

Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer! In der letzten Lektion haben wir sogenannte passive Maßnahmen an Gebäuden eingeführt, die zu einer markanten Reduktion des Endenergieverbrauches beitragen können. Passive Maßnahmen erlauben es Energie zu sparen, ohne auf die Endenergieverbraucher selbst einzuwirken. In dieser Lektion nehmen wir die technischen Systeme unter die Lupe, die den Energieverbrauch durch den Einsatz von effizienteren Technologien reduzieren können. Wir konzentrieren uns primär auf das Heizen und auf die Warwasseraufbereitung, welche die beiden größten Energieverbraucher in Gebäuden sind. Wir schauen uns ebenfalls die Beleuchtung an, die immerhin mehr als 12% des Elektrizitätsverbrauches in der Schweiz ausmacht. Solar-, thermische und photovoltaische Anlagen sowie die Energie aus Biomasse werden wir in späteren Lektionen genauer ansehen.

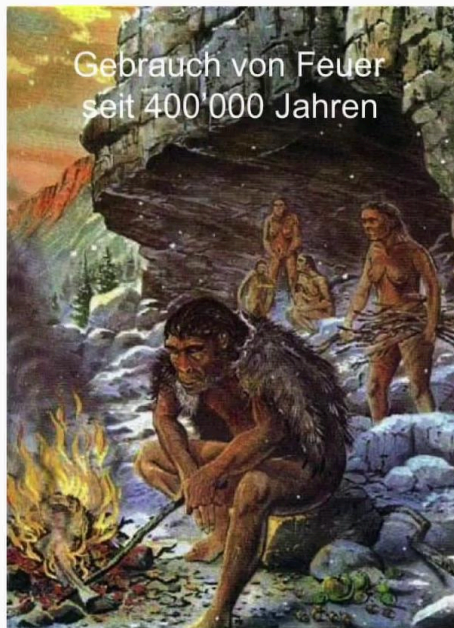
Notes

Summary



0m 04s

Heizen durch die Verbrennung von Treibstoffen



Gebrauch von Feuer
seit 400'000 Jahren

Energiewende in der Schweiz

Unsere Urahnen, die noch in Höhlen wohnten, haben das Feuer vor etwa 400.000 Jahren entdeckt. Sie haben nach und nach gelernt es zu benutzen, um sich vor wilden Tieren zu schützen, um Mahlzeiten zu kochen und natürlich um sich an kalten Tagen zu wärmen. Heute legen wir eine isolierte Kiste um dieses Feuer und benennen es eine Heizung.

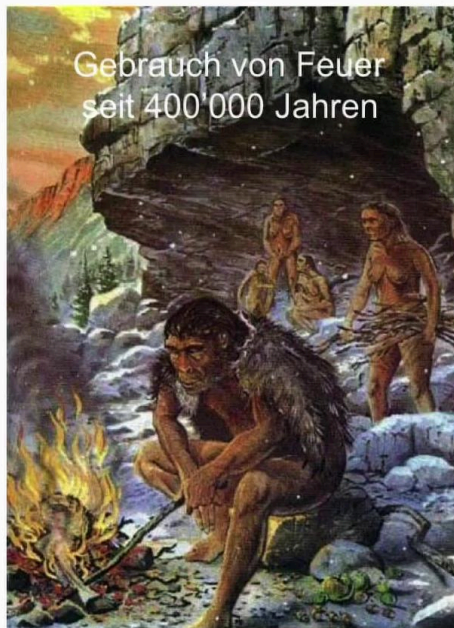
Notes

Summary

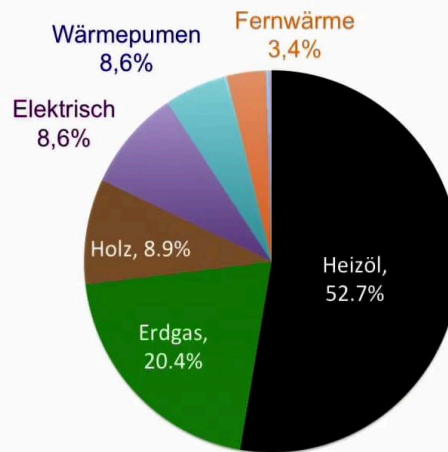


0m 59s

Heizen durch die Verbrennung von Treibstoffen



2013



Energiewende in der Schweiz

Wie Sie rechts im Kuchendiagramm hier sehen können, werden diese Heizungen primär durch Erdgas und Heizöl gespeist. Beides wertvolle fossile Energiequellen, die, wie wir gesehen haben, über Jahrtausende entstanden sind. Bei der Verbrennung von wertvollen, nicht erneuerbaren Energiequellen für das Heizen handelt es sich um eine der größten Energieverschwendungen, die uns bis heute zu Beginn des 21. Jahrhunderts begleitet.

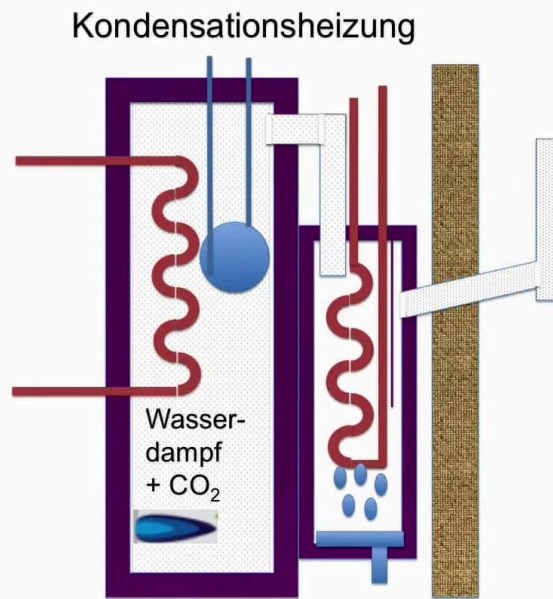
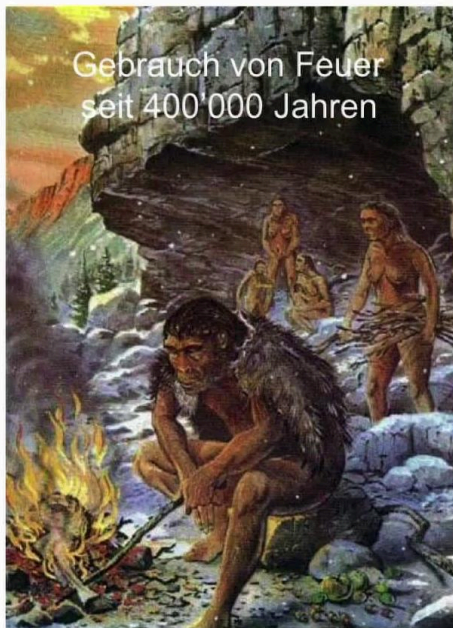
Notes

Summary



1m 24s

Ein kleiner Fortschritt: Kondensationsheizungen



Energiewende in der Schweiz

In den klassischen Brennkesselheizungen wird der Brennstoff bei sehr hohen Temperaturen verbrannt. Die bei der Verbrennung abgegebene Wärme erlaubt es Wasser im Heizkreislauf auf relativ hohe Temperaturen zu erwärmen. Hohe Heizwassertemperaturen erlauben es kleinflächige Radiatoren einzusetzen. Je heißer also das Heizwasser, desto kleiner die Radiatoren. Um zu verhindern, dass man sich an ihnen verbrennt, müssen natürlich Radiatoren eine Mindestfläche haben. Die immer noch sehr heißen Rauchgase aus der Verbrennung steigen aus dem Kamin und tragen so viel Energie ungenutzt mit nach außen. Hohe Rauchgastemperaturen waren ursprünglich vor allem auch wegen der hohen Schwefelanteile im Heizöl notwendig. Mit der Entwicklung von saubereren Heizölen mit tieferen Schwefelanteilen oder Erdgas konnte man die Rauchgastemperaturen reduzieren und so auch den Wasserdampf der bei der Verbrennung entsteht kondensieren und dadurch die wertvolle Kondensations-energie ebenfalls für das Heizen verwerten. Moderne Kondensationsheizungen machen sich dies zunutze und sind daher auch wesentlich effizienter. Dabei müssen aber sowohl in der Brennkammer als auch im Kamin korrosionsbeständige Materialien eingesetzt werden, wodurch natürlich höhere Investitionskosten entstehen.

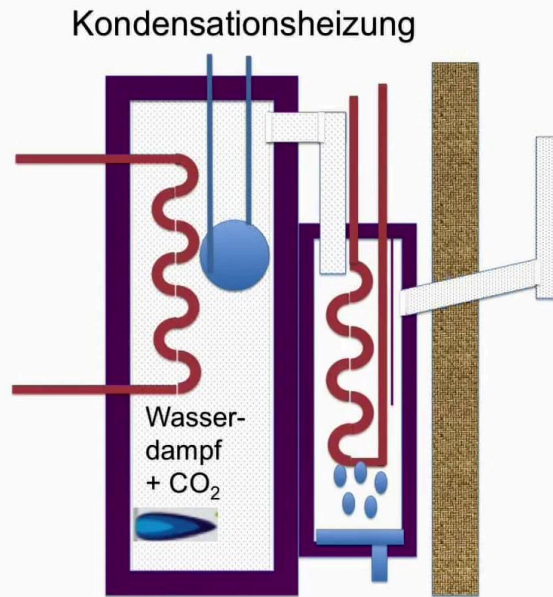
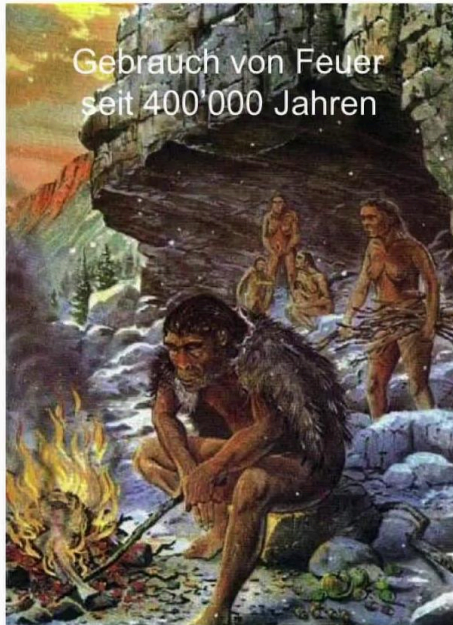
Notes

Summary



1m 52s

Ein kleiner Fortschritt: Kondensationsheizungen



Energiewende in der Schweiz

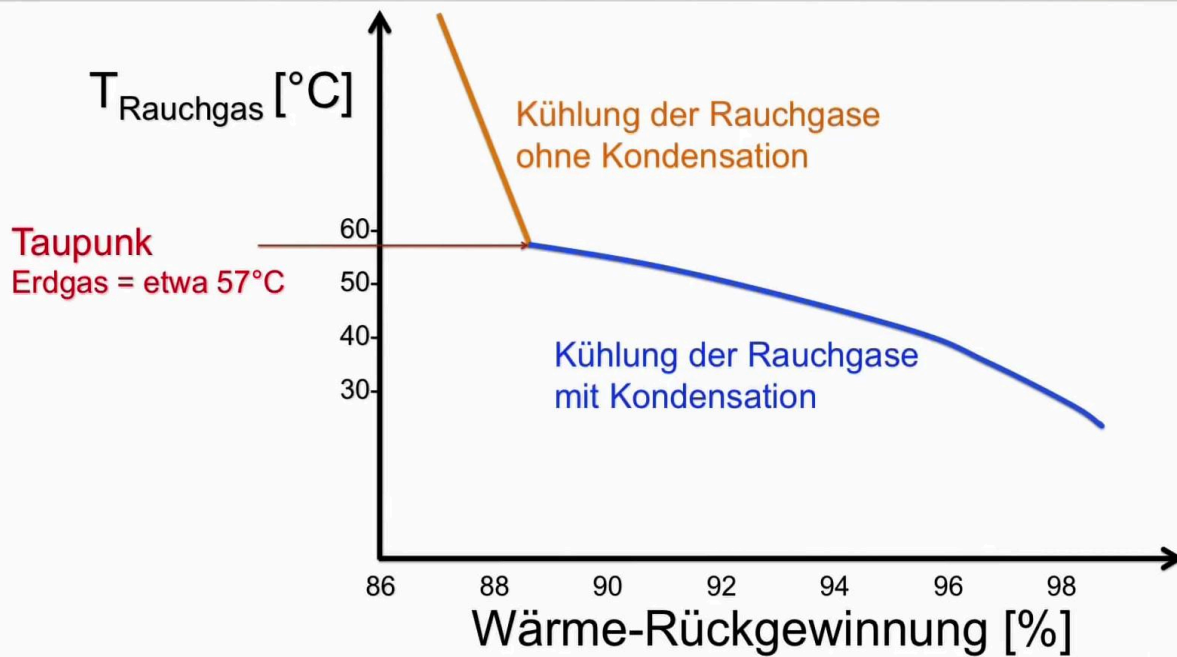
Kondensationsheizungen können aber ihr Potenzial nur ausschöpfen, wenn die Rücklauftemperatur des Wasserkreislaufes entsprechend tief ist, wie das zum Beispiel bei einer Bodenheizung der Fall ist.

Notes

Summary



Die Kondensationsheizung



Energiewende in der Schweiz

Dieses Bild zeigt die Temperaturen der Rauchgase, die aus einer Verbrennung von Erdgas stammen, als Funktion der Wärmerückgewinnung. Ohne Kondensation werden nur etwas über 88% der Energie des zugeführten Brennstoffes für das Heizen genutzt. Ab dem Taupunkt, der bei normalen Bedingungen bei einer Erdgasverbrennung bei etwa 75 Grad liegt, erlaubt es die Kondensation von Wasserdampf weitere Wärme für das Heizen auszuschöpfen. So wird hier ersichtlich, dass bei einer Kühlung der Rauchgase bis auf 40 Grad etwa 96% des Energieinhaltes des Brennstoffs fürs Heizen ausgeschöpft wird. Die restlichen 4% werden ungenutzt durch den Kamin abgegeben.

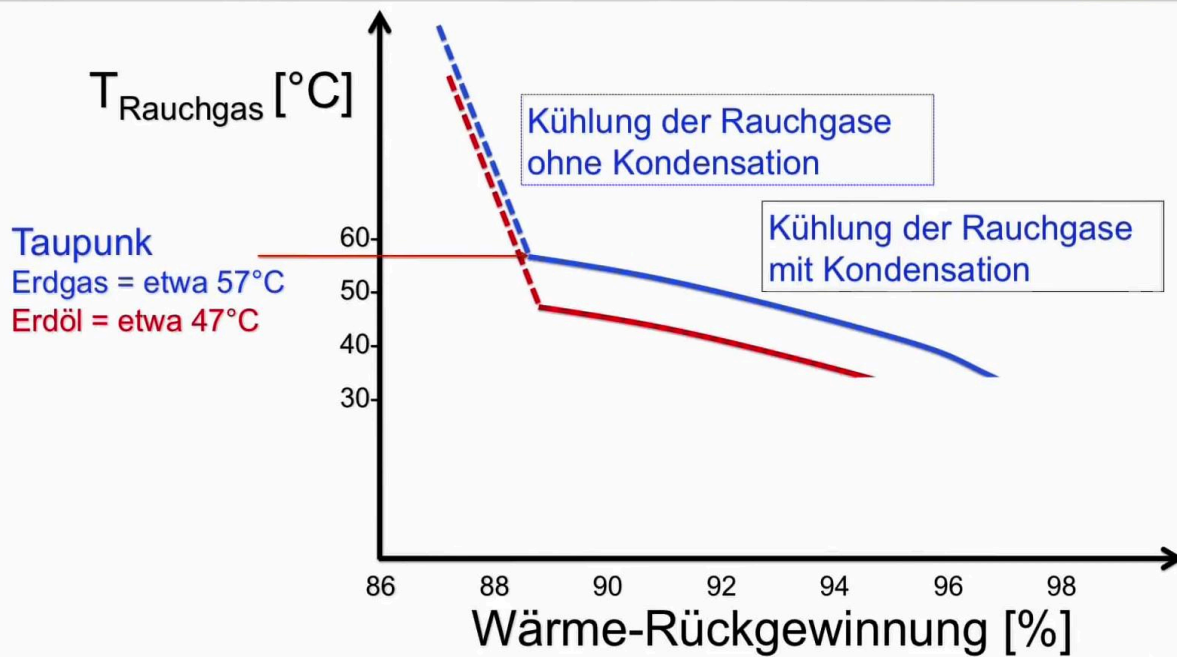
Notes

Summary



3m 31s

Die Kondensationsheizung: Erdgas oder Erdöl



Der Taupunkt von Wasserdampf bei einer Heizölverbrennung liegt etwas tiefer als bei der Verbrennung von Erdgas, nämlich bei 47°C . Es macht natürlich energetisch gesehen keinen Sinn in eine Kondensationsheizung zu investieren, wenn die Rücklauf-temperatur des Wasserkreislaufes hoch ist. Hohe Heizwasserrückläufe sind vor allem bei älteren Häusern mit kleinen Radiatoren noch sehr verbreitet. Kondensationsheizungen sind nur dann sinnvoll, wenn sie mit einem Heizsystem verbunden sind, das mit tiefen Wassertemperaturen auskommt wie zum Beispiel bei einer Bodenheizung.

Notes

Summary



4m 21s

Wärmepumpen (WP)

- Energie aus der Umgebung (gratis)

- Aus dem Boden
 - Vertikale Sonden mit 50 – 300m Tiefe
 - Horizontale Register in etwa 1m Tiefe
- Aus Oberflächenwasser
 - Fluss, See, Quellwasser
 - Kläranlagen
- Aus Umgebungsluft

- Endenergie (muss gekauft werden)

- Elektrizität (elektrische WP): $2.5 < \text{COP} < 5$
- Erdgas (gas WP): $1.4 < \text{COP} < 2$



Energiewende in der Schweiz

Ein energetisch schlauerer Ansatz für das Heizen besteht darin sich die Energie aus der Umgebung zunutze zu machen. Mit einer Wärmepumpe kann diese Energie aufgenommen werden und auf ein höheres Temperaturniveau gebracht werden, sodass diese zum Heizen benutzt werden kann. Eine Wärmepumpe funktioniert wie ein Kühlschrank, der den darin gelagerten Esswaren Energie entnimmt, um sie zu kühlen, und diese Energie schließlich als höhere Temperatur in die Küche abgibt. Der thermodynamische Kreislauf einer Wärmepumpe funktioniert genau gleich, nur dass die Energie der Umgebung entzogen wird und über den Heizkreislauf dem Gebäude innen zugefügt wird. Die Energie aus der Umgebung kann entweder dem Boden, der Luft oder Oberflächenwasser entnommen werden. Über den Boden geschieht dies entweder über vertikale 50 bis 300 Meter tiefe Erdsonden oder über horizontale Register, die etwa ein Meter tief im Garten vergraben werden. Bei Oberflächenwasser kann diese Energie aus Seen, Flüssen oder Quellwasser gewonnen werden. Auch Kläranlagen in der Nähe können sich dazu eignen. Um eine Wärmepumpe antreiben zu können, braucht es einen gewissen Anteil an Endenergie, die investiert also gekauft werden muss.

Notes

Summary



5m 01s

- Energie aus der Umgebung (gratis)

- Aus dem Boden
 - Vertikale Sonden mit 50 – 300m Tiefe
 - Horizontale Register in etwa 1m Tiefe
- Aus Oberflächenwasser
 - Fluss, See, Quellwasser
 - Kläranlagen
- Aus Umgebungsluft

- Endenergie (muss gekauft werden)

- Elektrizität (elektrische WP): $2.5 < \text{COP} < 5$
- Erdgas (gas WP): $1.4 < \text{COP} < 2$

Wärmepumpen (WP)



Energiewende in der Schweiz

Der Gütegrad einer Wärmepumpe wie mit dem COP, dem Coefficient of Performance, angegeben, der dem Verhältnis der Heizenergie zur investierten Endenergie entspricht. Bei einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe kommt der COP zwischen 2,5 und 5 zu liegen. Das heißt, dass man aus einer Energieeinheit eingekaufter Elektrizität zweieinhalb bis fünfmal mehr Wärmeenergie gewinnen kann. Bei erdgasbetriebenen Wärmepumpen liegt der COP zwischen 1,4 und 2.

Notes

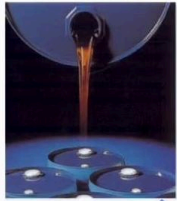
Summary



6m 21s

Thermisches Kraftwerk und Wärmepumpe

Erdöl oder Erdgas



1

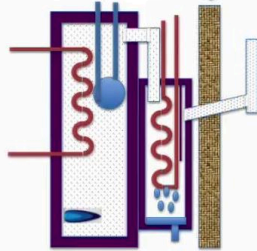


Kombikraftwerk (Elektrizitätsproduktion)



1

Heizung



=0.9

0.6



Elektrische
Wärmepumpe

= 0.6+1.4
= 2

1.4



Energiewende in der Schweiz

Auf diesem Bild vergleichen wir zwei verschiedene Kombinationen von Technologien um Gebäude zu heizen, wobei beide Systemketten mit der gleichen Endenergie Erdöl oder Erdgas betrieben werden. Im ersten System wird der Treibstoff eine Energieeinheit in einer Brennkesselheizung verbrannt und die daraus gewonnene Wärme direkt zum Heizen benutzt. Der Gesamtwirkungsgrad dieses relativ einfachen Systems liegt bei etwa 90%. Das heißt, dass 0,9 Energieeinheiten von Energieinhalt der Endenergie im Gebäude endet. Im zweiten System wird der Brennstoff benutzt, um ein zentrales großes thermisches Kombikraftwerk anzutreiben. Das moderne Kraftwerk wandelt die Energie in Brennstoff mit einem Wirkungsgrad von 60% in Elektrizität um. Aus einer Energieeinheit Brennstoff erhalten wir also 0,6 Energieeinheiten an Elektrizität. Mit diesen 0,6 Energieeinheiten an Elektrizität, die über das Netz verteilt werden, treiben wir nun eine elektrisch angetriebene Wärmepumpe an. Bei einem COP von 3,3 nimmt sie dabei etwa 1,4 Energieeinheiten aus der Umgebung auf und es stehen uns nun 2 Energie- einheiten an Wärme zu Verfügung, die wir zum Heizen benutzen können.

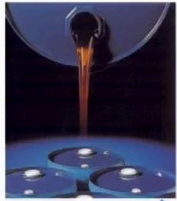
Notes

Summary



Thermisches Kraftwerk und Wärmepumpe

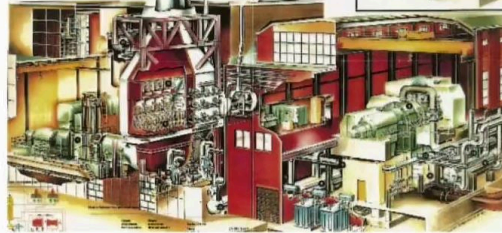
Erdöl oder Erdgas



1

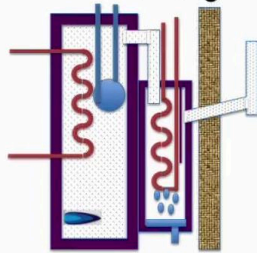


Kombikraftwerk (Elektrizitätsproduktion)



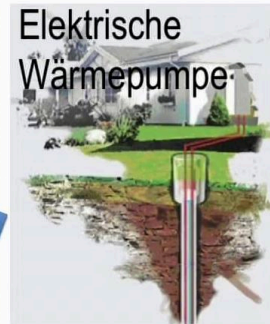
1

Heizung



=0.9

0.6



Elektrische
Wärmepumpe

= 0.6+1.4
= 2

1.4



Energiewende in der Schweiz

Mit dieser komplexeren Verkettung von heute anerkannten Technologien stehen uns also bei der gleichen Anfangsmenge an Energie gegenüber einer konventionellen Heizung mehr als doppelt so viel Energie- einheiten an Wärme zur Verfügung. Oder andersrum gesagt, erlaubt uns diese zweite Variante, die natürlich komplizierter ist gegenüber der Brennkesselheizung eine Einsparung von mehr als 50% an Endenergie und natürlich auch eine 50-prozentige Reduktion an CO₂-Ausstoß.

Notes

Summary

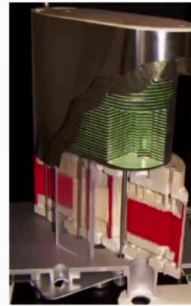


Brennstoffzelle und Wärmepumpe

Erdgas oder synthetisches Gas



1



Wärme-
kraftkoppelung mit
Brennstoffzelle

0.4



= 0.4 + 0.5 + 1.1

= 2

0.5

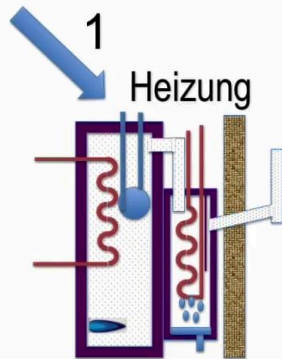


Elektrische
Wärmepumpe

1.1



Energiewende in der Schweiz



= 0.9

Eine weitere ebenfalls sehr effiziente Variante für die Zukunft wäre die Kombination einer Wärme-
kraftkoppelungs-
anlage, die also gleichzeitig Elektrizität und Wärme abgibt, mit einer Wärmepumpe. Eine vielversprechende Technologie für dezentralisierte Wärme-
kraftkoppelungs-
anlagen sind Hochtemperaturbrennstoffzellen, die heute schon auf dem Markt erhältlich sind und Wirkungsgrade von mehr als 50% erreichen. Mit einer Energieeinheit an Brennstoff könnte man mit einer Brennstoffzelle 0,5 Einheiten Elektrizität generieren, die für den Antrieb der Wärmepumpe benutzt würde. Etwa 0,4 Einheiten gibt die Brennstoffzelle als Wärme ab. Die Wärmepumpe nimmt etwa 1,1 Energieeinheiten als Umgebungs-
wärme auf, zusammen mit der Abwärme aus der Brennstoffzelle ergeben sich dann also zwei Energieeinheiten an Wärme aus einer ursprünglich investierten also gekauften Energieeinheit. Das Energiesparpotenzial, das durch aktive Maßnahmen erreicht werden kann, ist also gewaltig. Dazu muss gesagt werden, dass heute unter Hochdruck an Kraftwerkstechnologien Brennstoffzellen und Wärme-
pumpen geforscht wird. Diese Technologien werden also in Zukunft weiter verbessert, was ihr Einsparpotenzial gegenüber Brennkesseln weiter ausbauen wird. Über die Technologien von Brennstoffzellen in thermischen Kraftwerken werden wir in späteren Lektionen detaillierter berichten.

Notes

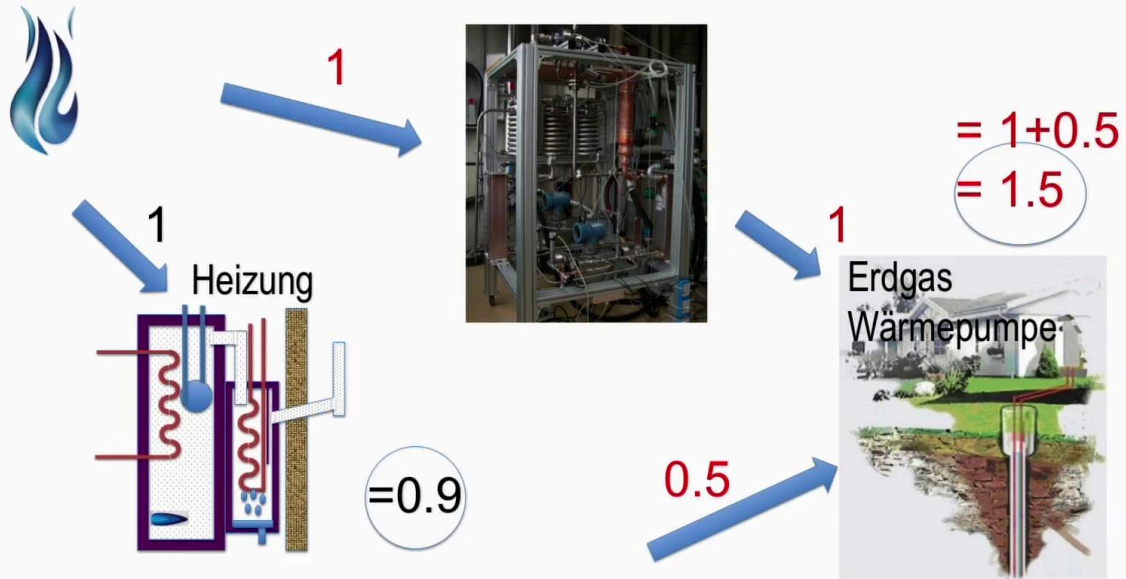
Summary



8m 59s

Erdgasbetriebene Wärmepumpen

Erdgas oder synthetisches Gas



Energiewende in der Schweiz

Eine weitere Technologie verbrennt einen Brennstoff, um direkt eine sogenannte gasbetriebene Wärmepumpe anzutreiben. Eine Energieeinheit an Brennstoff erlaubt es etwa 0,5 Einheiten an Umgebungswärme aufzunehmen und daher 1,5 Energieeinheiten an Wärme abzugeben. Gegenüber einem konventionellen Brennkessel kann also ein solches relativ einfaches System etwa einen Drittel Brennstoff und ebenso viel CO₂-Emissionen einsparen.

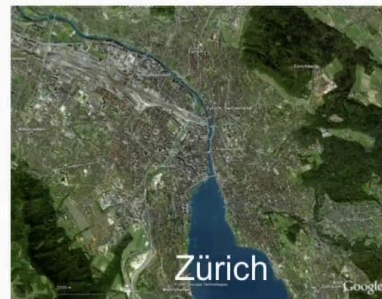
Notes

Summary



10m 33s

Wärmepumpen und Fernwärme



Energiewende in der Schweiz

Aus den letzten Informationen kann der Schluss gezogen werden, dass die Aufwertung von Umgebungswärme durch Wärmepumpen in den verschiedenen Szenarien eine zentrale Rolle spielen wird. In urbanen Regionen ist das Gewinnen von Umgebungswärme nicht so einfach zu bewerkstelligen wie in Einfamilienhäusern mit Umschwung, da in Städten und Agglomerationen der Platz für Sonden fehlt und die Geräusch- emissionen durch Ventilatoren in dicht- besiedelten Gebieten kritisch sein können. Abhilfe kann durch Fernwärme- netzwerke gewonnen werden. In der Schweiz liegen viele Städte sehr nahe an Seen, wie wir hier an den Beispielen Genf, Lausanne, Zürich und Neuenburg sehen können. Diese Seen eignen sich ausgezeichnet als Energiequellen für Wärmepumpen.

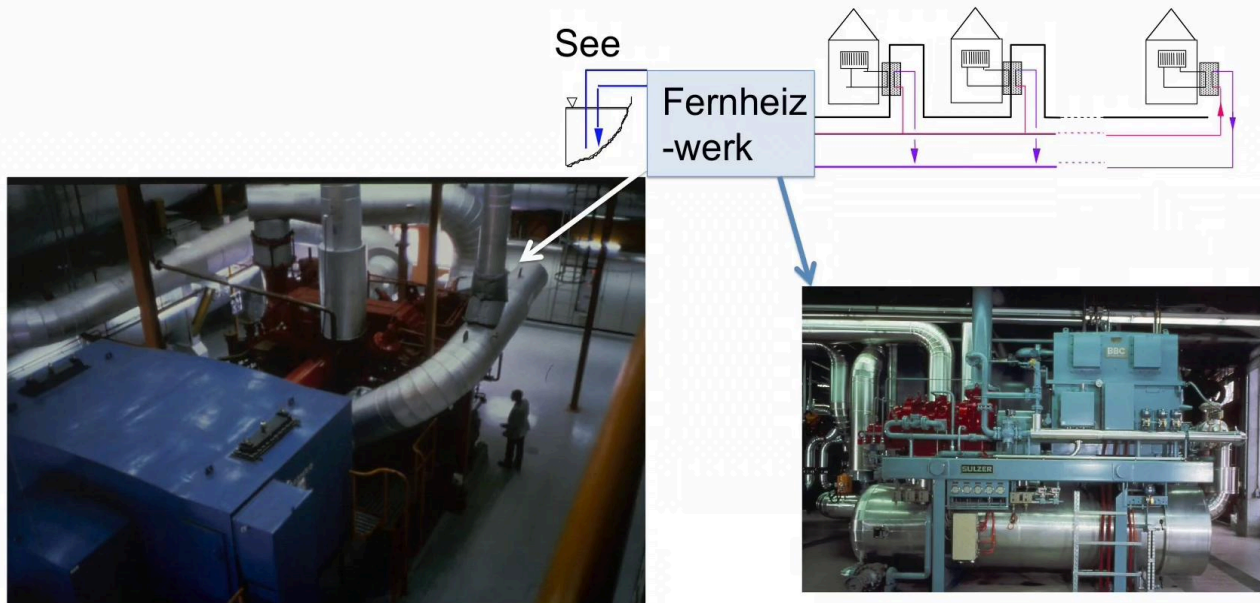
Notes

Summary



11m 07s

Wärmepumpen und Fernwärme

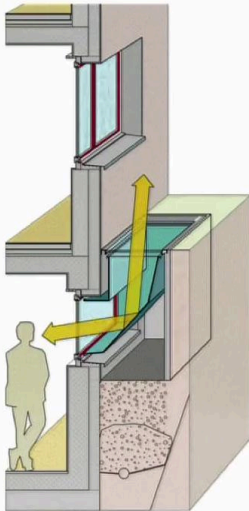


In einem solchen Fall gibt es unterschiedliche Lösungsansätze. Eine erste Lösung besteht darin eine große Wärmepumpe direkt am See zu bauen und das Fernwärmenetzwerk damit zu speisen. Typischerweise würde die Vorlauf- temperatur etwa 80 Grad und die Rücklauf-temperatur etwa 50 Grad betragen. In einer zweiten Lösung wird das Fernwärmenetzwerk direkt mit dem Seewasser gespeisen. Individuelle Wärmepumpen benutzen dann das Seewasser im Fernwärmenetz direkt als Quelle. Natürlich sind auch hybride Varianten möglich, in denen das Fernwärmenetz durch eine zentrale Wärmepumpe am See gespeisen wird und die Temperatur zwischen 30 und 40 Grad erreicht würde. Bodenheizungen könnten so direkt durch das Fernwärmenetz gespeisen werden. Bei kleinflächigen Radiatorheizungen in älteren Gebäuden, die höhere Temperaturen benötigen, muss eine Wärmepumpe dazwischen geschaltet werden. In beiden Fällen ergeben sich Energieeinsparungen in den gleichen Größenordnungen wie in den vorangehenden Beispielen.

Notes

Summary





<http://www.puitsolaire.ch>



Beispiel eines Lichtschachtes mit Reflektor

- Lichtschächte erlauben es, Tageslicht auch in dunkle Räume zu bringen, ohne zur Beleuchtung künstliches, elektrisches Licht benutzen zu müssen

Energiewende in der Schweiz

Wir haben nun das Heizen von Innenräumen etwas genauer unter die Lupe genommen und verschiedene Technologien untereinander verglichen. Neben dem Heizen ist auch die Beleuchtung ein großer Energieverbraucher. Auch wenn es oft durch bauliche Maßnahmen möglich wäre Tageslicht in dunkle Räume zu bringen wie hier mit einem gespiegelten Lichtschacht, brauchen wir nach wie vor künstliches Licht.

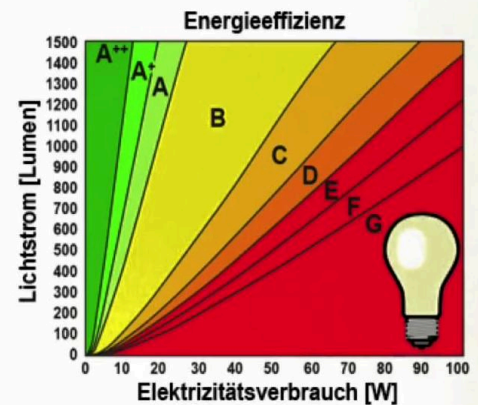
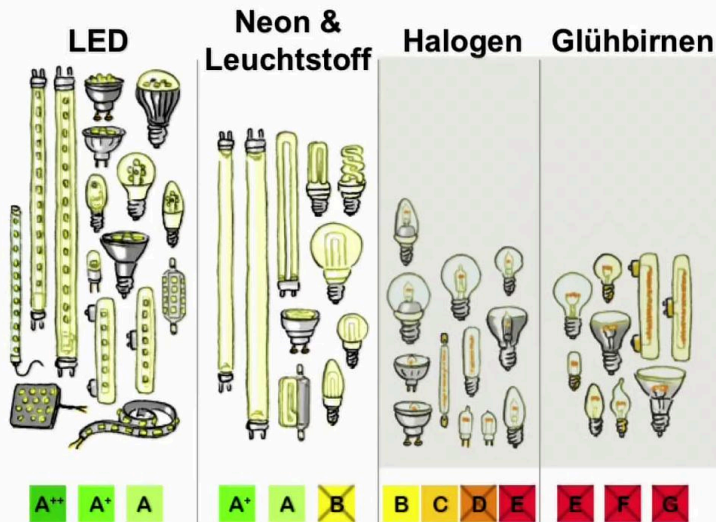
Notes

Summary



Moderne Beleuchtungssysteme

- Benutzen Sie effizientere Beleuchtungssysteme



Source: <http://www.energie-environnement.ch/eclairage-et-piles/ampoules-et-lampes#fluorescent>

Energiewende in der Schweiz

Die heutige Beleuchtung kann in vier Kategorien eingeteilt werden und zwar in Leuchtioden, Neon- oder Leuchtstoff- röhren, Halogenlampen und schließlich in klassische Glühbirnen, die heute nur noch sehr sporadisch erhältlich sind. Beträchtliche Fortschritte wurden in den letzten Jahren mit der LED-Technologie erreicht. So kann der Elektrizitätsverbrauch für einen mittleren Lichtstrom - hier in Lumen dargestellt - gegenüber klassischen Glühbirnen um bis zu 90% reduziert werden.

Notes

Summary



13m 30s

Moderne Beleuchtungssysteme

- Nur Flächen Beleuchten, die auch beleuchtet werden müssen!



http://www.osram.ch/osram_ch/fr/actualites-et-savoir-faire/page-daccueil-led/tendances-led/design-urbain-attractif/index.jsp

Energiewende in der Schweiz

LEDs können heute gerichtetes Licht generieren. Das bietet einige Vorteile, etwa auch in der Straßenbeleuchtung, denn so können nur die wirklich benötigten Flächen beleuchtet werden. Anliegende Gebäude und Anwohner werden so weniger vom Streulicht gestört und durch das gerichtete Licht entsteht auch wesentlich weniger Lichtverschmutzung. Sogenannter Lichtsmog kann auf Flora und Fauna störend wirken.

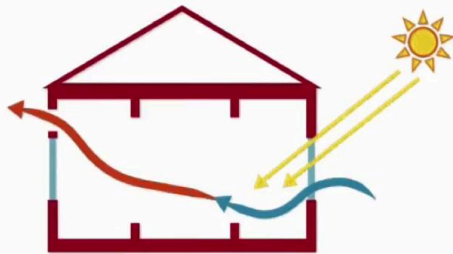
Notes

Summary

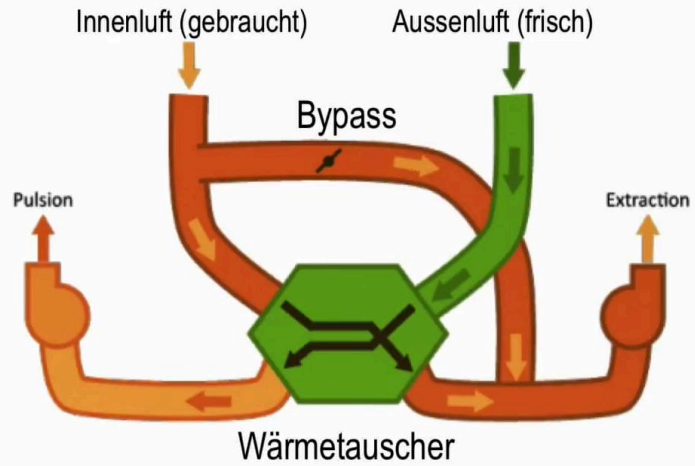


14m 03s

a) Natürlich



b) Fremdbelüftung (durch Ventilatoren)



Energiewende in der Schweiz

Ein potenzielles Problem von neuen, sehr gut isolierten Gebäuden ist, dass sie gleichzeitig auch sehr luftdicht sind. Dadurch kann die Luft im Inneren schnell mal gebraucht riechen und es können Probleme durch Feuchtigkeit auftreten. Belüftung kann auf natürliche Weise durch das Öffnen von Fenstern oder durch mit Ventilatoren angetriebene Fremdbelüftung geschehen. Diese zweite Variante, die auch in Energiehäusern zum Einsatz kommt, ist energetisch gesehen sinnvoller. Im Winter, wenn die Luft draußen kalt ist, kann die ausgeschiedene gebrauchte warme Luft ihre Wärme der kalten neu eintretenden Luft abgeben und so den Energieverbrauch für die Heizung weiter reduzieren. Diese Fremdbelüftung kann natürlich den individuellen Bedürfnissen angepasst werden.

Notes

Summary



Weitere Einsparungen

- Eine schlaue Ausnutzung von lokalen, erneuerbaren Energiequellen
 - Solar thermisch und solar PV
 - Lokale Abwärme
- Speicherlösungen für Elektrizität oder Wärme (Tag-Nacht oder gar saisonale Speicher für Wärme)
- Eine effizientere Regulierung (Smart Grid, usw.)
- Eine Verbesserung der Effizienz von elektrischen Geräten (Haushaltsgeräte, Computer, Fernseher, Stereoanlage, usw.)

Energiewende in der Schweiz

Weitere Einsparungen im Gebäudesektor können durch die schlaue Ausnutzung von Abwärme aus nahgelegenen Firmen oder Kehrriichtsverbrennungsanlagen erreicht werden. Eine andere Möglichkeit ist natürlich die Nutzung von lokal vorhandenen, erneuerbaren Energiequellen wie Holz oder Biogas. Natürlich können auch, wenn gut ausgerichtet, thermische Solarkollektoren die Heizung oder die Warmwasser- aufbereitung zusätzlich unterstützen. Weitere Maßnahmen können durch die Speicherung von Elektrizität oder durch Wärme umgesetzt werden. Interessant sind zum Beispiel auch saisonale Wärmespeicher, die im Sommer genügend Wärme speichern, um den ganzen Winter damit heizen zu können. Andere Maßnahmen betreffen sogenannte Smart Grids - eine effizientere Regulierung der elektrischen Netze, in denen der Energieverbrauch flexibel dem momentanen Angebot angepasst wird. Waschmaschinen werden zum Beispiel nur dann freigeschaltet, wenn genügend Solarstrom vorhanden ist. Naheliegend ist natürlich auch eine Verbesserung der Effizienz von elektrischen Haushaltsgeräten.

Notes

Summary



15m 19s



- Der Endenergieverbrauch von Gebäuden kann durch den Ersatz von Öl- oder Gasheizungen reduziert werden
 - Elektrisch oder mit Erdgas betriebene Wärmepumpen
 - Wärmekraftkoppelung
 - Kombination aus Wärmekraftkoppelung und Wärmepumpe
- Weitere Verbesserungen können erreicht werden durch:
 - Belüftung mit Rekuperation
 - Moderne Beleuchtungssysteme
 - Effizientere Haushaltsapparate

Energiewende in der Schweiz

Zusammenfassend haben wir nun gesehen, dass der Endenergieverbrauch von Gebäuden und die damit assoziierten Emissionen durch aktive Maßnahmen markant reduziert werden können. Aktive Maßnahmen betreffen endenergieverbrauchenden Systeme. In Gebäuden sind das primär Heizungen, Warmwasseraufbereitung und die Beleuchtung. Das Ersetzen von Brennkessel durch elektrisch- oder gasbetriebene Wärmepumpen können sich vom energetischen Standpunkt aus stark lohnen. Kombinationen von lokalen Wärmekraftkoppelungsanlagen und Wärmepumpen können den Treibstoffverbrauch gegenüber Brennkesseln um circa 50% reduzieren.

Notes

Summary



16m 28s