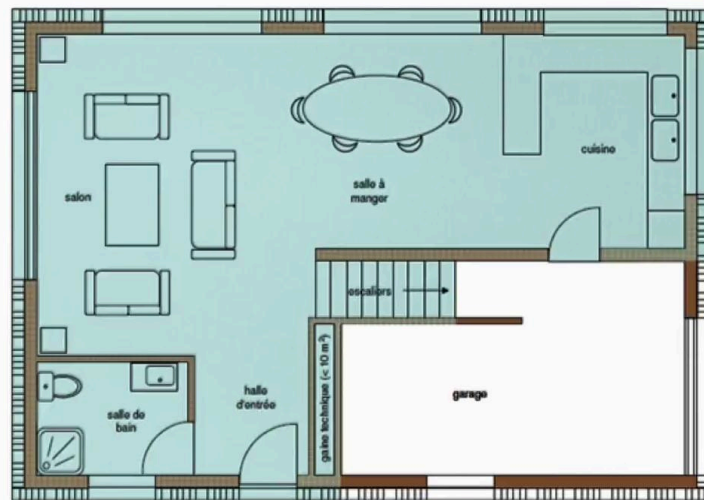
Berechnung der Energiebezugsfläche (EBF)

 Energiebezugsfläche (EBF)

 Baufläche

 Isolation

Beispiel Erdgeschoss



Quelle: « Aide au calcul de la surface de référence énergétique », République et canton de Genève, Département de la sécurité, de la police et de l'environnement, Service de l'énergie, 5 avril 2011

Energiewende in der Schweiz

Ohne allzu tief ins Detail zu gehen, sehen wir hier ein Beispiel, wie diese Energiebezugsfläche berechnet wird. Die Energiebezugsfläche beinhaltet im Wesentlichen die gesamte bewohnte Fläche. In diesem Beispiel, das ein Erdgeschoss eines Einfamilienhauses zeigt, ist eine Garage eingebaut, die natürlich nicht zur bewohnten Fläche gehört.

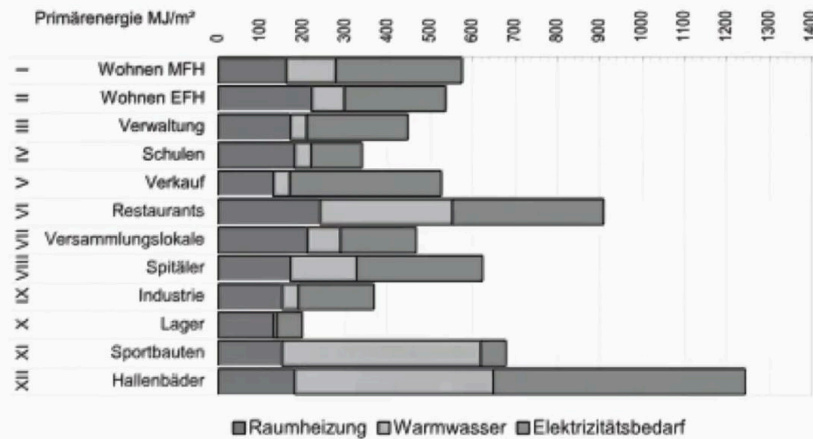
Notes

Summary



Grenzwerte nach SIA-Norm 380/1 (2009)

Figur C.1 Aufteilung der Standard-Kennwerte



Quelle: http://www.energo.ch/assistant/get/?_id=1abe52879a52ec85c05e8d0596b3dafa

Energiewende in der Schweiz

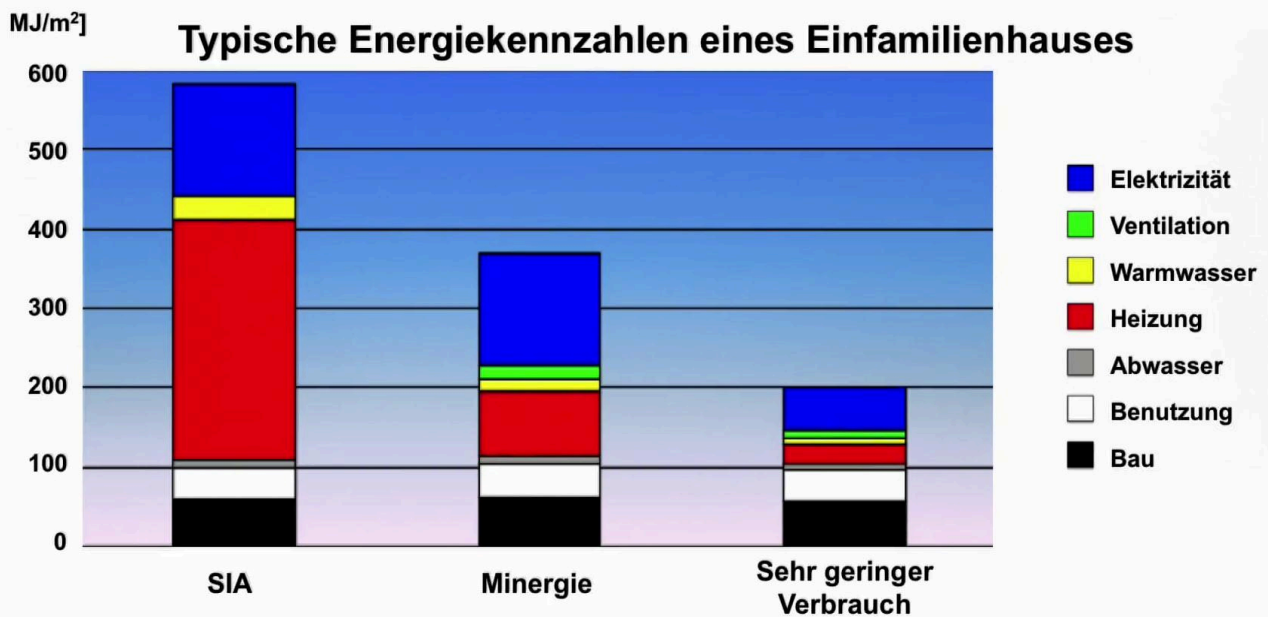
Je nach Gebäudetyp und dessen Verwendung werden durch die Normen verschiedene Energiekennzahlen vorgegeben. So kann man dieser Liste entnehmen, dass in einem Mehrfamilienhaus mit mehreren Wohneinheiten, die Raumheizung eine Energiekennzahl von 160 Megajoule pro Jahr und pro Quadratmeter oder 44 Kilowattstunden pro Jahr und pro Quadratmeter nicht überschreiten sollte. Diese Vorgabe stellt natürlich minimale Anforderungen an die Gebäudehülle. Die Warmwasseraufbereitung sollte demnach weniger als 100 Megajoule pro Jahr und pro Quadratmeter betragen, und der Elektrizitätsverbrauch 300 MJ pro Jahr und pro Quadratmeter nicht überschreiten. Die beiden letzten Kategorien hängen natürlich mehr vom Verhalten und den Bedürfnissen der Bewohner selber ab und weniger von der Güte der Gebäudehülle.

Notes

Summary



Energiekennzahl



Quelle: http://www.energo.ch/assistant/get/?_id=1abe52879a52ec85c05e8d0596b3dafa

Energiewende in der Schweiz

In der Schweiz gibt es auch den Minergie-Standard, der des öfteren als Referenzwert eingesetzt wird. Wenn der gesamte schweizerische Immobilienpark heute nach dem Minergie-Standard saniert würde, könnte der Energieverbrauch im Gebäudesektor etwa halbiert werden. Einsparungen werden mit dem Minergie-Standard vor allem beim Heizen, also mit einer sehr gut isolierten Gebäudehülle, und mit kontrolliertem Lüften erzielt.

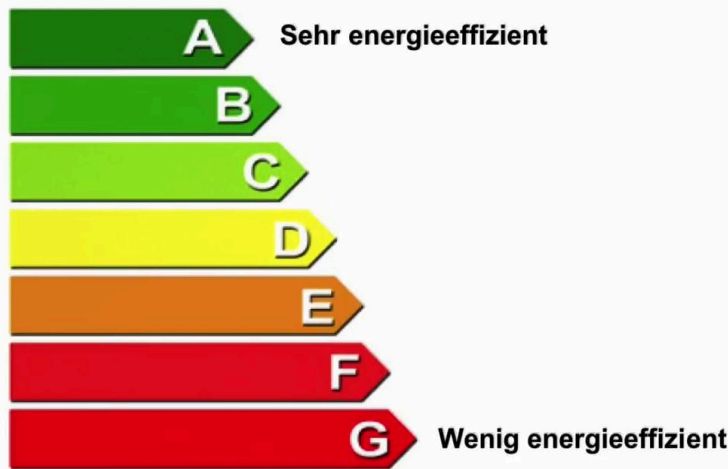
Notes

Summary



8m 39s

Gebäudeenergieausweis der Kantone



Der GEAK gilt schweizweit → Alle Gebäude mit dem GEAK können 1 zu 1 verglichen werden

Energiewende in der Schweiz

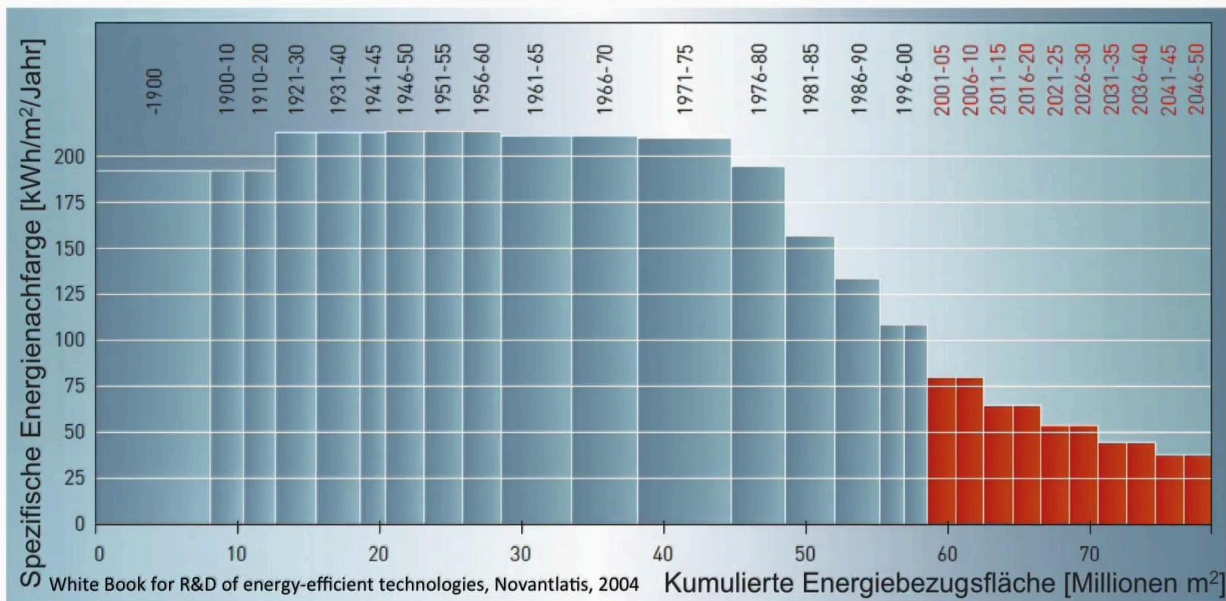
Ein praktischer Vergleich bezüglich Energiesparsamkeit von Gebäuden innerhalb der Schweiz kann mit dem sogenannten Gebäudeenergieausweis der Kantone, also dem GEAK, gezogen werden. Jedes Gebäude kann so durch seinen Verbrauch an Heizung, Warmwasser und Elektrizität in unterschiedliche Energieklassen eingeteilt werden. Ein Gebäude erhält somit ähnlich wie ein Kühlschrank oder ein Auto ein Energielabel, welches das Gebäude von "sehr energieeffizient" hin zu "wenig energieeffizient" klassifiziert.

Notes

Summary



Entwicklung der Energienachfrage im Gebäude



Die zukünftige Energienachfrage wird vor allem durch ältere Gebäude bestimmt

Energiewende in der Schweiz

Dieses Bild, das zusammen mit Kollegen aus der ETH Zürich in einem Weißbuch publiziert wurde, zeigt die Energiekennzahl des schweizerischen Gebäudeparks in Funktion von ihrem Baujahr und der kumulierten Energiebezugsfläche. Man kann klar sehen, dass die Energiekennzahl, also die pro Jahr und pro bewohnte Quadratmeter verbrauchte Energie, seit der ersten Ölkrise im Jahre 1973 durch strengere Vorschriften und Normen stetig abgenommen hat. Die blaue Fläche hier stellt indes ältere Gebäude dar, bei denen die Energiekennzahl noch immer sehr hoch ist. Einen Vergleich zwischen der blauen und der orangenen Fläche zeigt klar, dass in der Schweiz ältere Gebäude einen sehr großen Anteil am Energieverbrauch darstellen. Diese älteren Gebäude sollten sukzessive saniert werden, um sie näher an den heutigen Standard zu bringen. Für die Berechnungen der Szenarien in unserem Rechner werden jeweils Werte für moderne Bauten benutzt, das heißt etwa 40 Kilowattstunden pro Jahr und pro Quadratmeter.

Notes

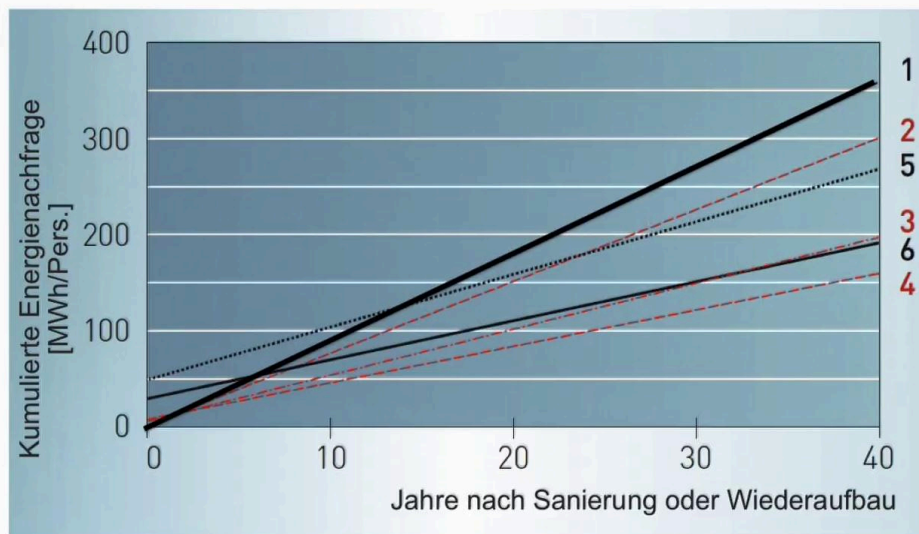
Summary



9m 46s

Renovieren oder neu bauen?

Beeinflussung der Dauer des Breakevens je nach Option



White Book for R&D of energy-efficient technologies, Novantlatis, 2004

Energiewende in der Schweiz

Es stellt sich natürlich die berechtigte Frage, ob ein Abbruch sanierungsbedürftiger Gebäude energetisch gesehen sinnvoller wäre als eine Renovation. Dieses Bild hier stellt den kumulierten Energieverbrauch von unterschiedlichen Optionen dar und zwar für ein Haus, das 1956 gebaut wurde. Die dicke schwarze Linie stellt den Zustand dar, ohne dass etwas am Haus geändert würde. Es wird ersichtlich, dass sich ein Neubau nach dem Standard im Jahr 2000, das ist die schwarze gepunktete Linie hier, die Linie 5, erst nach 15 Jahren zu lohnen anfangen würde, wenn man die graue Energie für den Neubau mit einberechnet. Eine fortgeschrittene Innovation, durch die Linie 4 dargestellt, würde sich rein energetisch gesehen bereits ab zwei Jahren rentieren.

Notes

Summary



11m 07s

Passive Solarenergie: Indianer in Mesa Verde



Energiewende in der Schweiz

Das Beispiel der Behausung von Anasazi Indianerstämmen im Mesa Verde im amerikanischen Bundesstaat Colorado zeigt, wie der saisonale unterschiedliche Sonnenstand architektonisch ideal ausgenutzt werden kann. Mit dem natürlichen Steindach wird im Sommer, wenn die Sonne hoch über dem Horizont steht, Schatten gespendet und so die Energiezufuhr durch die Sonne tief gehalten, was zu einer angenehmen Temperatur im Sommer führt. Im Winter, wenn die Sonne tief am Horizont steht, spendet das natürliche Dach keinen Schatten. Die Energiezufuhr über die Sonne wird nun benutzt, um die Temperatur auch im Winter angenehm zu halten. Man spricht bei solchen Mechanismen von passiver Nutzung von Solarenergie.

Notes

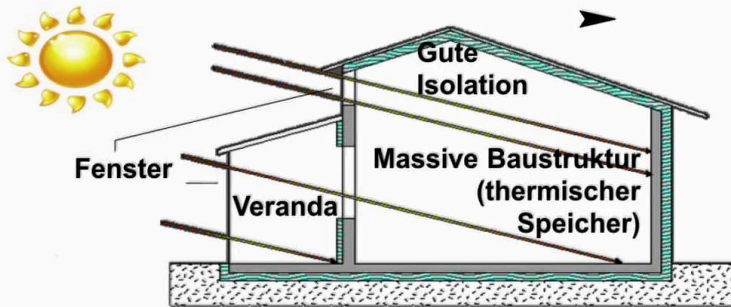
Summary



12m 12s

Anwendung von passiver Solarenergie

Winter



Energiewende in der Schweiz

Hier nun ein Beispiel, wie Solarenergie in Gebäuden passiv benutzt werden kann. Fenster im Süden fangen im Winter die flache Sonne ein und dickes Mauerwerk im Norden erlaubt es, die zugeführte Energie zu speichern.

Notes

Summary



Anwendung von passiver Solarenergie

Winter



Fenster

Veranda

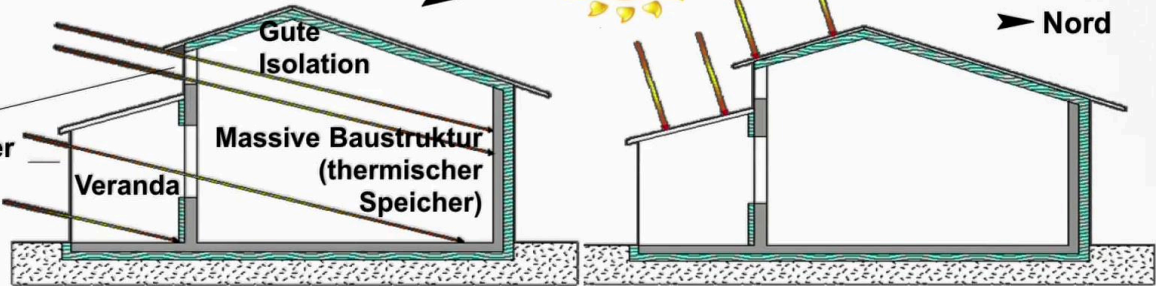
Gute
Isolation

Massive Baustruktur
(thermischer Speicher)



Sommer

► Nord



Energiewende in der Schweiz

Im Sommer, wenn die Sonne hoch steht und es ohnehin warm ist, verhindern gut ausgelegte Vordächer das Eindringen der Sonne und so ein Überhitzen im Inneren.

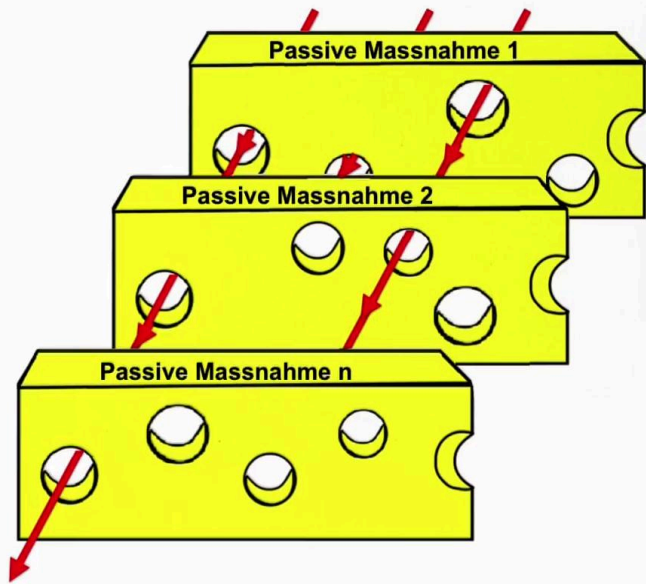
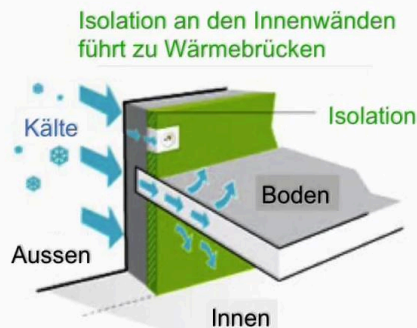
Notes

Summary



13m 19s

Passive Massnahmen: Achtung Emmentaler!



<http://www.peintisol.net/entreprise-isolation-exterieure/pourquoi-isoler-par-l-exterieur/>

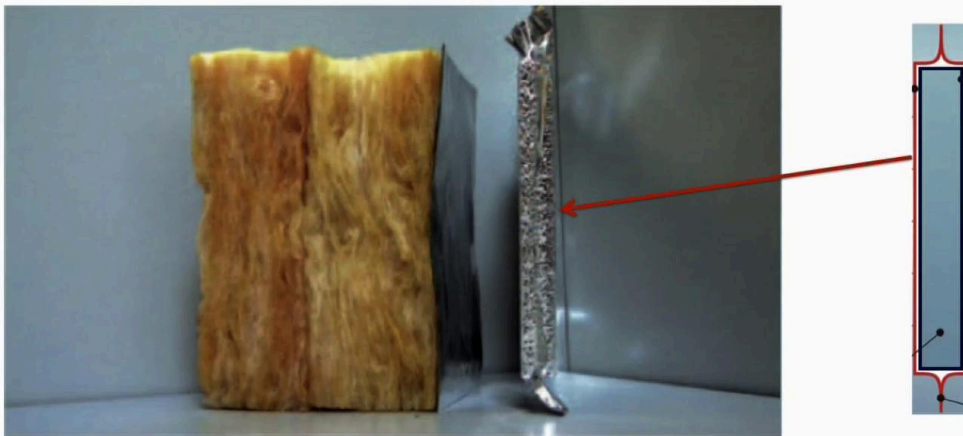
Energiewende in der Schweiz

Solche passiven Maßnahmen führen aber nur zu einem optimalen Resultat, wenn möglichst alle Löcher im Fass, zum Beispiel sogenannte Wärmebrücken, gestopft werden. Man kann zum Beispiel zeigen, dass Isolation an den Innenwänden zu sogenannten Wärmenbrücken mit der Außenwand führen.

Notes

Summary





Energiewende in der Schweiz

Die Forschung auf dem Gebiet der Gebäudeisolation sucht heute nach Möglichkeiten, um die thermischen Isolationspanels dünner gestalten zu können und gleichzeitig deren thermischen Widerstand zu erhöhen. Dünnere Isolationsschichten geben natürlich dem Architekten mehr Gestaltungsfreiheiten. Links sehen Sie eine typische Glaswollenisolation und rechts eine äquivalente neue Isolation, die aus unter Vakuum bestehenden Mikroporen besteht.

Notes

Summary



13m 52s



- Die Verluste in Gebäuden wurden in den letzten Jahrzehnten stark reduziert
- Eine Beschleunigung der Renovation vom Gebäudepark ist essentiell
- Passive Massnahmen bieten ein grosses Potential
- Eine günstige Orientierung und eine Architektur, die passive Solarenergie begünstigt, fördern Komfort und Energieeinsparungen
- Die Jagd auf Wärmebrücken ist ausschlaggebend

Energiewende in der Schweiz

Zusammenfassend haben wir nun gesehen, dass die Energiekennzahl, also die über ein Jahr und pro Quadratmeter bewohnte Fläche benötigte Energie, in den letzten Jahrzehnten stark reduziert wurde, was sehr vielversprechend ist. Eine Beschleunigung der Sanierung bestehender Altbauten in der Schweiz ist allerdings notwendig, um die ehrgeizigen Ziele der Energiewende einhalten zu können. Passive Massnahmen, also eine schlaue Ausrichtung und architektonische Auslegung der Gebäude, bieten ein grosses Potenzial für die Energieeinsparungen im Gebäudesektor. Dabei ist es wichtig, nicht nur diese passiven Massnahmen umzusetzen, sondern auch die Löcher im Fass, also Wärmebrücken in Neubauten, zu verhindern und in Altbauten auszumerzen.

Notes

Summary

