



Energie-Workshop für KEiM - Lehrkräfte

Referent: Rainer Knaupp, Kommunales Energiemanagement H/T-KEM



Inhaltsverzeichnis



Einleitung allgemein, Verbrauchskontrolle

A. Sanitärtechnik

1. Einführung: Wasserverbrauch, Wasserkosten
2. Wasserspartipps
3. Regenwassernutzung
4. Trockenurinale

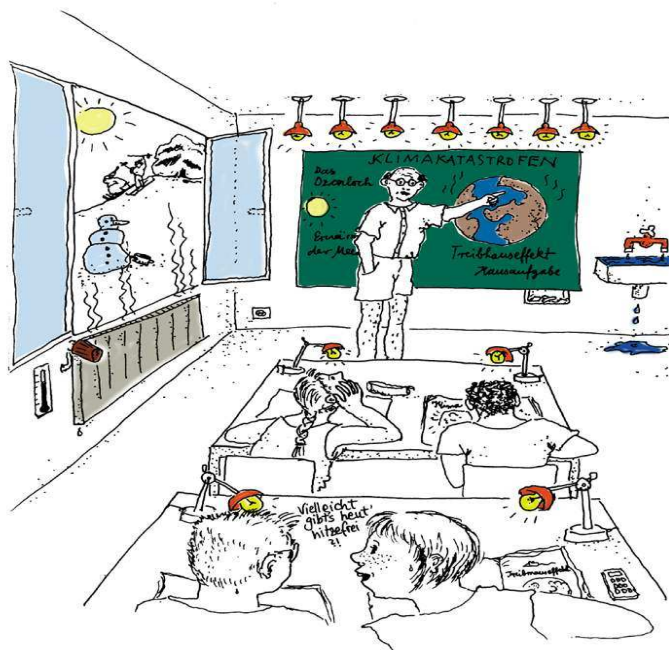
B. Heizungs-/Lüftungstechnik

1. Einführung: Thermische Behaglichkeit und Temperatur
2. Heizung: Energieverbrauch, Energiekosten
 - Wärmeerzeuger
 - Regelung: Zeitschaltung, Absenkbetrieb, Vorlauf-/Rücklauftemperatur, Heizkurve, Thermostatventile, Heizkörper
 - Hydraulischer Abgleich
 - Pumpen
 - Warmwasserbereitung
3. Lüftung: Richtiges Lüften
 - Zentrale Lüftungsanlage

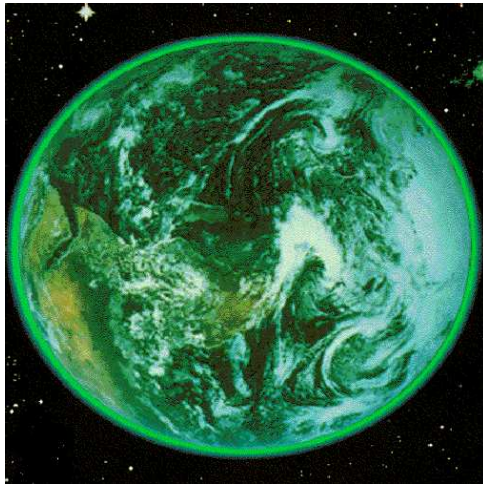
C. Elektrotechnik

1. Einführung: Stromverbrauch
2. Nennbeleuchtung, Lichtausbeute
3. Stromverbrauch typischer Bürogeräte bei verschiedenen Betriebszuständen
4. Elektrische Warmwasserbereitung





Mietsache Welt



... die Mietsache ist
schonend zu behandeln
und in gutem Zustand
zurückzugeben ...

Hintergrundinformation:

➔ Ein Abriss über ein halbes Jahrhundert Umweltdiskussion!

Nach dem Wirtschaftswunder war der Fortschrittsglaube weit verbreitet:

- Mondlandung 1969
- Ausrotten aller Infektionskrankheiten
- Nahrung für Alle
- Energie im Überfluss durch Atomkraft

Dieses Bild kippte in den Medien so etwa in den 70er Jahren:

Die Schaumberge auf Flüssen in den 60er Jahren führte zum Einsatz biologisch gut abbaubarer Reinigungsmittel. Das später stattfindende Umkippen von Seen führt zur Verminderung von Phosphaten als Wasserenthärter in Waschmitteln. Phosphate sind normalerweise Mangelstoffe für die Pflanzen.

Lindan wurde bis 1969 in großen Mengen als Holzschutzmittel gegen Insekten eingesetzt. In der Nahrungskette reichert es sich an und schädigt beim Menschen das Nervensystem und steht im Verdacht, Krebs auszulösen.

Teer (und Stadtgas) entsteht, wenn in einer Kokerei glühende (Stein-)Kohle mit Wasser übergossen wird. Der Einsatz im Straßenbau oder für Dichtmaterialien oder z.B. als Karbolineum endete 1970, als bekannt war, dass davon Entzündungen und Krebs ausgehen. Danach wurde das ungefährliche Bitumen aus natürlichen Quellen eingesetzt.

Bericht des Club of Rome: Unsere Vorräte an Energie und Erzen sind begrenzt (1972).

DDT wurde als Wundermittel gegen Insekten eingesetzt (Aussterben der Malaria im Mittelmeerraum). Seit den 50er Jahren begann das allmähliche Verschwinden der Greifvögel in den Industrieländern. Die biologischen Abbauprodukte von DDT sind giftiger und noch schwerer abbaubar als die Ursprungssubstanz. Verbot in Deutschland seit 1972.

Mietsache Welt - Fortsetzung

Verschlechterung der Luftqualität in Ballungsräumen ab Mitte des letzten Jahrhunderts. Durch die Staubmassen gab es die schönsten Sonnenuntergänge Deutschlands im Ruhrgebiet. Erstes Luftreinhaltegesetz (Bundesimmissionschutzgesetz) 1974.

PCP (Pentachlorphenol) wurde wegen seiner Giftigkeit für Pilze als Holzschutzmittel eingesetzt. Es ist vom Stoffwechsel quasi nicht abbaubar, sondern stört sein Funktionieren. Es reichert sich allgemein in der Umwelt und allen Lebewesen an. Verbot 1989.

Dioxin (genaugenommen ein Stoffgemisch verschiedener Dioxine und Furane) wurde nie als einzelner Stoff hergestellt sondern ist eine „normale“ Verunreinigung bei chemischen Prozessen unter Anwesenheit von Chlor. Das können Chemiefabriken sein, aber auch Müllverbrennungsanlagen. Außer durch ultraviolette Strahlung ist es nicht zerstörbar und reichert sich im Fettgewebe an. Es ist dermaßen giftig, dass eine Freisetzung von berechneten 2 kg pro Jahr in Deutschland in den 80er Jahren als Gefahr erkannt wurde.

Die Gefahr einer atomaren Verseuchung erreichte mit Tschernobyl im Jahre 1986 den Höhepunkt. Der Betrieb von Kernkraftwerken, Aufbereitung, Transport und Endlagerung von atomaren Stoffen sind noch immer in der Diskussion.

PCB (polychlorierte Biphenyle, eigentlich ein Stoffgemisch) wurde als „Wunderöl“ eingesetzt: Trafoöl, Hydrauliköl und Kondensatoröl, Dichtmassen. Biologisch schwer abbaubar und reichert sich in der Nahrungskette an. Verbot 1989. Immer noch aktuell bei Leuchtstoffröhren mit alten Kleinkondensatoren und bei Bauten mit Dichtfugen bis in die 70er Jahre.

Asbest: Gesundheitsgefahren seit ca. 1900 bekannt, Verbot in Deutschland im Jahr 1993.

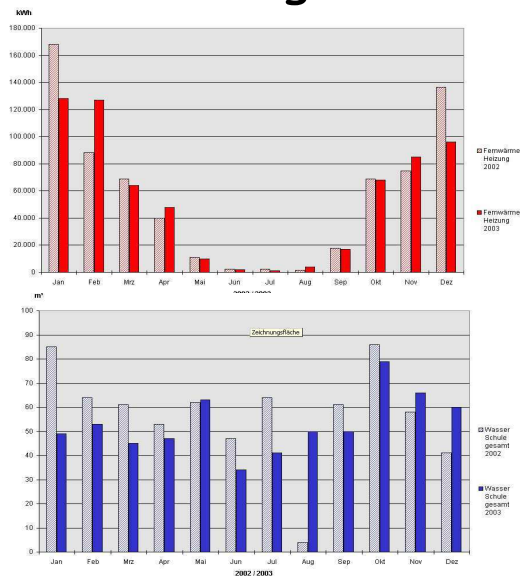
Weichmacher in PVC: PVC als reiner Stoff ist spröde wie Glas und besteht deshalb als fertiges Produkt bis zu einem Drittel aus Weichmachern. Diese dampfen im Laufe der Zeit ab oder werden beim Verschlucken aufgenommen. Nachgewiesen ist die fruchtschädigende Wirkung. Ende der 90er wurde eine bestimmte Stoffgruppe (Phtalate) für Kinderspielzeug verboten.

Die aktuelle Diskussion über Umweltschadstoffe betrifft Feinstäube. Hier zum einen das Rauchverbot in öffentlichen Gebäuden und zum anderen die Rußpartikel von Dieselfahrzeugen. Weniger die aktuelle Zunahme von Holzheizungen.

KEM - Energiecontrolling



Erfassung der Zählerstände		2004			
Liegeplatz-Nr.		Strassen-Nr.	07645		
Gebäudebezeichnung	Dürer Gymnasium	Gebäude-Nr.	120		
Strasse	Sietelstraße	Haus-Nr.	17		
Ausperson	Frau Fuchs Projektleiterin	Gebäude-Nr.			
Energiebezug (EBF)	7,46 m²	Haus-Nr.	409		
Baujahr	1999	Energie-Nr.			
Rückfragen an HfT-KEM	H. Müller Tel. 231 6471	Tafel-Nr.	312762		
Fax 231 5620	H. Hartmann Tel. 231 4720	Tafel-Nr.			
		Drehzahl	2104/2004		
Energieart	Fernwärme	Gas	Strom HT	Strom NT	Wasser
Benennung	Heizung	Schule Physik	Schule gesamt	Schule gesamt	Schule gesamt
Zähler-Nr.	8502424	609384	600312	600312	101024391
Einheit	MWh	m³	kWh	kWh	m³
Ablesedatum	ZÄHLERSTAND				
31.12.2003					
16.01.2004					
30.01.2004					
13.02.2004					
01.03.2004					
15.03.2004					
02.04.2004					
Bitte Kopie an HfT-KEM senden, oder per Fax 231 5620					
19.04.2004					
30.04.2004					
14.05.2004					
28.05.2004					
14.06.2004					
30.06.2004					
Bitte Kopie an HfT-KEM senden, oder per Fax 231 5620					



Hintergrundinformation

In den Gebäuden mit eigenem Hausdienst werden regelmäßig (mindestens monatlich) die Zählerstände aufgeschrieben, zur Abt. Energiemanagement geschickt und dort elektronisch ausgewertet. Die Darstellung der letzten fünf Jahre als Säulendiagramm lässt auch dem ungeübten Auge sofort erkennen, ob und wo eine Auffälligkeit vorliegt.

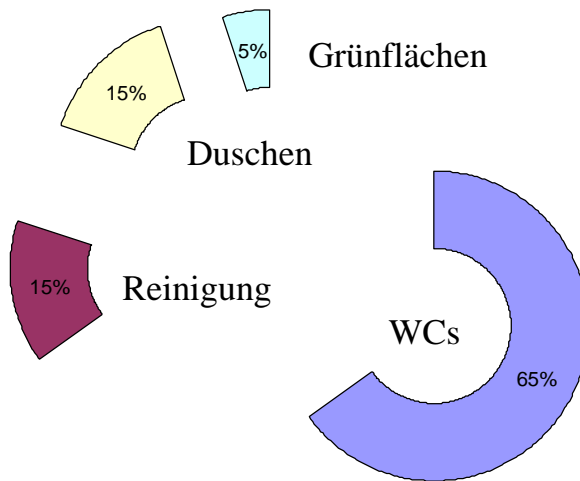
Mit den Zahlen ist noch mehr zu machen: Der Mittelwert über sämtliche Heizverbräuche ergibt den Witterungsverlauf, der wiederum mit einem einzelnen Verbrauch verglichen werden kann. Der Wasserverbrauch kann in den typischen Gießwasserverbrauch und in den reinen Toilettenwasser- oder Hausverbrauch unterteilt werden.



A. Sanitärtechnik



Wasserverbrauch einer Schule



Hintergrundinformation

Innerhalb der Schulen finden ca. 65 % des Wasserverbrauchs in den WC-Anlagen statt. Für Duschen (bei Schulen mit Turnhallen) und Reinigung werden jeweils ca. 15 % verwendet. Für die Bewässerung der Außenanlagen werden nur ca. 5 % benötigt. (Mittelwerte)

Wie viel Wasser durch die Toilettenspülung verbraucht wird, hängt sowohl von der Nutzerfrequenz als auch von der technischen Ausstattung ab.

Grünflächenbewässerung:

Die Beregnung von Rasen- und Hartplätzen bei Schulen mit Sportanlagen erfordert z.T. einen erheblichen Wasserbedarf. Es sollte natürlich nur so viel Wasser verbraucht werden, wie der Rasen tatsächlich benötigt.

Anhaltswerte:

bei DIN-Sportplätzen ca. 10-15 l/m² Wassermenge pro Beregnung

Beregnungszeitraum Frühjahr-Herbst, je nach Bedarf bzw. klimatischen Verhältnissen (8-10x pro Jahr)

Wasserkosten



Soviel kostet 1 m³ Wasser

1 m ³	→	Wasserverbrauch 1,80 €	Kanalgebühren 2,00 €
------------------	---	---------------------------	-------------------------

Besonderheiten bei vorhanden Grünanlagen:

pauschale Ermäßigung pro m² Außenfläche
oder
keine Gebühren wenn Zwischenzähler vorhanden.

Niederschlagswassergebühr: 0,51 €/m² extra



Hintergrundinformation

Wasser ist nicht kostenlos. Die Wasserkosten setzen sich zusammen aus den Verbrauchskosten (Frischwasser) und den Kanalgebühren. Die Kanalgebühren werden erst mal pauschal pro verbrauchten m³ Wasser verlangt. Wenn nachweislich das Abwasser nicht in die Kanalisation geleitet wird (z.B. bei Grünanlagen-bewässerung), werden keine Kanalgebühren fällig. Ist ein entsprechender Zwischenzähler vorhanden, werden für die entnommenen Wassermengen keine Kanalgebühren erhoben. Wenn kein Zwischenzähler vorhanden ist, wird in der Regel pauschal abhängig von der Größe der Grünfläche die Kanalgebühren ermäßigt.

Bei vorhandenen Grünanlagen sollte überprüft werden, ob entsprechende Abschläge auf die Kanalgebühren gewährt werden bzw. Zwischenzähler für Gartenwasser setzen.

In Nürnberg kostet der m³ Trinkwasser ca. 1,80 €. Die Kanalgebühren betragen ca. 2,00 €/m³; in Nürnberg wird zusätzlich eine Niederschlagswassergebühr von derzeit 0,51 €/m² erhoben (Stand Oktober 2007). Zusätzlich kommen noch die Gebühren für den Zähler in Höhe von 50 € bis 150 € pro Jahr (abhängig von der Zählergröße) dazu.

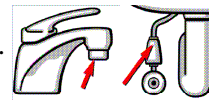
Ansprechpartner für den Bauunterhalt:

Hochbauamt bzw. Hausdienste (bei kleineren Reparaturen)

Jeder Tropfen zählt!



1. Regelmäßiger Gebäudecheck bezüglich tropfender Wasserhähne und Duschen sowie undichter Spülkästen → Dichtungen erneuern.
2. Durchflussbegrenzer an Wasserhähnen u. Duschen anbringen.
Oder: Eckventile kleiner drehen.
3. Spülkästen mit Spartaste nachrüsten oder Spülwassermenge innen verstellen.
4. Regelmäßig Wasserzähler kontrollieren. Bei Veränderungen, obwohl kein Verbrauch stattfindet: Verdacht auf Wasserrohrbruch!
5. Unnötige Zapfstellen stilllegen (Biofilm, Legionellen).
6. Laufzeit von Selbstschlussventilen prüfen.
7. Betriebszeiten der zentralen Urinalspülung anpassen (Pausen, Stundenwechsel, nicht abends; am Wochenende nur 1x täglich Hygienespülung).



Hintergrundinformation

Jeder Tropfen zählt! Kommt bei einem tropfenden Wasserhahn pro Sekunde ein Tropfen, bedeutet dies einen Wasserverlust von etwa 500 Liter pro Monat. Bei undichten Spülkästen können sehr leicht 100 Liter Trinkwasser pro Tag auslaufen.

Bei alten Spülkästen ohne Spartaste oder bei Druckspülern ist der Wasserverbrauch pro Spülung oft unnötig hoch. Abhilfe schafft hier die Nachrüstung mit neuen Spülkästen mit 6 l - Spartaste. Beim Hineinlegen eines Steines in den Spülkasten entfällt die Zulassung!

Durchflussbegrenzer sind kleine, ringförmige Metalleinsätze, die den Wasserdurchfluss drosseln. Sie werden am Auslass des Wasserhahns (Spar-Perlatoren) bzw. vor dem Duschkopf angeschraubt. In dem Metallring liegt ein dehnbarer Schlauch, der bei der Wasserentnahme aufgrund des Drucks zusammengepresst wird, sich ausbreitet und somit den Querschnitt verringert, durch den das Wasser passiert. Je höher der Druck liegt, umso kleiner wird der Durchlass für das Wasser. So verhindert der Durchflussbegrenzer eine unbeabsichtigt hohe Wasserentnahme bei höherem Druck.

Durchflussbegrenzung: Duschen 7-9 l/min., Waschtische 5-6 l/min.

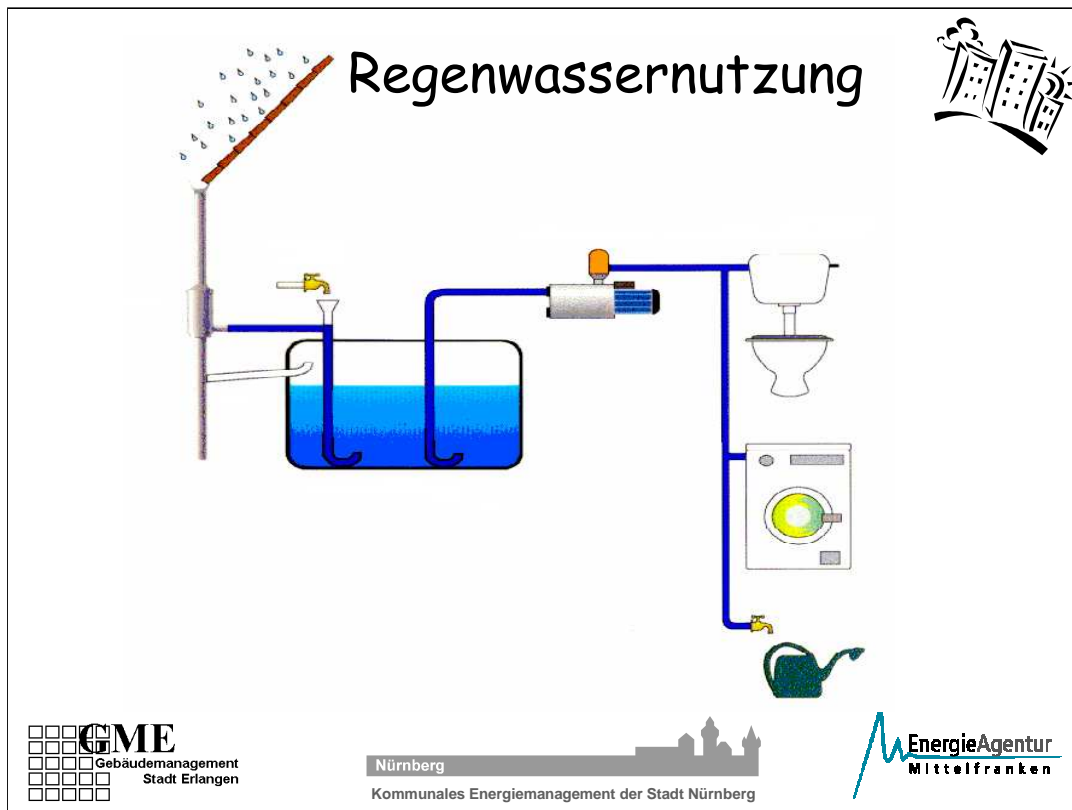
Laufzeiten Selbstschlussventile: Duschen 20-25 sek., Waschtische 5-10 sek.

Unentdeckter Wasserrohrbruch:

Zwischen 30.000 und 900.000 Liter Trinkwasser können jeden Monat im Boden versickern, wenn ein Wasserrohr undicht ist (abhängig vom Leitungsquerschnitt)!

Schäden an den im Erdreich verlegten Wasserrohren kann man meistens nur durch einen Blick auf den Wasserzähler entdecken (Kontrolle vor und nach Wochenende). Wenn die Wasseruhr läuft, obwohl in der Schule sämtliche Wasserentnahmestellen geschlossen sind, sollte man unverzüglich einen Sanitärfirma rufen. Wegen der möglicherweise sehr hohen Verluste ist eine wöchentliche Kontrolle ratsam.

Grundsätzlich sind beim Neukauf von Waschmaschinen und Geschirrspülern die Modelle der Energieeffizienzklassen A oder B empfehlenswert (EU-Label). Diese besitzen eine Spartaste. Einschalten nur bei wirklicher Vollerfüllung!



Hintergrundinformation

Der Einsatz von Regenwasser ist überall dort möglich, wo keine Trinkwasserqualität erforderlich ist. Anwendungsbereiche sind z. B. die Toilettenspülung, das Wäschewaschen und die Gartenbewässerung.

Das Regenwasser wird von den Dachflächen aufgefangen und über Fallrohre in den Speichertank geleitet. Der Speichertank kann entweder aus Beton oder aus Kunststoff (PE), im Garten oder im Gebäude untergebracht sein.

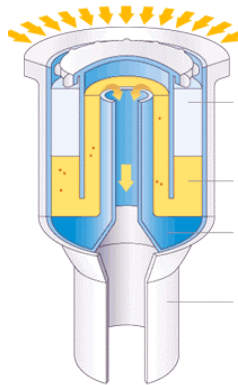
Wichtiger Bestandteil der Anlage ist der Filter, der das Dachablaufwasser vor dem Eintritt in den Speicher filtert. Der Feinfilter sollte grobe und kleine Partikel zuverlässig entfernen. Gleichzeitig sollte er jedoch auch wartungsarm sein - das Filtersystem darf sich nicht zusetzen, verkeimen oder veralgeln. An vielen Filtern sammelt sich Schmutz an, dieser löst sich mit der Zeit auf und gelangt in den Speicher. Deshalb sind solche Filtersysteme ideal, die sich selbst reinigen wie beispielsweise Rohrfilter. Bei diesem Filtersystem wird der grobe Schmutz getrennt und direkt in den Kanal abgeleitet.

Weiterhin benötigt der Speicher eine Belüftung und einen Überlauf. Der Überlauf leitet überschüssiges Regenwasser in den Abwasserkanal oder, was besser ist, in eine Sickergrube. Bei Anschluss an einen Abwasserkanal muss ein Geruchsverschluss eingebaut werden. Darüber hinaus verhindert der Überlauf einen unkontrollierten Wasseraustritt aus dem Speicher. Nicht immer regnet es die Menge, die benötigt wird. Daher besitzt eine Regenwassernutzungsanlage eine Trinkwassereinspeisung, so dass auch bei einer Trockenperiode immer genügend Wasser vorhanden ist. Es darf jedoch keine feste Verbindung zwischen dem Trinkwasser- und dem Brauchwassernetz bestehen. Das Trinkwasser muss frei in den Speichertank laufen.

Kernstück der Anlage ist die Pumpe. Je nach Anlage können unterschiedliche Pumpentypen verwendet werden. Die Pumpen können sich entweder direkt im Wasser (Tauchpumpen) oder außerhalb des Speichers (Saugpumpen) befinden.

In der Stadt Nürnberg sind bisher nur wenige Anlagen zur Gartenbewässerung eingebaut worden; Gründe sind hier die Kosten für Zisterne, Pumpwerk und zweites Rohrnetz sowie die aus der Hygieneproblematik erwachsende Verantwortung für den jeweiligen Nutzer.

Trockenurinale



- Keimtötende Sperrflüssigkeit, spezifisch leichter als Urin
- Urin sinkt ab
- Syphoneinsatz
- Abflussrohr



Hintergrundinformation

Urin riecht zwar artspezifisch (z.B. nach Knoblauch, Kaffee, Spargel, Bier usw.), aber erst die Zersetzung durch Bakterien lässt den Urin "zum Himmel stinken". Je älter die Oberflächen sind, desto poröser werden diese Oberflächen und um so schlechter läuft der Urin ab. Da es auf jeder normalen Oberfläche Bakterien gibt, führt dies zwangsläufig zu Geruchsemissionen.

Bei Trockenurinalen wird diese Geruchsbildung vermieden, indem die fugenlosen Oberflächen der Anlagen (Nanotechnologie) mit einem biologisch abbaubaren Desinfektionsmittel (auf pflanzlicher Basis) beschichtet werden (tägliche Reinigung). Diese Beschichtung verhindert die Vermehrung der vorhandenen Bakterien und damit die Entstehung der "Düfte", gleichzeitig bietet das Desinfektionsmittel die Gewähr für permanenten Bakterienabbau.

Die zweite Komponente ist ein Spezial-Siphon. In diesen wird eine ebenfalls biologisch abbaubare Sperrflüssigkeit eingebracht, die spezifisch leichter ist als Urin. Sie filtert den Urin und schwimmt auf dem Abwasser bzw. Urin. Damit ist eine Geruchsbildung ausgeschlossen, da die Kanalgase zurückgehalten und die Zersetzung des Urins durch das Desinfektionsmittel in der Sperrflüssigkeit verhindert werden.

Zur ordnungsgemäßen Funktion der Trockenurinale ist die Benutzung der jeweiligen herstellerspezifischen Sperrflüssigkeit erforderlich sowie das Reinigen der Urinale gemäß Herstellerangaben. Hierfür bedarf das Putzpersonal einer entsprechenden Einweisung.

Je nach Benutzungshäufigkeit sind die Siphons 1-3x jährlich zu wechseln.

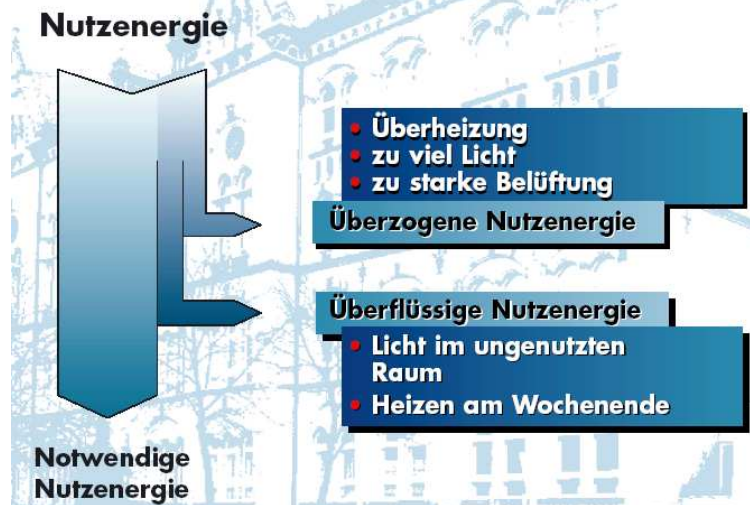
Zu Beachten: bei Nachrüstung ist die bestehende Kaltwasserleitung abzutrennen (Stagnation, Biofilm); das ursprüngliche Abwassernetz ist ausgelegt auf den Betrieb mit Wasser, d.h. es ist überdimensioniert, dies kann zu Urinsteinablagerungen führen.



B. Heizungs-/Lüftungstechnik



Energieeinsparung ohne Komfortverlust



Quelle: Energieagentur NRW



Eine weit verbreitete Assoziation ist:

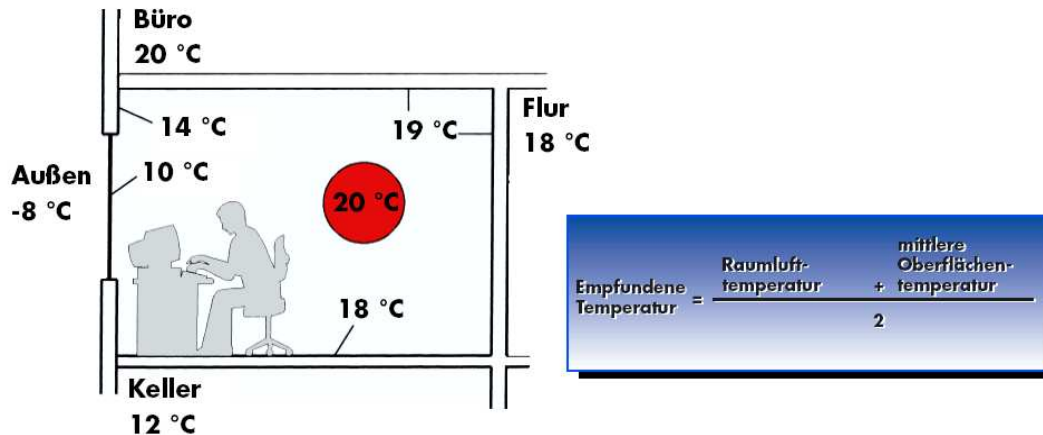
Energiesparen bedeutet Komfortverlust für den Menschen (z.B. bei Temperatur oder Luftqualität)

-> Diese Annahme ist u.E. jedoch falsch!

Besser ist ein intelligenter, d.h. bedarfsgerechter Umgang mit Energie und ein Ausschöpfen der Sparpotentiale, die den Komfort (z.B. gemäß Arbeitsstättenrichtlinie) nicht einschränken!

Durch Verhaltensänderung der Nutzer (alte Gewohnheiten ablegen) sind ca. 5-15 % Energieeinsparung möglich (ohne Investitionen!).

Einfluß des Gebäudes



Quelle: Energieagentur NRW



Thermische Behaglichkeit

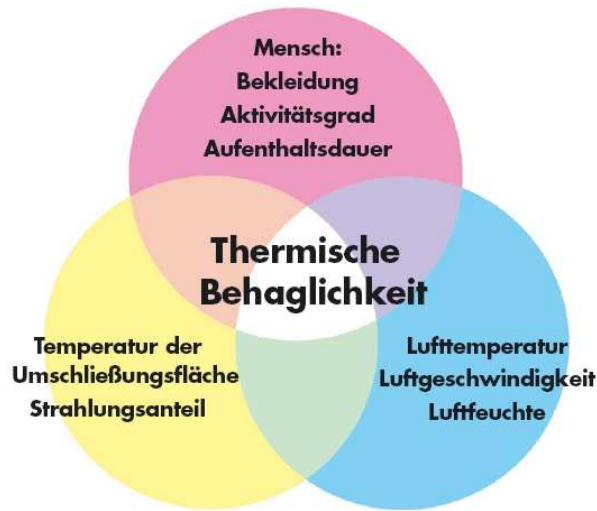
Beeinflussung durch 2 Hauptfaktoren im Gebäude:

Oberflächentemperatur der Umschließungsflächen und Lufttemperatur im Raum

Hinzu kommt der Faktor „Mensch“.

Definition: verschiedene Temperaturen, wie Lufttemperatur und Oberflächentemperatur, werden unter diesem Begriff zu einer behaglich empfundenen Temperatur verbunden

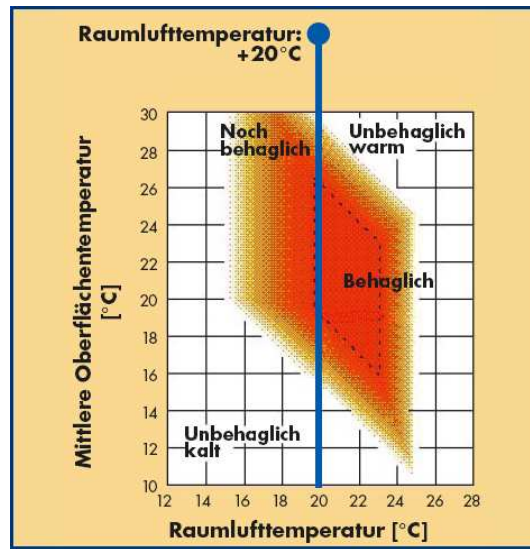
Behaglichkeitsfaktoren



Quelle: Energieagentur NRW



Behaglichkeitsdiagramm

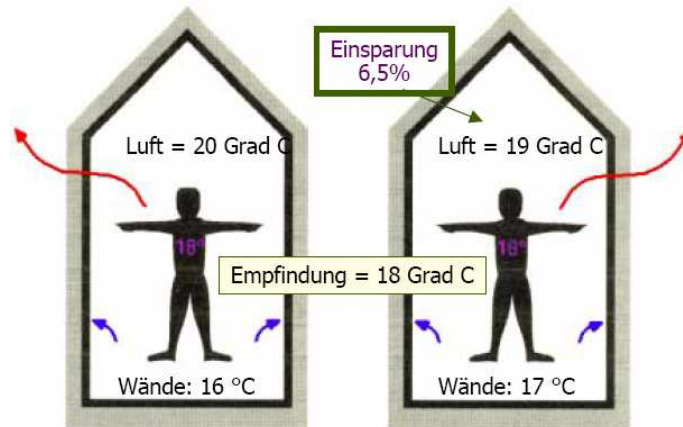


Quelle: Energieagentur NRW



- Zusammenhang zwischen Raum- und Oberflächentemperatur
- Kernzone, Übergangszone, Außenzonen

Empfindungstemperatur



Quelle: GfE Hessen



Beispiel:

Altbau, schlechte Dämmung, viele Fenster
 die umgebende Oberflächentemperatur ist niedrig; durch Heizen muß die Raumtemperatur erhöht werden = ein behagliches Raumklima schaffen (bei 20°C)

Bauliche Möglichkeiten, um die Oberflächentemperatur zu erhöhen:

- Fugen an Fenstern und Türen abdichten
- Außenwand hinter Heizkörper dämmen
- Oberste Geschoßdecke und Kellerdecke dämmen
- Fenster erneuern (Wärmeschutzverglasung)
- Vollwärmeschutz an Außenwänden anbringen (mit Hochbauamt Abt. Heizung und Schulverwaltung Machbarkeit prüfen)

-> sind mit Kosten verbunden!

Die Raumtemperatur um 1°C senken bedeutet eine Energieeinsparung von ca. 6 %.

Denn je wärmer es in einem Raum ist, desto mehr Wärme(-energie) wird an die (kühlere) Umgebung abgegeben. Diese Wärmedurchgänge durch die Außenhülle des Gebäudes (Wände, Fenster) an die Umgebung werden auch als Transmissionswärmeverlust bzw. -wärmeverlust bezeichnet.

Sie können bei älteren, größeren Gebäuden bis zu 55 % betragen.

Möglichkeiten, diese Transmissionswärmeverluste zu senken, siehe oben.

Raumtemperaturen



2. Schulen	
Unterrichtsräume/Hörsäle	
- während der Nutzung	20 Grad C
- bei Nutzungsbeginn	17-19 Grad C 2)
Turnhallen	17 Grad C 3)
Umkleieräume	22 Grad C
Wasch- und Duschräume	22 Grad C
Gymnastikräume	17 Grad C 4)
medizinische Untersuchungsräume	24 Grad C
Werkräume (z. B. Handwerken)	18 Grad C
Werkstätten	17 Grad C
Lehrküchen mit Unterricht (bei Nutzungsbeginn)	18 Grad C
Lehrschwimmbädern	2 Grad über Wassertemperatur jedoch höchstens 30 Grad C
Aulen	
- während der Nutzung	20 Grad C
- bei Nutzungsbeginn	17-19 Grad C 2)
sonstige Räume	siehe 1.
Flure und Treppenhäuser	
- üblicherweise	12 Grad C
- bei zeitweiligem Aufenthalt	15 Grad C
Toiletten	15 Grad C 1)
Nebenräume	15 Grad C 1)

Quelle: Hausmeisterordnung Nbg.



Empfohlene Raumtemperaturen:

(verbindliche Grundlage gemäß „Vorschriften der Hausdienste an Nürnberger Schulen“)

Klassenräume: Solltemperatur bei Nutzungsbeginn 17-19°C; 20-30 Schüler (a 100 W)

erwärmen den Raum sehr schnell auf 20°C;

niedrige Temperatur bei Zonen mit wenig Aufenthalt, z.B. Flur, TRH, WCs (15°C);

Schulturnhalle 17°C;

Windfänge, Fahrradkeller etc. auf Frostschutz stellen (8°C).

Die Hausmeister sollten stichpunktartig mit einem Thermometer die Raumtemperaturen prüfen! Entsprechende Messungen können auch von KEM gemacht werden.

Ziel: maximale Zufriedenheit möglichst vieler Nutzer

Hausmeister wissen aus Erfahrung, daß es unmöglich ist, alle Personen in einem Gebäude zufrieden zu stellen; entweder ist es zu kalt oder zu warm; meistens zu kalt.

Wichtig:

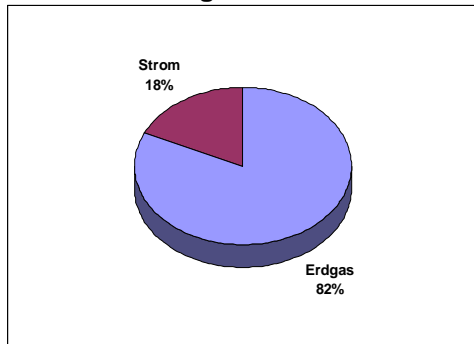
- sich nicht an Forderungen von Einzelpersonen orientieren;
- mehrheitsfähige Bedingungen für Temperatur, Nutzungszeit vereinbaren (mit Schulleitung, Schülerverwaltung), ohne die Energieeinsparung aus den Augen zu verlieren.

Gemäß Gauß'scher Verteilungskurve herrscht bei 20°C die höchste Zufriedenheit der Nutzer (bei sitzender Tätigkeit), d.h. keine Energie wird verschwendet!

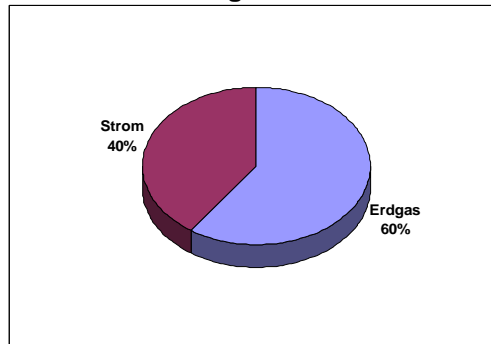
Energiebilanz eines Gymnasiums



Energieverbrauch



Energiekosten



Energieverbrauch 2007:

Erdgas 2.614.594 kWh (witterungsbereinigt)

Strom 575.680 kWh

Energiekosten 2007 geschätzt:

Erdgas 131.772 EUR

Strom 88.666 EUR

Die Kosten für die Beheizung machen bei vielen Liegenschaften den höchsten Anteil an den Energiekosten aus. Deshalb kommen hier Maßnahmen zur Senkung des Heizenergieverbrauchs eine große Bedeutung zu.

Energiekosten



Soviel kostet

1 m ³ Erdgas H	5,99 Ct./kWh
1 l Heizöl EL	5,05 Ct./kWh
1 kWh Fernwärme	6,76 Ct.
1 kWh Strom	19,17 Ct.
1 kWh Holzpellets	4,07 Ct./kWh

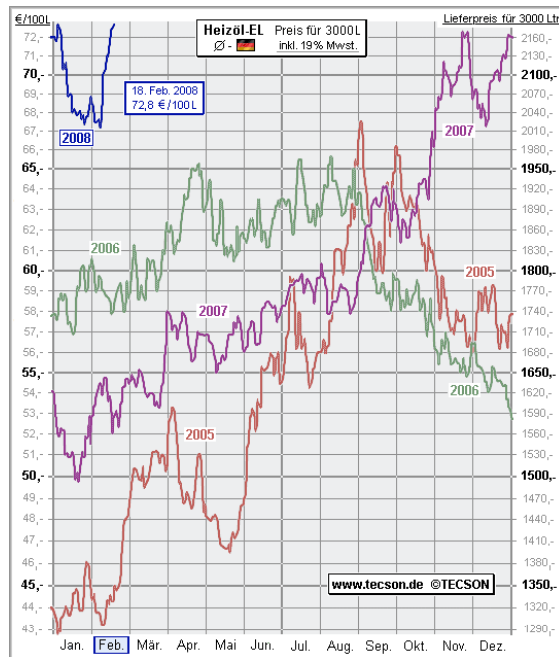
(Durchschnitts-Bruttopreise für Nürnberg, seit April 2007)

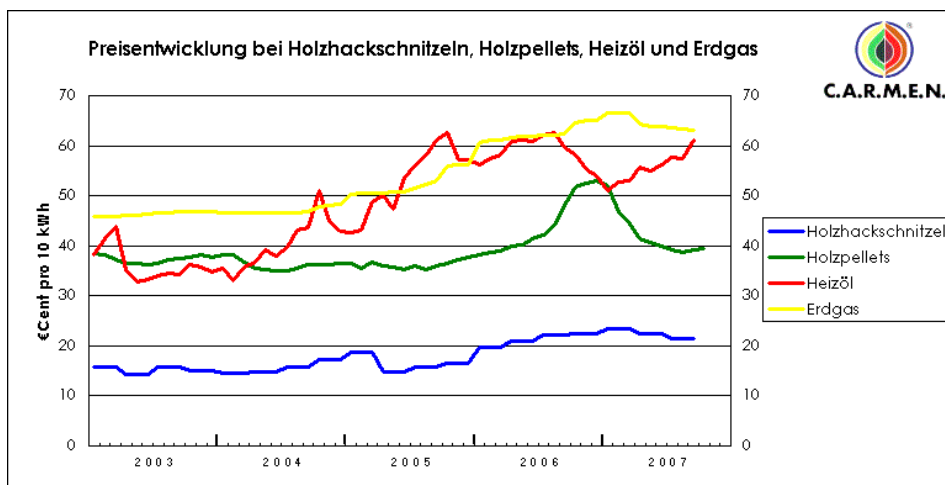


Obige Preise wurden im Städtevergleich ermittelt; zugrunde gelegt wurden einheitliche Leistungsmengen als Basis. Meßpreise sowie Aufwendungen aus Gesetzen bzw. Steuern wurden eingerechnet. Der Preis für Holzpellets unterliegt z.T. starken Schwankungen.

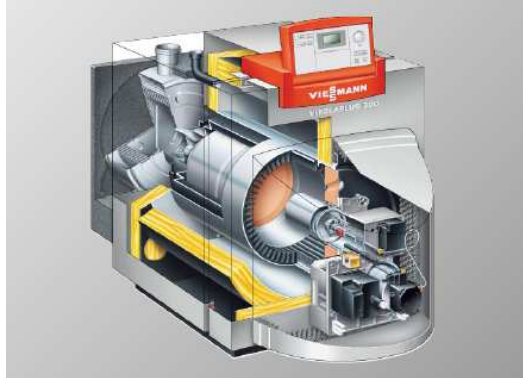
Warum ist Strom so teuer?

Stromproduzierende Großkraftwerke haben nur einen Wirkungsgrad von 35-40 %, der Rest sind Abwärme- und Netzverluste. Das bedeutet, es kommt nur ca. ein Drittel der eingesetzten Brennstoffenergie als elektrische Energie beim Verbraucher an.





Wärmeerzeuger



Quelle: Viessmann



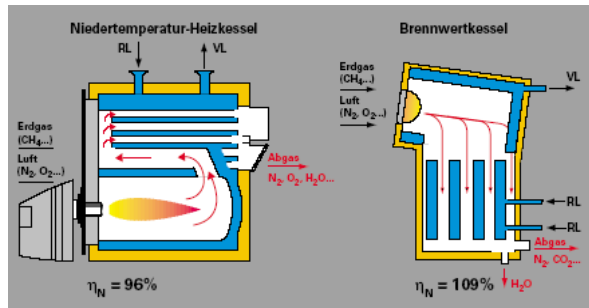
In Deutschland besteht etwa ein halbes Jahr die Notwendigkeit zu heizen und über das gesamte Jahr hinweg Brauchwasser zu erwärmen. Hierzu können verschiedene Energieträger und eine Vielzahl verschiedener Techniken eingesetzt werden. Zur Deckung des Wärmebedarfs werden Schulen, Verwaltungsgebäude etc. bei Neubau oder Sanierung überwiegend mit Wärmeerzeugungsanlagen auf Gas- und Fernwärmebasis ausgestattet, seltener auf Ölbasis. Projekte mit Holzanlagen sind in Vorbereitung.

Nach der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV) sind nur noch Kesselanlagen zulässig, welche die Heizleistung dem erforderlichen Heizbedarf anpassen können; d.h. die Regelung steuert mehrstufigen Brennerbetrieb oder gleitenden bzw. modulierenden Brennerbetrieb.

Wärmeerzeuger werden so ausgelegt, daß auch bei großer Kälte (-10°C bis -16°C) der Wärmebedarf eines Gebäudes vollständig gedeckt werden kann. Im Tagesmittel werden so geringe Temperaturen selten erreicht, so daß der Heizkessel nur an wenigen Tagen im Jahr seine volle Leistung abgeben muß. Über ein Jahr betrachtet liegt die mittlere Auslastung der Heizkessel in Deutschland bei ca. 30 %; durch die richtige Auslegung der Heizleistung können erhebliche Investitionskosten gespart werden.

Mit einer modernen Anlagentechnik kann ein erheblicher Anteil der eingesetzten Energie eingespart werden.

Konstruktiver Aufbau NT-/BW-Kessel



Quelle: Viessmann



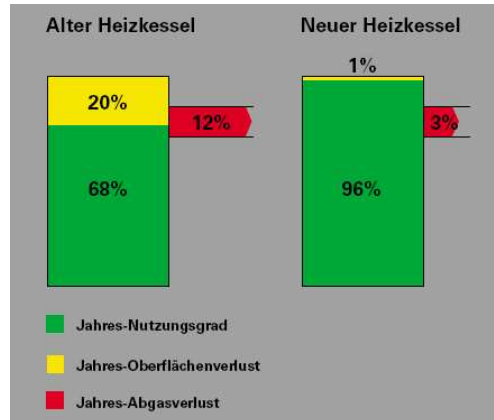
NT = Niedertemperaturkessel

BW = Brennwertkessel

Vergleich Heizkessel Alt-Neu



Konstanttemperaturkessel
Umstell-, Wechselbrandkessel
(bis ca. 1980)



Niedertemperaturkessel
(ab 80er Jahre)



Quelle: Viessmann



Nutzungsgrade und Verluste

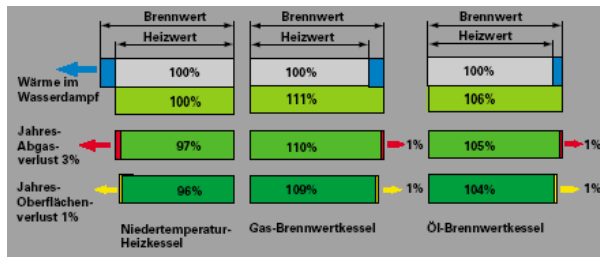
Nutzungsgrad = Verhältnis abgegebener zu eingesetzter Energie

Abgasverlust = Verlust durch systembedingte Abgastemperatur und ungenügende Ausnutzung des Brennstoffes (Rußbildung).

Oberflächenverlust = Wärmeverlust des Kessels an den Heizraum (Kessel wenig gedämmt, Heizraum sehr (zu!) warm); Bereitschaftsverluste in der Zeit, in der der Brenner nicht in Betrieb ist (Stillstandsverluste); Verteilverluste des Rohrnetzes.

In der Bundes-Immissionsschutz-Verordnung sind Grenzwerte für die Abgasverluste vorgegeben; durch den Schornsteinfeger erfolgt eine jährliche Kontrolle.

Vergleich Heizkessel NT-BW



Vergleich der Nutzungsgrade

Quelle: Viessmann

Energieinhalte von Heizmedien

	Brennwert	Heizwert
Stadtgas (m³)	5,0 (kWh/m³)	4,5 (kWh/m³)
Erdgas H (m³)	11,4 (kWh/m³)	10,4 (kWh/m³)
Heizöl EL (l)	10,6 (kWh/l)	10,1 (kWh/l)
Holzackschnitzel	5,0 (kWh/kg)	4,5 (kWh/kg)
Pellets	5,4 (kWh/kg)	4,9 (kWh/kg)
Braunkohle	3,2 (kWh/kg)	2,7 (kWh/kg)
Steinkohle	8,4 (kWh/kg)	8,1 (kWh/kg)

(Recknagel/Sprenger/Schremek 2003/2004)



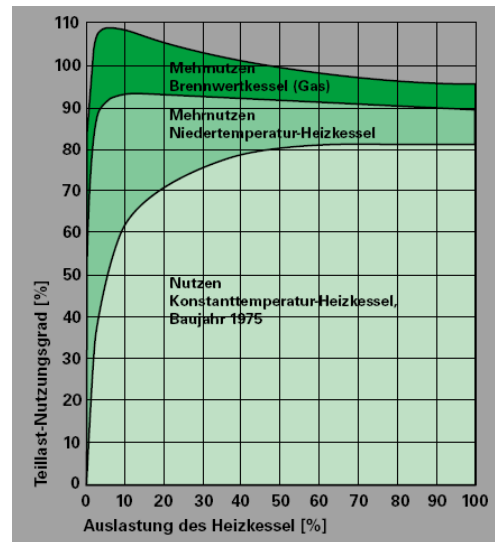
Bei Brennwerttechnik deutlich ersichtlich, daß die latente Wärme, die im Wasserdampf des Heizgases steckt, durch Kondensation innerhalb des Heizkessels zurückgewonnen wird und somit zu höheren Nutzungsgraden führt.

Heizwert = Energie, die bei der vollständigen Verbrennung des Brennstoffs (ohne Kondensation) frei wird

Brennwert = einschließlich der zusätzlichen Energie, die bei der Kondensation des Wasserdampfs im Abgas frei wird

Da die Verdampfungswärme bei Kondensation früher nicht genutzt werden konnte, wurden alle Nutzungsgradberechnungen auf den Heizwert bezogen. Diese Basis wurde für Systemvergleiche bis heute beibehalten, so daß sich bei der Brennwerttechnik Nutzungsgrade von über 100 % ergeben.

Nutzungsgrad bei Teillast



Quelle: Viessmann



Im Teillastbereich ist der Nutzungsgradanstieg bei Brennwertkesseln besonders ausgeprägt. Der Gewinn aus der Kondensationswärme ist gerade bei geringer Auslastung, bedingt durch die dann niedrigen Rücklauftemperaturen, besonders deutlich und bewirkt einen erheblichen Anstieg im Nutzungsgrad.

Zu beachten:

Nach der Energieeinsparverordnung sind Heizkessel 4-400 kW, die vor dem 01.10.1978 installiert wurden, bis zum 31.12.2006 außer Betrieb zu nehmen; wenn der Brenner nach dem 01.11.1996 erneuert wurde, verlängert sich diese Frist bis zum 31.12.2008!

Vollbenutzungsstunden

Einen Anhaltspunkt für die richtige Dimensionierung des Wärmeerzeugers bzw. der richtigen Anschlußleistung Fernwärme liefert die Zahl der Vollbenutzungsstunden (= Stunden, die die Heizanlage mit Vollast laufen müßte, um den Heizenergieverbrauch des Gebäudes für ein Jahr „am Stück“ zu erzeugen).

Vollbenutzungsstunden (h/a) = Heizenergieverbrauch pro Jahr (kWh/a) / installierte Wärmeleistung (kW)

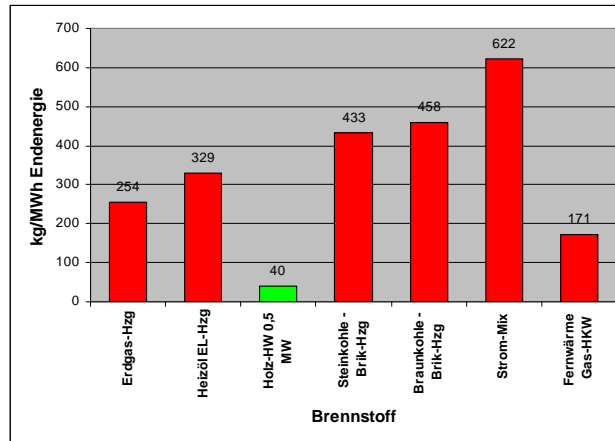
Typische Vollbenutzungsstunden:

- Schule mit einschichtigem Unterricht 1100-1400 h/a
- Schule mit mehrschichtigem Unterricht 1300-1500 h/a

Liegt das für die Liegenschaft ermittelte Ergebnis deutlich niedriger, so ist wahrscheinlich die Kesselanlage zu groß dimensioniert oder der Fernwärmeanschlußwert zu hoch. D.h. Kesselleistung verringern und EVU-Verträge anpassen.

Ist das Ergebnis deutlich höher, so ist wahrscheinlich die Nutzung der Heizungsanlage nicht optimal, einhergehend mit hohen Verlusten.

Endenergiebezogener CO₂-Ausstoß

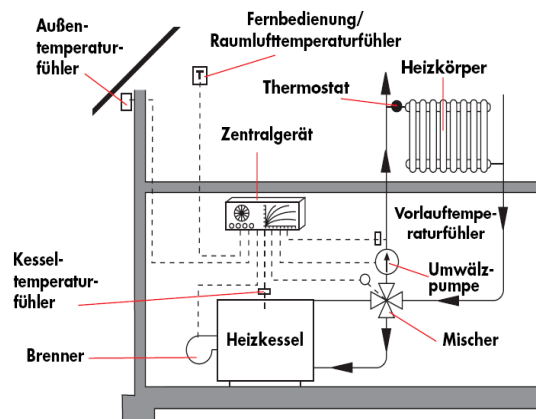


Quelle: GEMIS 4.2



Holz ist tatsächlich CO₂-neutral; im obigen Diagramm sind Waldsägearbeiten, Sägewerk und Transport mit berücksichtigt.

Heizungsregelung



Quelle: Energieagentur NRW



Die richtige, bedarfsgerechte Temperatur in den genutzten Räumen wird durch das Zusammenspiel von Heizungsanlage und Regelungsanlage bereitgestellt. Das zentrale Steuergerät ist hier für den Heizkessel zuständig: es regelt die Anpassung der Heizleistung an die Witterung und an die Wärmenachfrage der Nutzer. Die Regelung hat die Aufgabe, Wärmeerzeugung und Wärmeangebot zum erforderlichen Zeitpunkt und mit dem kleinstmöglichen Brennstoffeinsatz zu gewährleisten.

Die eigentliche Temperaturregelung im Raum erfolgt dann mit den Thermostatventilen.

Weit verbreitet und bisher üblich sind analoge Regler. Bei modernen DDC-Regelungen auf digitaler Basis mit Mikroprozessortechnik kann mit geringerem Aufwand eine größere Funktionalität erreicht werden. Aus verschiedenen Meßwerten berechnen sich DDC-Regler selbst die optimalen Zeitpunkte für Absenk- bzw. Aufheizbetrieb.

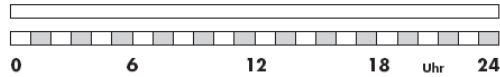
Große Liegenschaften werden häufig mit einer zentralen Gebäudeleittechnik ausgestattet. Deren vernetzte Unterstationen übernehmen die Regelung der einzelnen Anlagen vor Ort; so kann z.B. durch eine Sollwertverstellung die Temperatur jedes einzelnen Raumes geregelt werden. Die Gebäudeleittechnik ist optimal geeignet für Fernwartung bzw. Fernbetriebsüberwachung der Heizungsanlage per Telefonnetz.

Aufgrund der Fülle an verschiedenen Regelgeräten und Heizungskonfigurationen ist es Aufgabe des Nutzers, zusammen mit dem Hochbauamt Abt. Heizung und der Fachfirma die optimale Einstellung und Funktion der gebäudespezifischen Regelung sicherzustellen. Als Hilfestellung dienen hier die technischen (Bestands-)Unterlagen.

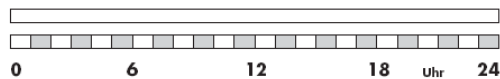
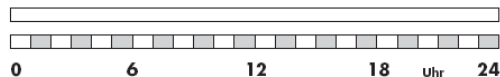
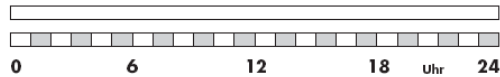
Zeitschaltung



Nutzungszeit



Heizbetrieb



Quelle: Energieagentur NRW



Als wichtiger Bestandteil der automatischen Heizungsregelung sind eine oder mehrere Zeitschaltuhren erforderlich. Mit diesen können die Nutzungszeiten, z.B. auch unterschiedliche Nutzungszeiten von Schulgebäude (Unterricht tagsüber) und Turnhalle (Sport abends), genau eingegeben werden. Auf diese Weise können auch Stundenplanänderungen oder Freistunden bei der Heizungssteuerung berücksichtigt werden.

Ziel muß sein, Nutzungszeiten und Raumbelungsplan so effektiv und komprimiert aufeinander abzustimmen, daß Heizwärme nur mit dem kleinstmöglichen Energieeinsatz erzeugt werden muß.

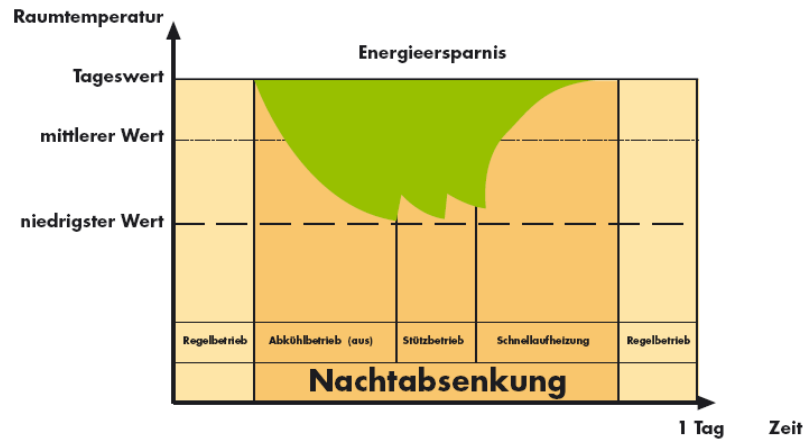
Empfehlung:

Regelmäßig die Zeiteinstellungen oder das Zeitprogramm (Tages-, Wochen-, Monats- oder Jahresprogramm) der einzelnen Heizkreise/Gebäudetrakte prüfen und ggf. korrigieren.
Manuelle Umstellung Sommerzeit/Winterzeit, falls nicht automatisch.
Manuelle Eingabe von Ferien und Feiertagen.

Nach der Heizperiode (wenn an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen +15°C Außentemperatur erreicht wird) sind die Heizkörper-Kreise abzustellen, auch die Umwälzpumpen; bei modernen DDC-Regelungen erfolgt dies automatisch; bei Standardregelungen wird z.B. für die Zeit von Juni bis August die Heizungsanlage ganz abgeschaltet.

Dies muß unterbleiben, wenn die Warmwasserbereitung an die Heizungsanlage angeschlossen ist! Hier sind nur die Heizkörper-Kreise außer Betrieb zu nehmen. Bei Mehrkesselanlagen sollte nur noch einer für die Warmwasserbereitung in Betrieb sein. (Bereitschaftsverluste!)

Nachtabsenkung



Quelle: Energieagentur NRW



Außerhalb der Nutzungszeiten, d.h. nachts, an Wochenenden, Feiertagen und in Ferien, sollte die Raumtemperatur so weit wie möglich abgesenkt werden, um Heizenergie einzusparen.

Gemäß Hausmeisterordnung:

Absenkung der Raumtemperatur um ca. 5°C, jedoch nicht unter +5°C.

(übliche Raumtemperatur ca. 15°C, andere Einstellwerte in Absprache Hochbauamt)

Die Grenze der Absenkung stellt natürlich die Substanzerhaltung des Gebäudes bzw. die Frostschutzsicherung von Anlagen und Leitungen (in Regelung integrierte Frostschutzschaltung) dar.

Um die Absenkung im Gebäude zu erreichen, wird meistens die Vorlauftemperatur der Heizung zentral von der Regelung reduziert (10°C weniger Vorlauftemperatur bedeuten ca. 3-5°C weniger Raumtemperatur). Parallel dazu ist die Pumpendrehzahl/-leistung auf den abgesenkten Heizwasservolumenstrom einzustellen.

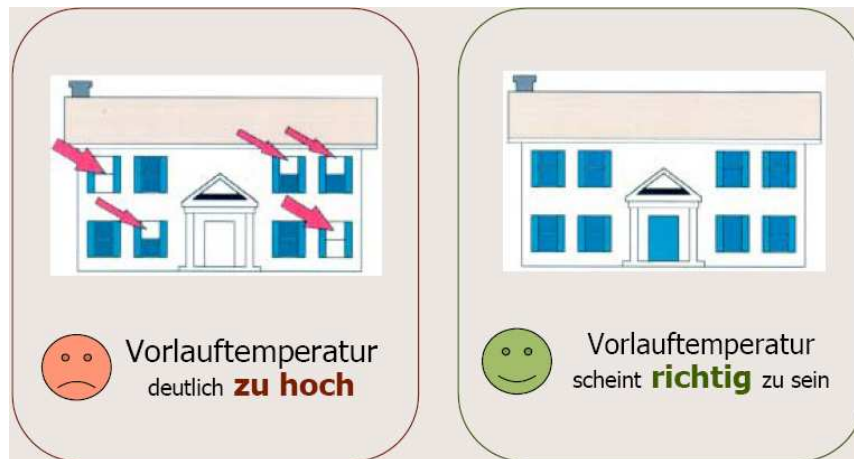
Infolge des Wärmespeichervermögens eines Gebäudes (z.B. bei Altbau-schulen groß) kann der abgesenkte Heizbetrieb bereits vor Ende der Nutzungszeit beginnen (ca. 1-2 Stunden).

Mit dem Aufheizen ist so rechtzeitig anzufangen, daß die festgelegten Raumtemperaturen bei Nutzungsbeginn erreicht werden. Je nach Witterung, Gebäudeträgheit, Absenkdauer/-temperatur und Heizleistung kann dies mehrere Stunden dauern. Moderne Regelungen berechnen den optimalen Heizbeginn selbst.

Absenk- und Aufheizbetrieb ist für jedes Gebäude aufgrund der individuellen Nutzungszeiten separat einzustellen.

Die Abschaltung des Wärmeerzeugers kann als Alternative zur Absenkung bei Außentemperaturen von über +5°C erfolgen.

Vorlauftemperaturregelung



Quelle: GfE Hessen

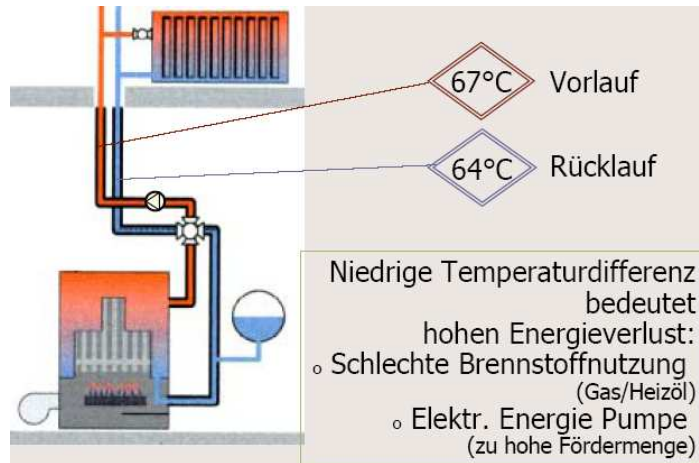


In der Heizperiode sind offenstehende Fenster häufig ein Zeichen für die Überhitzung von Räumen und damit für eine schlecht ausgelegte bzw. betriebene Heizungsanlage. Die Wärmeabgabe von Heizkörpern hängt direkt von der Vorlauftemperatur der Heizung ab (Heizwassertemperatur). Bei hohen Vorlauftemperaturen (VL) kann ein Heizkörper mehr Wärmeleistung an den Raum abgeben, bei niedrigen bzw. abgesenkten Vorlauftemperaturen dementsprechend weniger. Hierbei wird die Vorlauftemperatur bei üblichen Warmwasserheizungen in Abhängigkeit von der aktuellen Außentemperatur und der Zeit automatisch zentral geregelt. D.h. bei tiefen Außentemperaturen (tiefste Außentemperatur für Nürnberg -16°C) erreicht die Vorlauftemperatur ihr eingestelltes Maximum. In diesem Falle geben die Heizkörper ihre optimale Leistung zur Deckung des Raumwärmebedarfs ab, die erforderliche Raumtemperatur wird erreicht. Bei steigenden Außentemperaturen kann die Vorlauftemperatur reduziert werden, da der Raum nun entsprechend weniger Heizleistung benötigt.

Zu beachten: Der Außentemperaturfühler ist an der klimatisch ungünstigsten Stelle des Gebäudes (i.d.R. Nordseite) anzubringen; aber ohne Sonnen- und Fremdwärmeeinfluß ausgesetzt zu sein!

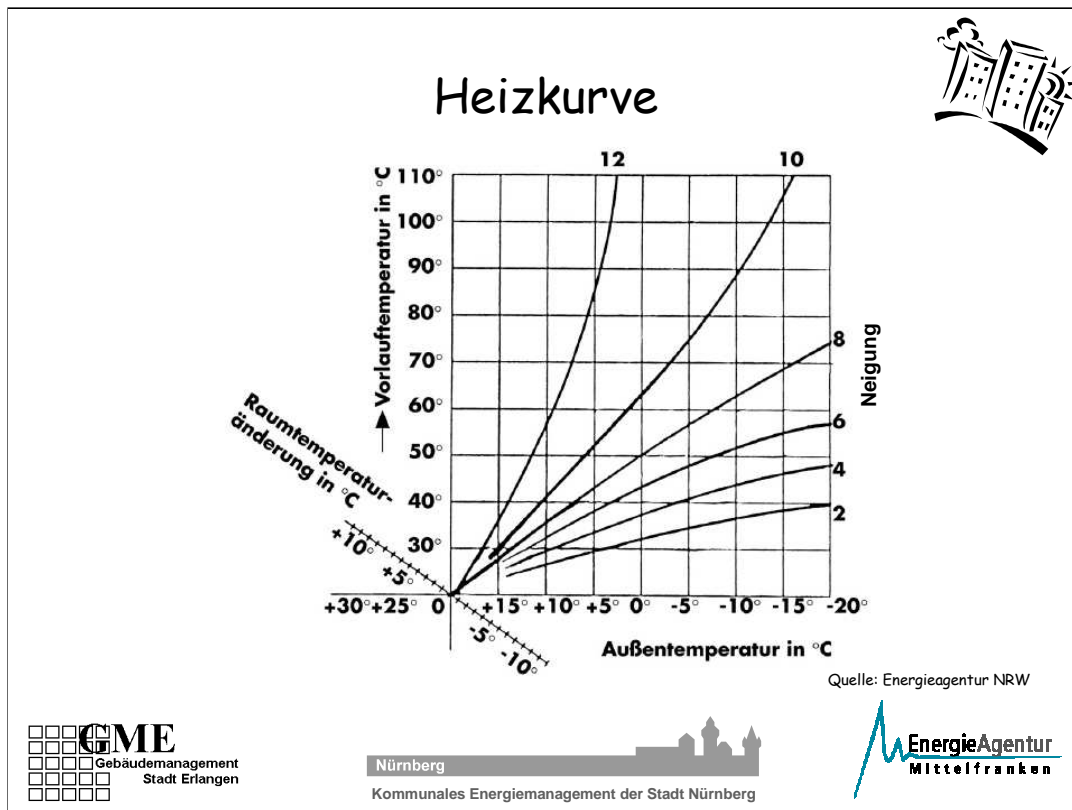
Vor- und Rücklauftemperatur (RL) der Heizungsanlage sind vom Anlagenbetreiber zu überwachen!

Kontrolle Vorlauf - Rücklauf



Quelle: GfE Hessen

Im Normalfall beträgt die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf (Spreizung) je nach Außentemperatur 10-20 Kelvin (bei Radiatorheizung, z.B. System 70/55°C). Bei modernen Niedrigenergiegebäuden mit Fußbodenheizung kann die Spreizung nur noch ca. 7 Kelvin betragen (z.B. System 35/28°C). Geringere Temperaturdifferenzen können ein Zeichen für schlecht einregulierte Anlagen (Anlagenhydraulik, Pumpen) sein und sollten überprüft werden.



Die Heizkurve stellt den regelungstechnischen Zusammenhang zwischen der Vorlauf- und der Außentemperatur dar. Ihre Aufgabe ist es, dem Gebäude die je nach Außentemperatur benötigte Wärme zuzuführen.

Durch die Änderung der Neigung und durch Parallelverschiebung kann eine optimale Einstellung für das jeweilige Objekt und ein verbessertes Lüftungsverhalten der Nutzer erreicht werden. Die Einstellung erfolgt an den Tagen mit den kältesten Außentemperaturen.

Beispiel: Heizkurve mit Neigung „8“

Auslegungspunkt: Schnittpunkt von Außentemperatur -16°C (Nürnberg) und Vorlauftemperatur 70°C (üblich für NT-Heizungssystem),

Fußpunkt: Raumtemperaturänderung 0°C , d.h. Raumtemperatur = Außentemperatur = 20°C

Parallelverschiebung: Raumtemperaturänderung von $\pm 5^{\circ}\text{C}$

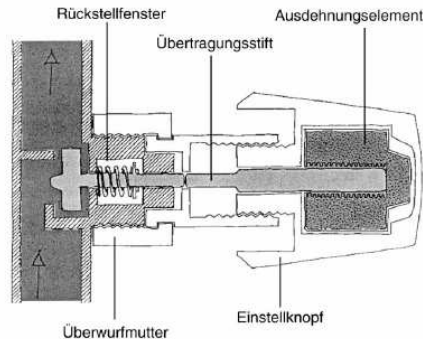
Ab einer Außentemperatur von $+15^{\circ}\text{C}$ sollte von den Heizkörpern keine Wärme mehr abgegeben werden.

Prüfen und Ändern (Absenken) der Heizkurven-Einstellung möglichst nur in Abstimmung mit Hochbauamt Abt. Heizung und Fachfirma!

Thermostatventile

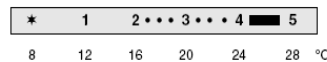


Aufbau



Quelle: Energieagentur NRW

Einstellwerte und Raumtemperaturen



Quelle: Danfoss



Das Thermostatventil besteht aus dem eigentlichen Ventilkörper und dem Thermostatkopf. In diesem befindet sich ein Ausdehnungselement (Gas, Flüssigkeit), welches sich bei steigender Temperatur im Raum, z.B. durch Heizwärme, Sonne oder Personen, ausdehnt und gegen den Federdruck der Rückstellfeder das Ventil (= Zulauf zum Heizkörper) schließt. Ist die am Einstellknopf eingestellte Temperatur erreicht, ist das Ventil durch den Ausdehnungsprozess vollständig geschlossen. Kühlt die Raumtemperatur unter den eingestellten Wert ab, zieht sich das Ausdehnungselement zusammen und öffnet damit den Warmwasserzufluß zum Heizkörper. Das Thermostatventil sorgt also dafür, daß die gewünschte Raumtemperatur automatisch erreicht und eingehalten wird.

Empfehlungen:

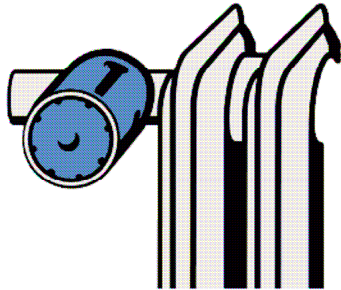
- wo noch nicht geschehen, Thermostatventile im Gebäude nachrüsten (seit 1998 Pflicht)
- damit das Thermostatventil die umgebende Raumtemperatur richtig erfassen kann, darf es durch Vorhänge, Möbel, Geräte nicht verstellt sein; evtl. Fernfühler installieren
- normale Stellung für 20°C-Raumtemperatur: Stellung „3“ (= Maximalbegrenzung); auch bei innenliegenden Räumen, welche durch umgebende Räume, Personen, Licht oder PCs sowieso aufgewärmt werden
- in Fluren, WCs: Stufe „2“
- beim Lüften auf *-Frostschutzstellung, danach wieder auf normale Stellung
- Temperatur in nicht/selten benutzten Räumen absenken: auf Stellung „1“ temperieren
- Begrenzungsstifte nachrüsten, die nur das Regeln der Temperatur nach unten freigeben
- sogenannte „Behördenmodelle“ einbauen mit begrenz- bzw. blockierbarer Temperatur: feste Einstellung auf Stufe „3“ vorgegeben
- defekte/abgebrochene Ventile sofort erneuern, da auf höchster Heizleistung!

Der Einbau von Thermostatventilen kann eine Energieeinsparung von bis zu 10 % bewirken. Zusätzliche Einsparungen können mit modernen Einzelraumregelungen erzielt werden, wobei für jeden Raum ein individuelles Temperaturprofil gefahren werden kann, je nach tatsächlicher Nutzung.

Thermostatventile nachrüsten bzw. begrenzen: Hochbauamt Abt. HKL

Thermostatventile

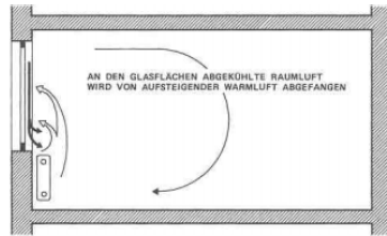
Handlungsempfehlungen



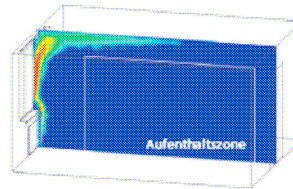
- In der Regel auf Stufe 3 begrenzen (ca. 20 °C)
- 1 °C geringere Temperatur spart 6% Heizenergie
- Beim Lüften Ventile zudrehen
- Nachts und bei Abwesenheit Temperatur drosseln
- Zum Aufheizen nicht höher als Wunschtemperatur drehen

Quelle: Energieagentur NRW

Luftwalze, Heizkörper unter Fenster



Quelle: FM Dießenbacher



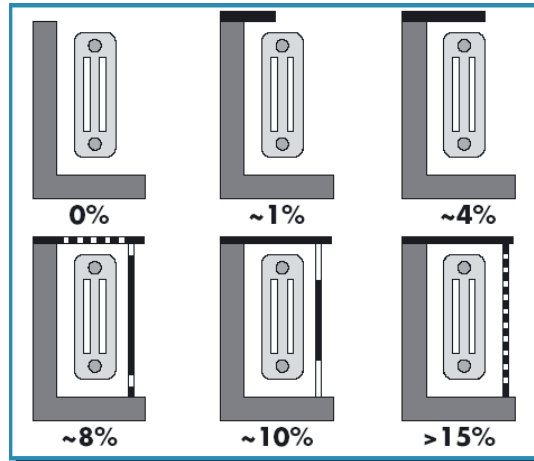
Anlage mit Heizkörper

Zugluftrisiko

■ Kritischer Bereich
■ Unkritischer, angenehmer Bereich

Quelle: Deutsche Energieagentur

Leistungsminderung bei Heizkörpern



Quelle: Energieagentur NRW



Heizen und Lüften sind entscheidend für die Qualität des Raumklimas.

Aufgabe der Heizkörper ist es, die benötigte Wärme über Strahlung und Konvektion (Luftwalze) frei an den Raum abzugeben.

Durch Nischen oder Verkleidungen (v.a. in Altbauten) wird die Wärmeabgabe an den Raum entsprechend gemindert und Wärmeverluste nach außen erhöht.

Empfehlung:

- wo möglich auf Heizkörper-Verkleidungen verzichten!
- keine Möbel, Regale, Geräte vor Heizkörpern platzieren!

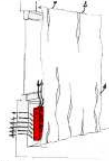
Heizkörpernische/-verkleidung



Verkleidung der Heizkörpernische



Vorhänge vor Heizkörpern

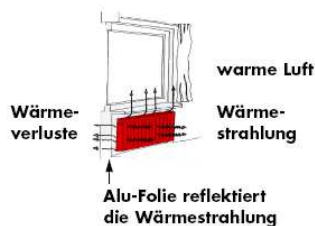


Wärmeabgabe in den Raum wird verhindert
Erhöhung der Wärmeverluste nach draußen

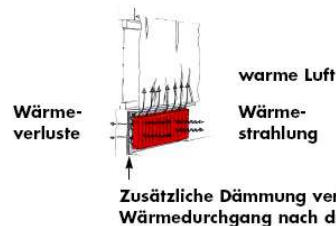
Dämmung der Heizkörpernischen

Alu-Folie

Zusätzliche Dämmung



Alu-Folie reflektiert die Wärmestrahlung



Zusätzliche Dämmung verhindert den Wärmedurchgang nach draußen

Quelle: Energieagentur NRW



Empfehlung:

Vorhänge nur bis auf Höhe Fensterbrüstung

Altbauten: in Hk-Nische ist die Außenwand dünner als im restlichen Wandbereich, die Wärmedurchgangsverluste sind entsprechend hoch; Alu-Folie zur Reflektion mit zusätzlicher Polystyrol-Dämmung in Nische anbringen

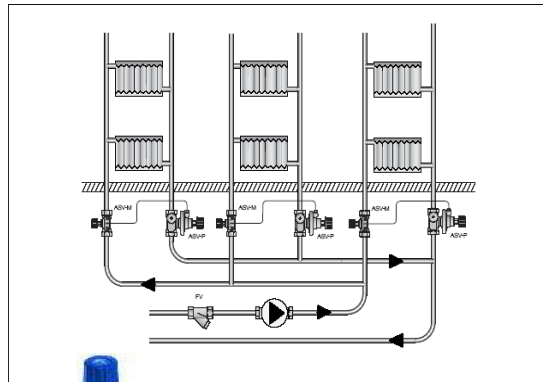
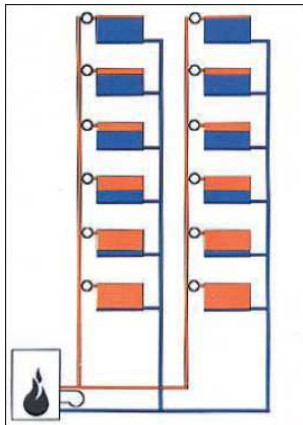
Hk vor Fenster: Strahlungsschutzplatte montieren (Vermeidung von bis zu 80 % der Wärmeverlusten möglich)

Wärmeabgabe der Hk durch Reinigung und Entlüftung („Gluckern“) erhöhen

Hydraulischer Abgleich 1



Automatische Strangventile



Quelle: Danfoss



Nürnberg
Kommunales Energiemanagement der Stadt Nürnberg



Wenn einzelne Heizkörper oder Heizungsstränge nicht richtig warm werden (v.a. in der Anheizphase) oder auch die Thermostatventile pfeifen, kann es sein, daß die Wasserverteilung im Heizwassernetz ungleichmäßig ist und versucht wurde, dies mit einem erhöhten Pumpendruck (höheres Fördervolumen an Heizwasser) zu kompensieren. Hier ist offensichtlich die Einregulierung der Wassermengen (sog. Hydraulischer Abgleich) mangelhaft und muß überprüft werden.

Bild links: Nicht einregulierte Wasserverteilung in einer Zweirohranlage
Pumpennahe Heizkörper mit kurzen Leitungslängen (= Druckverlusten) erhalten übermäßig viel warmes Heizwasser (= Weg des geringsten Widerstandes).
Je weiter von der Umwälzpumpe entfernt die Heizkörper liegen und je schlechter die Druckverhältnisse sind, um so weniger warmes Heizwasser erhalten diese und die Räume werden nicht genügend warm.

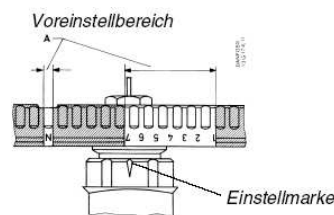
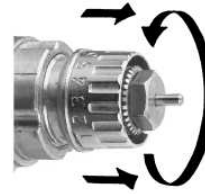
Empfehlung:

1. Jeder Strang wird mit eigenen druckregelnden Armaturen (sog. Differenzdruckregler zwischen VL/RL) ausgerüstet; diese gewährleisten automatisch für jeden Strang die optimale Wassermenge; d.h. an den pumpennahen Strängen wird die Wassermenge gedrosselt, damit die entfernteren Steigstränge ihre benötigte Wasservolumen erhalten. (Bild rechts)

Hydraulischer Abgleich 2



Voreinstellbare Ventileinsätze für ältere Ventilgehäuse



Quelle: Danfoss



2. An den Thermostatventilen ist die Voreinstellung zu prüfen bzw. nachzurüsten; die Voreinstellung wird entsprechend des für diesen Heizkörper erforderlichen Volumenstroms eingestellt.
Wenn noch keine Thermostatventile mit Voreinstellung vorhanden sind, kann am Heizkörper die Rücklaufverschraubung neu justiert werden.

Durch ein optimal einreguliertes Rohrnetz kann die durchfließende Wassermenge und damit die Pumpenleistung reduziert werden (Stromverbrauch sinkt);
mit reduzierter Heizwassermenge sinkt auch der für ihre Erwärmung notwendige Brennstoffbedarf.

Aufteilung in Heizkreise

In allen größeren Gebäuden ist das Heizungssystem in mehrere Heizkreise aufgeteilt. Idealerweise sollte diese Aufteilung so gewählt werden, daß an den einzelnen Heizkreisen Bereiche ähnlicher Nutzung angeschlossen sind.

Getrennte Heizkreise:

- für Heizkörper, Fußbodenheizung, Lüftungsanlagen
- für Hausmeisterwohnung (wenn an Heizsystem der Schule angeschlossen; Heizen auch in den Ferien nötig), Turnhalle (Nutzung abends und in den Ferien möglich), einzelne Gebäudeteile (z.B. der Westflügel kann nach Unterrichtsschluß komplett abgeschaltet werden)

Dazu gehört auch eine optimierte Raumbelastung, wenn z.B. Elternabend und Theaterprobe an einem Abend stattfinden, dann sollten diese in einen beheizten Gebäudetrakt verlegt werden! Rest abschalten!

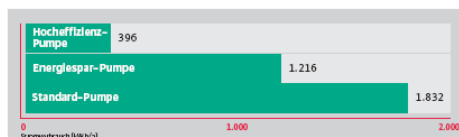
Empfehlung:

Mit Heizungsschema die Zuordnung der Heizkreise zu Räumen, Gebäudeteilen, Anlagen prüfen; werden diese Heizkreise gemäß ihrer Nutzung (Belegungsplan) entsprechend geregelt?

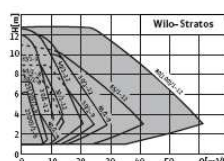
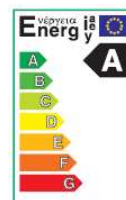
Pumpen



Jährlicher Stromverbrauch (kWh/a) verschiedener Heizungs-Pumpen (DN 30) mit Absenkbetrieb*.



* Belastungsprofil mit 5.500 Betriebsstunden p.a.:
 0,2 % (110 Std.) bei 100 % Q_{th} (Vollast)
 25 % (1.375 Std.) bei 65 % Q_{th} (Teillast)
 40 % (2.200 Std.) bei 30 % Q_{th} (Schwachlast)
 33 % (1.815 Std.) bei Absenkbetrieb



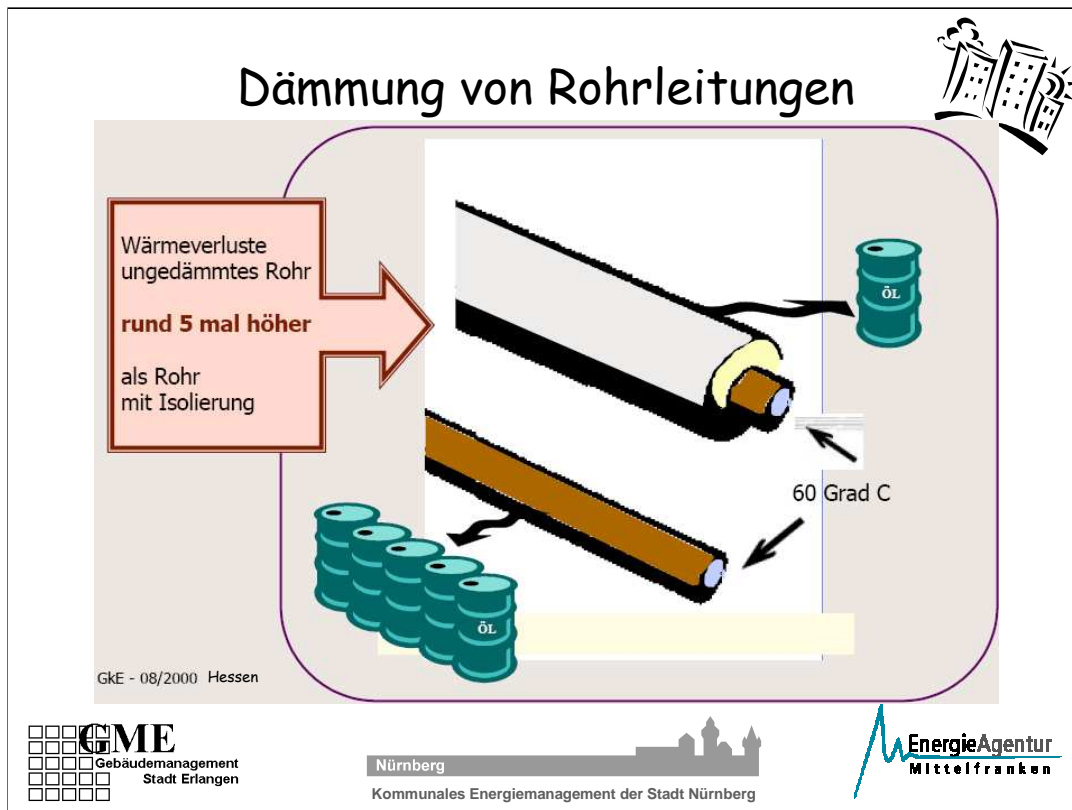
Quelle: Wilo



Heizungs-Umwälzpumpen werden zum Wärmetransport vom Kessel zu den Heizflächen benötigt und sollen hierbei die auftretenden Druckverluste in Leitungen, Armaturen und Heizkörpern überwinden. Die Anschlußleistungen von Umwälzpumpen sind i.d.R. nicht besonders hoch, aufgrund der langen Laufzeiten sind jedoch wesentliche Anteile des Stromverbrauchs in Schulen auf Umwälzpumpen zurückzuführen. Ziel sollte deshalb sein, daß die Pumpen nur so viel Wasser fördern, wie zur Wärmeversorgung der Räume unbedingt notwendig ist.

Empfehlungen:

- unregelmäßige Pumpen austauschen, evtl. Pumpensteuerung nachrüsten
- bei mehrstufigen Pumpen Drehzahl versuchsweise 1 Stufe manuell niedriger stellen
- Pumpenlaufzeit/-fördermenge an Absenkbetrieb/Abschaltzeiten der Heizungsanlage anpassen; über die zentrale Heizungsregelung steuern
- Einbau von drehzahlgeregelten Pumpen; energiesparender Betrieb durch automatische Anpassung der Drehzahl an die tatsächliche Heizlast: Reduzierung der Drehzahl = Reduzierung des Fördervolumenstroms (z.B. um 20 %) = Reduzierung der Stromaufnahme der Pumpe (um bis zu 50 %)
- Einbau von Hocheffizienzpumpen mit deutlich höherem Gesamtwirkungsgrad (gemäß Energielabel: Energieeffizienzklasse A)



Damit die Wärmeenergie auch an den Heizkörpern und Warmwasser-Zapfstellen ankommt, ist die Dämmung der Rohre und Armaturen äußerst wichtig. Eine gute Dämmung verfügt über verhältnismäßig geringe Wärmeverluste. Falls jedoch unisolierte Leitungen in Räumen verlegt sind, die eigentlich nicht beheizt werden müssen, z.B. Keller, Kellerflure, dann handelt es sich hier um wirkliche Verluste!

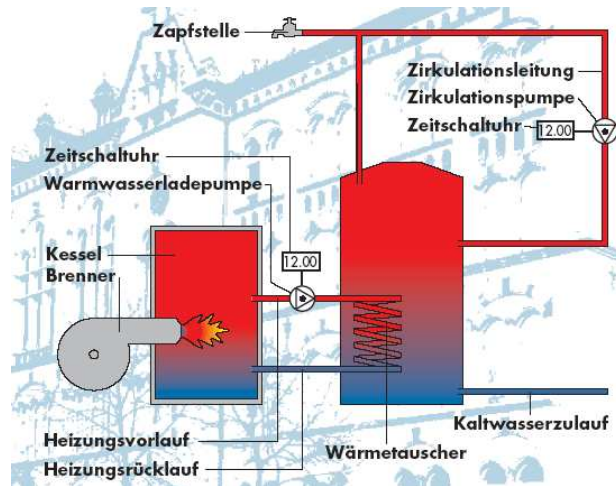
Empfehlung:

Rohrleitungen im Gebäude verfolgen: wo sind Rohre nicht oder schlecht gedämmt oder die Dämmung schadhaft? Nachisolieren bzw. instand setzen lassen (z.B. mit Mineralwolle) -> Hochbauamt Abt. HKL!
Dämmung auch an Kessel und Speicher prüfen lassen.

Zu beachten:

Nach Energieeinsparverordnung bestand eine Nachrüstpflicht für ungedämmte Heizungs- und Warmwasserleitungen in unbeheizten Räumen bis 12/2006!

Warmwasserbereitung



Quelle: Energieagentur NRW



Je nach Nutzung des Gebäudes (Küchen-, Sportbetrieb) beträgt der Anteil der WW-Bereitung ca. 5-10 % des Heizenergieverbrauchs.

2 Arten von Warmwasser(WW)-Systemen: Gruppenversorgung <-> Einzelversorgung

Zentrale Gruppenversorgung wird bei großem WW-Bedarf und zentral angeordneten Verbrauchern mit einem überwiegend indirekt beheizten Speicher (d.h. Beheizung über Heizkessel) sichergestellt (= primärenergetisch günstige Lösung).

z.B. Küchen mit Koch-/Aufwärmbetrieb

z.B. Duschen in Turnhalle -> hier empfiehlt es sich, aufgrund des hohen und dauerhaften WW-Bedarfes den Einbau einer thermischen Solaranlage zu prüfen! (bei ausreichender Ferienbelegung z.B. durch Vereine)

Allgemein:

Speichertemperatur gemäß DVGW-Arbeitsblätter fest auf 60°C einstellen; Temperaturdifferenz zwischen Speicher und Entnahmestelle max. 5 Kelvin; Aufheizmöglichkeit des Speichers auf 70°C als Legionellenprophylaxe (Therm. Desinfektion); WW-Auslauftemperatur an Armatur auf 37°C einstellen (Verbrühungsschutz). Speicherladepumpe und Zirkulationspumpe (diese gewährleistet schnellen Wassertransport an jede Zapfstelle) werden über die Heizungsregelung bedarfs- und zeitgesteuert. Wenn hygienisch einwandfreie Verhältnisse im Trinkwassernetz vorliegen, kann die Zirkulationspumpe bis zu 8 Stunden (Nachts) abgeschaltet werden.

Dezentrale Einzelversorgung bietet sich an, bei der Abnahme kleiner WW-Mengen (Teeküche, Putzraum, Beh.-WC) oder wenn die Verbraucher abseits liegen und dies hohe Transportverluste bedeuten würde.

Dezentrale Geräte: elektronisch beheizte Über-/Untertischspeicher oder Durchlauferhitzer

Empfehlung:

WW-Bedarf vor Ort prüfen (Wasserzähler in Speicherzulauf montieren) und Steuerung entsprechend anpassen; ggf. Speichergröße reduzieren, Frischwasserstation einbauen. Speicher im Sommer schließen oder Speicher/Zapfstellen ganz entfernen. Möglichkeit zur dezentralen oder solaren Warmwasserbereitung prüfen. Nur Kaltwasser für Klassenzimmer, Toiletten, Gebäudereinigung! Wasserspararmaturen einbauen!

Wärmeerzeuger

Technik und Typen

1. Fernwärme

Fernwärme wird im N-Ergie-Heizwerk zentral erzeugt (Kraft-Wärme-Kopplungsanteil 89,1 %) und über ein Fernwärmeleitungsnetz mit Wärmetauscher ins Gebäude eingebracht. Hier ist aus Kostengründen die Dimensionierung der Hausanschlußstation zu prüfen.

2. Konstanttemperaturkessel

Diese werden unabhängig von der gerade benötigten Heizleistung immer mit der gleichen Kesseltemperatur betrieben. (eingesetzt bis ca. 1980)

Merkmale einer Altanlage:

- evtl. Umstellbrandkessel für zusätzlich mögliche Verbrennung von festen Brennstoffen
- konstante Kesseltemperatur von ca. 90°C und mehr
- geringe Dämmung des Heizkessels
- hohe Abgastemperatur (> 200°C)
- Kesselleistung wahrscheinlich überdimensioniert durch damalige großzügige Auslegung oder zwischenzeitliche Wärmedämm-Maßnahmen im Gebäude (evtl. Brennerleistung größer als tatsächlich erforderlich: Brenner austauschen; evtl. mehrere Kessel vorhanden: evtl. einen stilllegen)
- einfache Steuerung, nicht witterungsgeführt

3. Niedertemperaturkessel

Ein wesentlicher Durchbruch wurde mit der Entwicklung dieses Kesseltyps erreicht. Hier fällt die Abgastemperatur im Teillastbetrieb mit sinkender Kesselwassertemperatur ab und damit reduzieren sich Abstrahlungs- und Bereitschaftsverluste exponentiell.

Die Kesseltemperatur paßt sich dem aktuellen Wärmebedarf an, indem sie in Abhängigkeit von der Außentemperatur zwischen 75°C (an den kältesten Tag en) und ca. 45°C (bei milder Witterung) geregelt wird. Dabei sind die Anforderungen der Kesselhersteller an den Mindestwert der Rücklauf-temperatur zu beachten, sonst kann es zu Korrosion an den Kesseln und Versottung des Schornsteins kommen.

4. Brennwertkessel

Während bei Niedertemperaturkesseln ein Kondensieren der Heizgase (Abkühlen) und damit ein Feuchtwasser auf den Heizflächen vermieden werden muß, ist dies bei der Brennwerttechnik ausdrücklich erwünscht: Hier wird gegenüber Niedertemperaturkesseln die im Wasserdampf (= Bestandteil der Abgase bei Verbrennung von fossilen Energieträgern) enthaltene Verdampfungswärme genutzt und den Abgasen zusätzlich weitere Energie entzogen; so konnte der Nutzungsgrad weiter verbessert werden. Heizkessel und Abgasanlage sind aus speziellem Material, so daß das Kondenswasser keinen Schaden anrichten kann (extra Wasserablauf am Kessel).

Die Kondensation des Wasserdampfes im Abgas kann aber nur erreicht werden, wenn die Rücklauf-temperatur der Heizanlage unter 57°C (Taupunkttemperatur für Erdgas; bei Heizöl EL 47°C) bleibt.

Deswegen ist bei Brennwertkesseln die Anlagenhydraulik von großer Bedeutung.

Gasbrennwerttechnik ist heute Stand der Technik. Mit der flächendeckenden Einführung von schwefelarmem Heizöl (< 50 ppm Schwefel/l Öl) wird auch die Ölbrennwerttechnik verstärkt eingesetzt. Mit der Verwendung dieses Heizöls werden Ablagerungen reduziert und es kann ggf. auf eine Neutralisations-einrichtung (wegen des sauren Kondenswassers) verzichtet werden.

In der Stadt Nürnberg beträgt der Anteil des Erdöls als Energieträger nur noch 3%.

5. BHKW

Diese können eine Alternative zum Fernwärmeanschluß sein. Sie produzieren Strom und Wärme, die vor Ort genutzt werden können. Sinnvoll ist der Einsatz eines BHKW vor allem dann, wenn Strom und Wärme in ausreichendem Maße und gleichmäßig über das Jahr verteilt benötigt werden.

Die häufigste Form sind gasbetriebene BHKW; denkbar sind auch BHKWs auf Pflanzenölbasis.

Meistens werden BHKW auf die Deckung der Wärme-Grundlast eines Gebäudes ausgelegt, so dass der Motor gleichmäßig über das Jahr durchlaufen kann. Für die Spitzenlast müssen weiterhin Heizkessel oder Fernwärme bereitstehen.

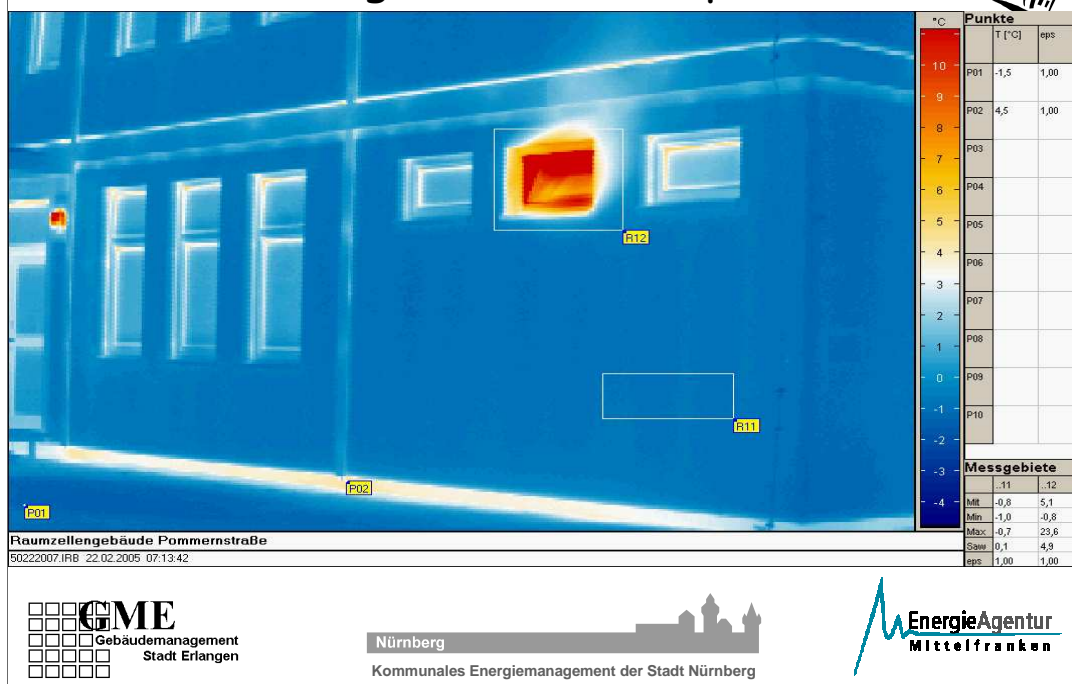
Lüftungsverluste Beispiel (1.)



Beispiel:

Schulgebäude, im Winter -2°C , 7.13 Uhr früh, Fenster gekippt;
wie lange schon? evtl. vom Putzpersonal am Vortag vergessen?
welche Stellung hat das Thermostatventil?

Lüftungsverluste Beispiel (2.)



Die Thermografie zeigt starken Wärmeverlust nach außen.

Menschen benötigen ausreichend Frischluft, damit sie in geschlossenen Räumen arbeiten können. Im Winter muß diese Frischluft über Heizkörper oder Heizregister im Lüftungsgerät auf Raumtemperatur erwärmt werden. Dies bezeichnet man als Lüftungswärmebedarf bzw. -wärmeverlust.

Im Winter soll nur so viel kalte Außenluft in das Gebäude eingelassen werden, wie für die darin arbeitenden Personen notwendig ist.

Pro Person sind ca. 20 m³/h (30 m³/h) Außenluft für niedrige (mittlere) Raumluftqualität erforderlich. (Nichtraucher)

Beispiel:

30 Schüler x 20 m³/hPers. = 600 m³/h

Raum (LxBxH) 10m x 10m x 3m = 300 m³

-> mindestens 2-facher Raumlufwechsel pro Stunde erforderlich!

Falsches Lüften ist oft der Grund für die größten Energieverluste in Gebäuden (15- 45 % Anteil). Deshalb sind Schüler und Lehrer immer wieder über das richtige Lüften aufzuklären!

Räume nach Frischluftbedarf, Luftfeuchte und Geruchsbelastung lüften!

Luftfeuchte:

Für ein gesundes Raumklima: rel. Luftfeuchtigkeit zwischen 30 und 60 %

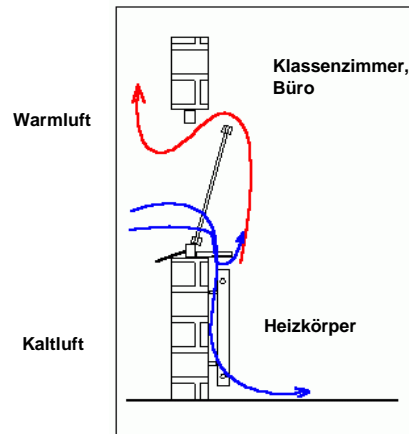
Ausnahmewerte:

bis 25 % im Winter (trockene Luft), bis 65 % im Sommer (feuchte Luft)

Die Luftfeuchte ist von der Temperatur abhängig:

Warme Luft nimmt mehr Feuchte auf als kalte Luft; d.h. ist es außen kälter als im Raum, kann man durch Lüften die Raumluf trocknen; die kalte Außenluft wird im Raum erwärmt und nimmt Feuchte auf. Auch bei Regen!

Kipplüftung



Quelle: heiz-tipp.de



Empfehlungen:

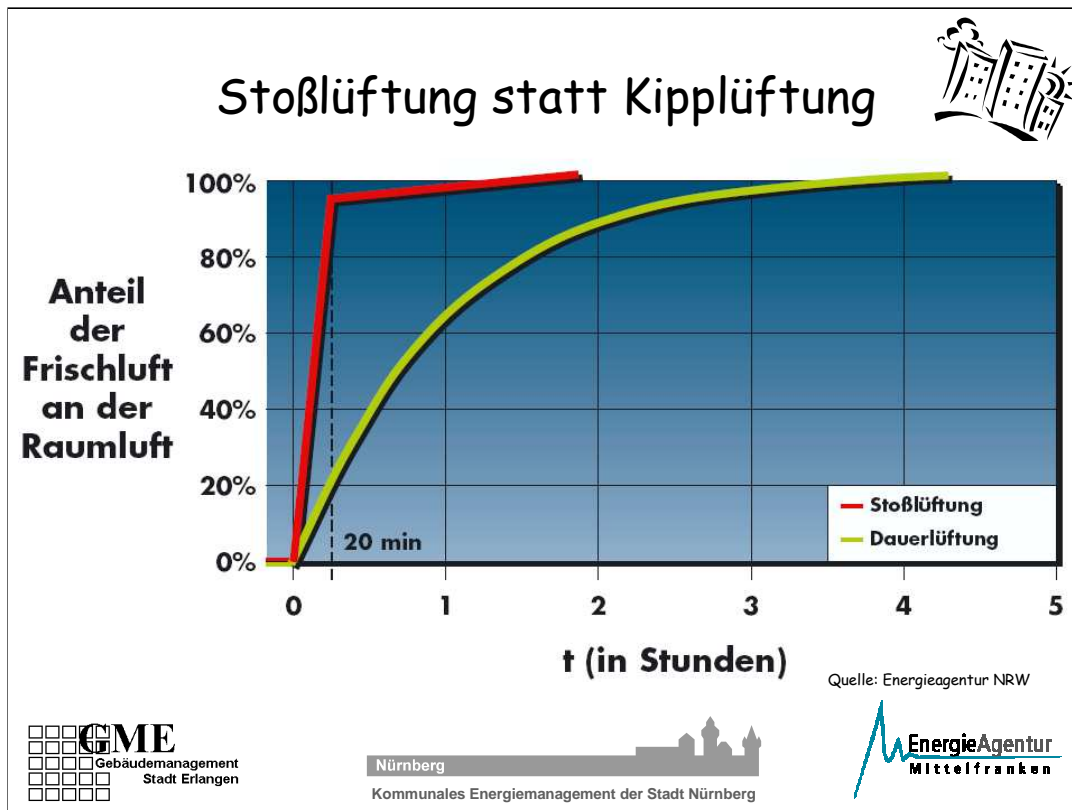
1. Dauer-Kipplüftung vermeiden (v.a. im Winter)

Durch die lange Öffnungszeit der Fenster (> 30-60 min.) fällt die kalte Luft auf das Thermostatventil, dieses öffnet, selbst wenn es auf die Stern-Frostschutzstellung (8°C) eingestellt ist, die Luft wird erwärmt und direkt zum Fenster hinaus transportiert („hinausgeheizt“).

Der Luftaustausch erfolgt sehr langsam, d.h. es dauert lange, frische Luft im Raum zu erhalten.

Am Boden bildet sich eine unangenehme Kaltluftschicht.

An den abgekühlten, fensternahen Bauteilen kondensiert Wasserdampf (Schimmel!).



2. Stoßlüften statt (Dauer-)Kipplüften

Durch die Stoßlüftung wird ein schneller Luftaustausch gewährleistet. In den Pausen bzw. Stundenwechseln sollte auf jeden Fall gelüftet werden. Die Thermostatventile sind während des Lüftens zu schließen (*), danach wieder auf die normale Stellung drehen.

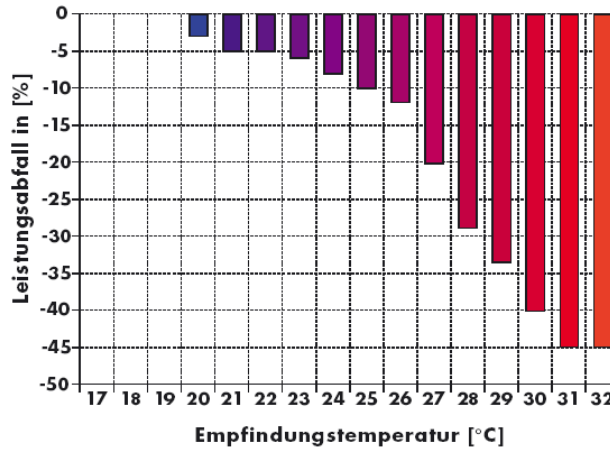
Vorteil der Stoßlüftung:

Ein kurzzeitiges Fensteröffnen eines Aufenthaltsraumes bewirkt nur das Absinken der Raumlufttemperatur, jedoch kein kritisches Auskühlen der Wände und Möbel.

Stoßlüftung im Winter: ca. 5-10 min.

Stoßlüftung im Sommer: bis 20 min., am besten morgens, Luftaustausch ermöglichen und gleichzeitig Aufheizung des Raumes durch höhere Außentemperaturen verhindern (Leistungsabfall!).

Leistungsabfall bei Temperaturanstieg



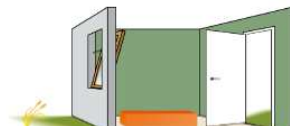
Quelle: Energieagentur NRW



Effizientes Lüften



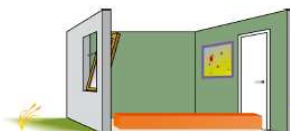
Querlüftung
Fenster/Türen auf
gegenüberliegenden
Raumseiten
ganz geöffnet



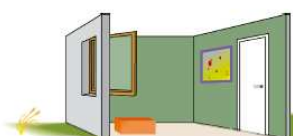
Querlüftung
Fenster gekippt,
gegenüberlie-
gende Tür ganz
geöffnet



Stoßlüftung
Fenster voll
geöffnet
Tür geschlossen



Fenster gekippt



Fenster halb
geöffnet
Tür geschlossen

Relative Zeitdauer für einen
kompletten Luftaustausch



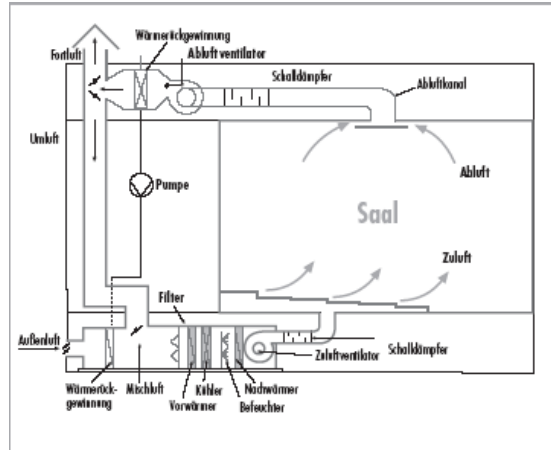
Quelle: Energieagentur NRW



3. Dichtungen von Fenstern und Türen prüfen und erneuern, verzogene Fensterrahmen richten lassen, defekte Fenster erneuern (Wärmeverlust durch Undichtigkeiten); aber nun ausreichendes Lüften sicherstellen!
4. Fenster und Türen (v.a. Außentüren, Windfänge) nach dem Unterricht schließen, ggf. auch Türschließer installieren oder Feststeller entfernen (Wärmeverlust ins Freie oder in kälteren Flur)
5. Türen zu kälteren Räumen geschlossen halten.

Darüber hinaus ist wiederholtes Stoßlüften, z.B. in der Stundenmitte, wichtig für die Raumluftqualität: Zielwert gemäß Arbeitsstättenrichtlinie **1500 ppm CO₂**
Bei Überschreitung bekommen die Schüler/Lehrer evtl. Kopfschmerzen.
Beispiel: „Miefampel“ mit optischem Signal der Stadt Erlangen

Zentrale Lüftungsanlage



Quelle: Energieagentur NRW



Aufgrund der Komplexität der Lüftungsanlagentechnik und der Thematik Raumluft-hygiene hier nur grundsätzliche Empfehlungen zur Energieeinsparung:
(in Abstimmung mit Hochbauamt Abt. Heizung bzw. Fachfirma)

Ist eine mechanische Lüftungsanlage erforderlich? (für innenliegende Räume, Aulen, Turnhallen in der Regel ja; für WCs sind evtl. dezentrale Lüfter mit Bewegungs-melder oder Lichtschalter mit Nachlauf möglich)

Stimmt die Luftleistung mit dem tatsächlichen Bedarf (im Normalfall anwesende Personenzahl x Außenluftmenge pro Person) überein? Evtl. kann die Lüftungsanlage auf eine niedrigere Luft-Fördermenge eingestellt werden.

Sind die Laufzeiten optimal eingestellt? (Betrieb nur bei tatsächlicher Raumnutzung bzw. Reduktion auf Grundlüftung, Verwendung von CO₂-Fühlern mit Ansteuerung der Lüftungsanlage)

Beim Betrieb der Lüftungsanlagen sind Fenster und Türen geschlossen zu halten.

Im Winter: überwiegend Umluftbetrieb (Umluft hat bereits Raumtemperatur), geringer Außenluftanteil (kalt).

Im Sommer: Sonnenschutzeinrichtungen nutzen, um Kühlbetrieb der Klimaanlage zu vermeiden; ebenfalls Beleuchtung optimieren, um keine zusätzliche Wärme durch Lampen zu erzeugen.

Kann der Lüftermotor gegen einen neuen, richtig dimensionierten Motor mit hohem Wirkungsgrad ausgetauscht werden?

Kann eine Wärmerückgewinnung nachgerüstet werden?

Regelmäßige Wartung:

Filter, Antriebe mind. 1/2-jährlich, da bei Verschmutzung und Verschleiß der Stromverbrauch steigt.

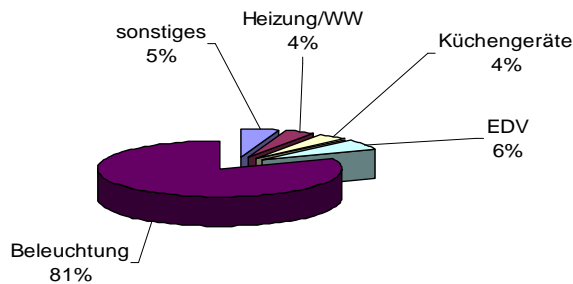
Sind die Ventilatoren drehzahlregelt bzw. auf Drehzahlregelung umrüstbar?



C. Elektrotechnik



Stromverbrauch einer Realschule (ohne Klimatisierung)



Quelle: Energieagentur NRW



Verständnisproblem

Unabhängig von der sonstigen technischen Ausstattung der Liegenschaft liegt das größte Potential zur Senkung der Energiekosten bei der Beleuchtung. Je nach Alter und Typ der Leuchtmittel und Bürogeräte kann die benötigte Leistung und somit der Stromverbrauch sehr unterschiedlich sein.

Hintergrundinformation

Besonders ältere Geräte tendieren zu einer größeren Leistungsaufnahme, bei neueren Geräten mit Energielabeln geht der Trend zu einer Reduzierung der angegebenen Werte.

Handlungsempfehlungen:

Aufgrund des geringeren Verbrauchs sollten Tintenstrahldrucker anstelle von Laserdruckern eingesetzt werden.

Soweit wirtschaftlich vertretbar, sollten bei Neuanlagen oder Sanierungen elektronische Vorschaltgeräte eingebaut werden (höhere Lichtausbeute, höhere Lebensdauer, Dimmung).

Nachtstrom nutzen.

Wenn möglich auf Aufzug verzichten.

Beleuchtung in nicht genutzten Räumen ausschalten; Bewegungsmelder oder Zeitschaltuhren nachrüsten (Flure, WCs).

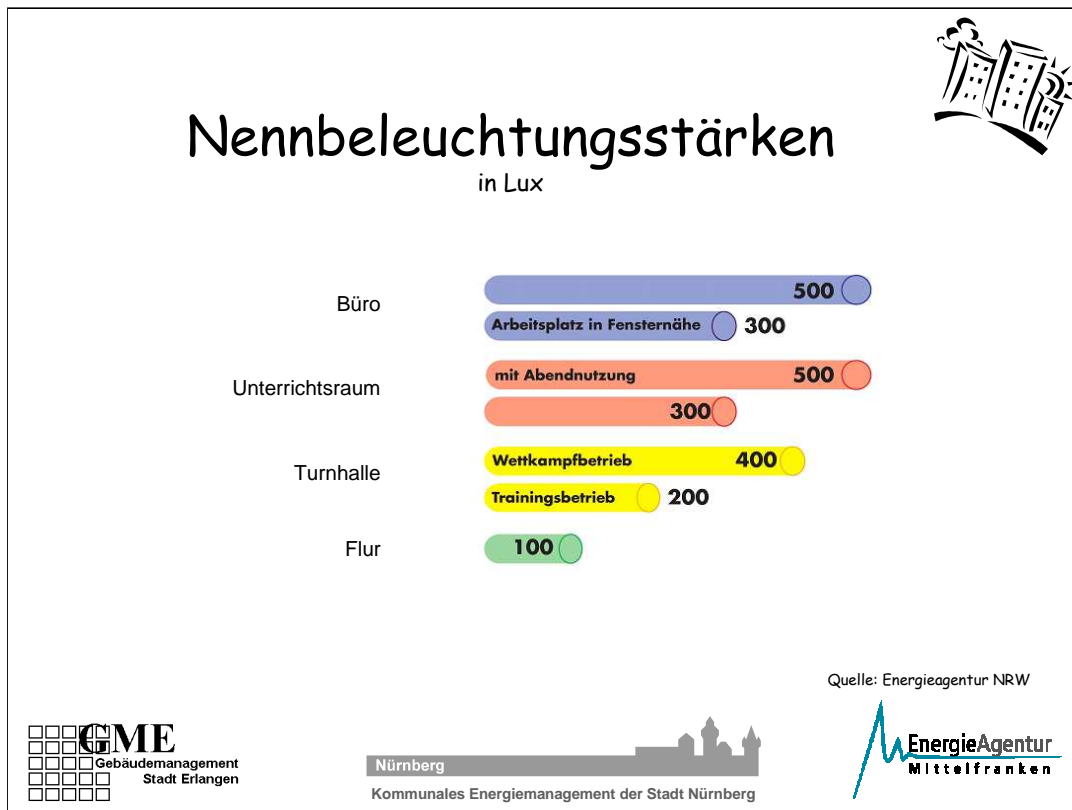
Beleuchtung bei ausreichend Tageslicht abschalten, ggf. bleibt nur das Tafellicht an.

Lichtbänder sollen in Klassenräumen getrennt schaltbar sein (Fenster-, Raumseite).

Vorhänge sinnvoll einsetzen im Hinblick auf Tageslichtnutzung, Verschattung, Wärmespeicherung (im Winter bei Schulschluß schließen).

Für Außenbeleuchtung Schaltzeiten festlegen, ggf. Bewegungsmelder einbauen.

Grundsätzlich sind beim Neukauf von Kühlschränken die Modelle der Energieeffizienzklasse A empfehlenswert (EU-Label). Der Verzicht auf das Gefrierfach spart ~ 20 % Energie.



Verständnisproblem

Die Prüfung der Beleuchtungsstärke ist ein Ansatz, Strom zu sparen. Es muss weiter diskutiert werden, warum für Büros, Unterrichtsräume und Turnhallen zwei Beleuchtungsstärken angegeben werden.

Hintergrundinformation

Die Beleuchtungsstärke ist die Basis für die Planung und Bewertung lichttechnischer Anlagen. Der räumliche Mittelwert der Beleuchtungsstärke muss mindestens so hoch sein wie die Nennbeleuchtungsstärke gemäß EN 12464-1 (alt: DIN 5035). In Arbeitsstätten darf die Beleuchtungsstärke an keinem Arbeitsplatz niedriger liegen als 60% der Nennbeleuchtungsstärke. Im allgemeinen bezieht sich die Nennbeleuchtungsstärke auf eine horizontale Fläche in 85 cm Höhe. Abweichend davon ist für Verkehrswege (z. B. Flure) die Beleuchtung in 20 cm Höhe (mittig) und für Sportstätten die Beleuchtung in 100 cm Höhe maßgebend. Bei der Festlegung der Nennbeleuchtungsstärke von 300 lux für einen Büroarbeitsplatz in Fensternähe wird davon ausgegangen, dass der Arbeitsplatz nur tagsüber besetzt und ein ausreichender Tageslichteinfall gegeben ist. Ansonsten beträgt die Nennbeleuchtungsstärke 500 lux. Bei Unterrichtsräumen (z.B. Klassenräumen in Schulen) wird ein ausreichender Tageslichteinfall als Normalfall angenommen. Bei Turnhallen ist die Nennbeleuchtungsstärke für Wettkampfbetrieb doppelt so hoch wie die Nennbeleuchtungsstärke für Trainingsbetrieb. Interessant ist, dass die höhere Beleuchtungsstärke für Wettkampfbetrieb nicht mit den Sehanforderungen der Sportler, sondern der Zuschauer begründet wird. Die Wettkampfbeleuchtung in Turnhallen sollte also nur eingeschaltet werden, wenn Zuschauer anwesend sind!

Für die Einhaltung normgerechter Beleuchtungsstärken ist eine regelmäßige Wartung der Beleuchtungsanlage erforderlich. Folgende Wartungsintervalle sind notwendig:

- **Reinigungsintervall von Leuchten, Lampen und Raum: alle 3 Jahre**
- **Intervall für Lampentausch: 3 Jahre**
- **Ausgefallene Lampen sind umgehend zu ersetzen.**

Lampen dürfen nur durch Lichtquellen gleichen Lichtstroms, gleicher Lichtfarbe und gleicher Farbwiedergabe ersetzt werden. Starter sind bei Lampenwechsel ebenfalls zu ersetzen. Künstliche Beleuchtung aus, wenn ausreichend Tageslicht vorhanden!

Möglichkeiten der Lichterzeugung



Temperaturstrahlung



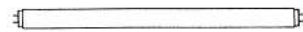
Elektrischer Strom bringt einen Draht (Wolframwendel) zum Glühen - Glühlampe

Gasentladung



Elektrischer Strom bringt ein Gas (Quecksilberdampf, Natriumdampf) zum Leuchten

Strahlungsumwandlung



Leuchtstoffe wandeln UV in Licht um – Leuchtstofflampe

Quelle: Energieagentur NRW



Verständnisproblem

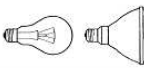

Es muss erläutert werden, dass bei der Gasentladung in einer Leuchtstofflampe ein großer Anteil der erzeugten Strahlung im UV-Bereich liegt und mittels des Leuchtstoffes in sichtbares Licht umgewandelt wird.

Hintergrundinformation

Die Temperaturstrahlung als Möglichkeit der Lichterzeugung ist den Teilnehmern geläufig. Eine Gasentladungslampe besteht aus einem geschlossenen Glaskörper, in den zwei Elektroden eingearbeitet sind und der mit Gas gefüllt ist. Ausgehend von den beiden Elektroden wird Strom durch das Gas geleitet. Dabei gibt das Gas elektromagnetische Strahlung ab. Bei einigen Gasentladungslampen liegt die Wellenlänge der Strahlung im sichtbaren Bereich. Speziell bei der Niederdruck-Quecksilberdampflampe (Leuchtstofflampe) entsteht jedoch ein großer Anteil Strahlung im UV-Bereich. Die Innenseite des Glaskörpers dieser Lampe wird daher mit einem Leuchtstoff beschichtet, der die für Sehzwecke nicht nutzbare UV-Strahlung in sichtbares Licht umwandelt (daher der Name Leuchtstofflampe). Durch Modifizierung bzw. Wegfall der Beschichtung lassen sich Lampen herstellen, die überwiegend UV-Strahlung abgeben (z.B. für Solarien oder für Entkeimungszwecke im Lebensmittelbereich). Bei Verwendung eines Schwarzglaskolbens gibt die Lampe nahezu ausschließlich UV-Strahlung ab. Der Fluoreszenzeffekt, den die UV-Strahlung auf bestimmte Stoffe auslöst, wird bei verschiedenen Analysemethoden, aber auch für die Effektbeleuchtung eingesetzt.

Eigenschaften von Lampen



	Lichtausbeutefaktor	Farbwiedergabe	Lichtstromkonzentration	Lebensdauer
 Glühlampen	1	gut	mäßig	niedrig
 Halogenglühlampen	2	gut	mäßig	niedrig
 Kompakt-Leuchtstofflampen mit Sockel E 27 und integriertem EVG bzw. VG	4	gut	mäßig	hoch
 Kompakt-Leuchtstofflampen mit separat untergebrachtem VG	4	gut	mäßig	hoch

Quelle: Energieagentur NRW



Verständnisproblem

Vor der Betrachtung der verschiedenen Lampentypen muss der Lichtausbeutefaktor erklärt werden.

Hintergrundinformation

Selbstverständlich lassen sich die Eigenschaften einer bestimmten Lampe durch konkrete Zahlenwerte beschreiben. Zu diesem Zweck müssen allerdings zum einen weitere Größen eingeführt werden (z.B. die Farbwiedergabestufe zur Kennzeichnung der Farbwiedergabe); zum anderen liegen die Zahlenwerte für einen Lampentyp z.T. innerhalb einer größeren Spanne (z.B. Lichtausbeute). Da die Folien letztendlich nur dazu dienen, dass die Teilnehmer erkennen, welche Lampentypen für die Beleuchtung von Bürobauten und Schulen geeignet sind, werden die Eigenschaften nur qualitativ beschrieben. Zur Ermittlung des Lichtausbeutefaktors wird die Lichtausbeute einer Standard-Glühlampe willkürlich auf „1“ gesetzt. Ein Lichtausbeutefaktor von „6“ (z.B. für die Leuchtstofflampe) bedeutet, dass die Lichtausbeute sechsmal so groß ist wie bei der Glühlampe. Farbwiedergabe „gut“ steht für die Farbwiedergabeklassen 1A und 1B, „schlecht“ für die Farbwiedergabeklassen 2B und höher. Die Niederdruck-Natriumdampflampe gibt monochromatisches gelbes Licht ab und ermöglicht keine Farbwiedergabe. Bei der Kennzeichnung der Lichtstromkonzentration wird (wie beim Lichtausbeutefaktor) von den gängigen Lampenleistungen ausgegangen. Damit scheiden wegen der hohen Lichtstromkonzentration alle Hochdruck-Gasentladungslampen für die Innenraumbeleuchtung bei normaler Raumhöhe aus. Als „niedrig“ wird eine Lebensdauer von 1.000 h bis 2.000 h bezeichnet, als „hoch“ eine Lebensdauer von 5.000 h und mehr. Nicht aufgeführt in der Tabelle sind die Lampenkosten. Diese liegen unter Berücksichtigung des Lichtstromes und der Lebensdauer bei stabförmigen Leuchtstofflampen bei weitem am niedrigsten.

Für die Beleuchtung von Bürobauten und Schulen eignen sich stabförmige Leuchtstofflampen bzw. bei geringer Nennbeleuchtungsstärke oder kleinen Räumen Kompaktleuchtstofflampen am besten.

Eigenschaften von Lampen



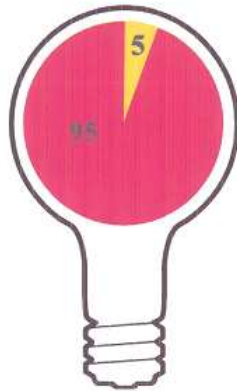
	Lichtaus- beutefaktor	Farbwieder- gabe	Licht- stromkon- zentration	Lebens- dauer
 Leuchtstofflampen	6	gut	mäßig	hoch
 Hochdruck-Quecksilberdampflampen	4	gut bis mittel	hoch	hoch
 Hochdruck-Metallhalogendampflampen	6	gut	hoch	hoch
 Niederdruck-Natriumdampflampen	12	sehr schlecht	hoch	hoch
 Hochdruck-Natriumdampflampen	8	mittel bis schlecht	hoch	hoch

Quelle: Energieagentur NRW

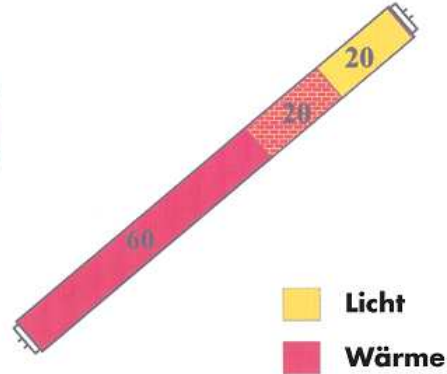
Energieeffizienz



Temperaturstrahlung



Gasentladung



■ Licht
■ Wärme

Quelle: Energieagentur NRW

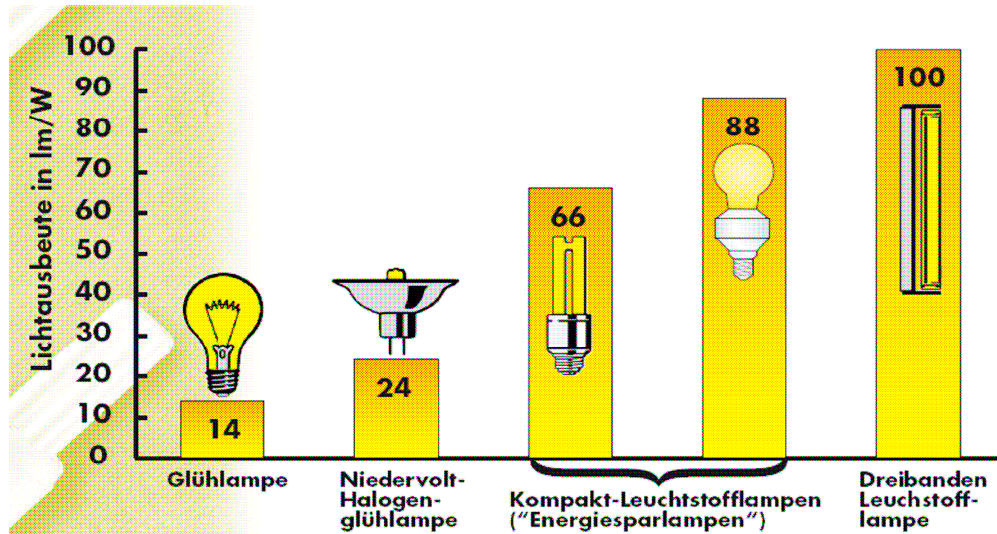


Hintergrundinformation

Die beiden gängigen Methoden der Lichterzeugung sind aus energetischer Sicht sehr unterschiedlich zu bewerten:

Bei der Temperaturstrahlung (Glühlampe) werden nur etwa 5% der zugeführten elektrischen Energie in Licht umgewandelt, bei der Gasentladung (Leuchtstofflampe) bis zu 40 %. Zur Erzeugung eines bestimmten Lichtstroms wird also bei der Gasentladung im günstigsten Fall nur 1/8 der Energie benötigt wie bei der Temperaturstrahlung. Wie die Folie zeigt, gibt es aber auch Gasentladungslampen, bei denen lediglich 20 % der zugeführten Energie in Licht umgesetzt werden. Auch bei Gasentladungslampen (insbesondere bei Leuchtstofflampen) kann die energetische Qualität sehr unterschiedlich sein.

Lichtausbeute von Lampen



Quelle: Energieagentur NRW

Nürnberg

Kommunales Energiemanagement der Stadt Nürnberg



„Lichtlügen“



Vorbehalte gegenüber Energiesparlampen:

- Energiesparlampen sind teuer
- das Einschalten braucht viel Energie
- häufiges Einschalten verkürzt die Nutzungsdauer massiv
- Energiesparlampen geben kaltes Licht
- das Licht flackert und flimmert



Quelle: Energieagentur NRW



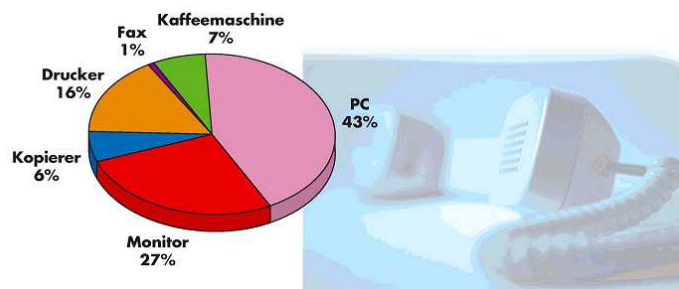
Verständnisprobleme

Hier ist aufgrund der starken Verbreitung der dargestellten „Lichtlügen“ mit Verständnisproblemen bei einigen Teilnehmern zu rechnen, denen durch eine sachliche Vermittlung der Hintergrundinformationen begegnet werden kann.

Hintergrundinformationen

- „Energiesparlampen sind teuer“: Die Auffassung, dass Energiesparlampen teurer sind als herkömmliche Glühlampen, ist weit verbreitet, jedoch nur bedingt richtig, weil nur der Kaufpreis, nicht aber die unterschiedliche Lebensdauer und die stark differierenden Leistungsaufnahmen berücksichtigt werden. Im Vergleich zur Glühlampe erzeugt die Energiesparlampe mit bis zu 80 Prozent weniger Energie die gleiche Lichtausbeute, daher entspricht eine 15 Watt-Energiesparlampe einer 75 Watt-Glühlampe; die durch eine Energiesparlampe verursachten Stromkosten betragen nur ein Fünftel im Vergleich zur Glühbirne. Außerdem entspricht die Lebensdauer einer Energiesparlampe der von etwa 6 – 14 Glühlampen.
- „Das Einschalten braucht viel Energie“: Der Stromverbrauch beim Einschalten ist nicht höher als während des Dauerbetriebes. Es fließt zwar beim Einschalten ein höherer Strom, dies geschieht allerdings nur während ca. 170 Millisekunden und wird nicht vom Stromzähler erfasst.
- „Häufiges Schalten verkürzt die Lebensdauer massiv“: Für Anwendungen mit häufigem Schalten (Treppenhaus, Bewegungsmelder im Außenbereich u. ä.) eignen sich nur Lampen mit hoher Schaltfestigkeit. Energiesparlampen mit Vorheizfunktion sind in der Regel schaltfest: selbst bei fast 200.000 Schaltvorgängen liegt die Lebensdauer von qualitativ guten Energiesparlampen mittlerweile bei über 14.000 Stunden; bei einer täglichen Brenndauer von sechs Stunden entspricht dies bei täglich 76 Schaltvorgängen einer Lebensdauer von fast sieben Jahren (Quelle: Stiftung Warentest, Ausgabe 5/2003). Energiesparlampen ohne Vorheizfunktion sind weniger schaltfest und für Anwendungen mit häufigem Schalten daher nicht geeignet.
- „Energiesparlampen geben kaltes Licht“: Mittlerweile gibt es bei Energiesparlampen verschiedene Lichtfarben und –spektren. Mit so genannten Dreiband-Lampen und der Lichtfarbe „warmweiß“ oder „extraweiß“ wird ein Licht erzeugt, das bezüglich der Farbwiedergabe nicht mehr vom Glühlampenlicht zu unterscheiden ist.
- „Das Licht flackert oder flimmert“: Moderne Lampen sind mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) ausgerüstet, die die Röhre mit einer Frequenz von 40.000 Hertz zum Leuchten bringen; das menschliche Auge nimmt jedoch nur Schwingungen bis zu 60 Hertz wahr. Mit EVG ausgestattete Energiesparlampen erzeugen demnach kein flackerndes oder flimmerndes Licht.

Aufteilung des Stand-by-Verbrauchs von Bürogeräten



Quelle: Energieagentur NRW



Verständnisprobleme

Im allgemeinen wird unterschieden zwischen Leerlauf und Stand-by-Modus. Darüber hinaus sind von den verschiedenen Herstellern zahlreiche andere Begriffe wie Power-Save-Modus, Sleep-Modus, Koma-Modus etc. geprägt worden. Sie sollen signalisieren, dass sich die Modi in der Leistungsaufnahme unterscheiden; sie sind einheitlich definiert, so dass sich keine Rückschlüsse auf die tatsächliche Leistungsaufnahme im jeweiligen Modus ziehen lassen. Als Stand-by im eigentlichen Sinne können nur Bereitschaftshaltung-, Empfangsbereitschafts- und Erhaltungsbetrieb bezeichnet werden. Da jedoch die Anwendung des Stand-by-Begriffs auch für die anderen Leerlaufverluste sehr verbreitet ist, soll dieser Sprachgebrauch hier übernommen werden.

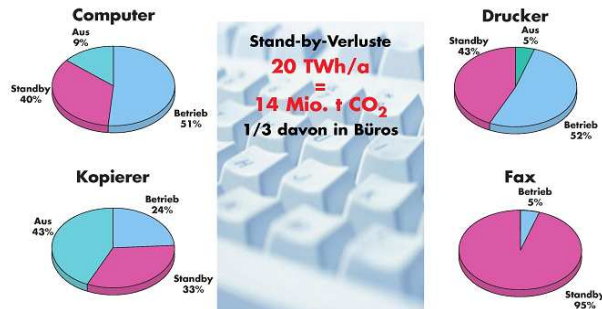
Hintergrundinformationen

Der jährliche Energieverbrauch von elektrischen Geräten im Stand-by-Modus beträgt laut einer vom Umweltbundesamt in Auftrag gegebenen Studie bundesweit ca. 20 TWh (20×10^9 kWh). Ein Drittel dieses Verbrauchs entfällt auf die Gruppe der Bürogeräte. Zum Vergleich: Im Jahr 2000 betrug der gesamte Stromverbrauch in Deutschland rund 500 TWh. Das bedeutet: Etwa 1,3 % des gesamten Verbrauchs an elektrischer Energie entfielen auf den Stand-by-Betrieb der Bürogeräte (mit Atomstrom! = ca. 2 Atomkraftwerke!).

Handlungsempfehlungen

Der Stand-by-Verbrauch von Bürogeräten kann, bis auf die Telefonanlage, mit einfachen Mitteln reduziert werden. Grundsätzlich gilt: Geräte nur einschalten, wenn sie gebraucht werden. Für den Betrieb der Bürogeräte und PCs ist die Nutzung einer schaltbaren Steckerleiste sinnvoll, mit der nach dem Arbeitsende zahlreiche Geräte komplett vom Stromnetz getrennt werden können (viele Bürogeräte verbrauchen auch im vermeintlich ausgeschalteten Zustand noch Strom!). Faxgeräte und Modems dagegen sollten nicht vollständig vom Stromnetz getrennt werden.

Stromverbrauch bei verschiedenen Betriebszuständen



Quelle: Energieagentur NRW



Verständnisprobleme

Es gibt eine Reihe elektrischer Geräte, die bei Nichtnutzung nur selten abgeschaltet werden.

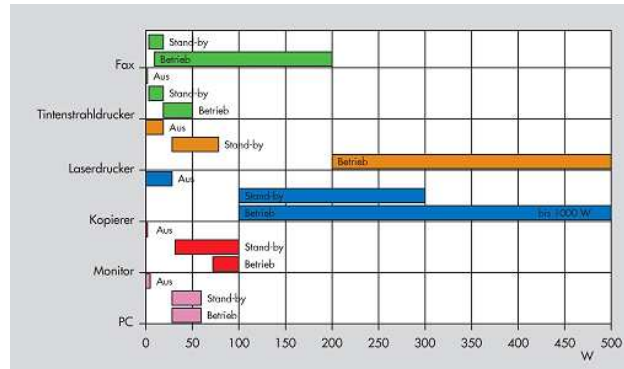
Hintergrundinformationen

Computer: Das Bild zeigt den Stromverbrauch eines Computers mit Kathodenstrahl-Bildschirm, der über die Hälfte eines 8,5-stündigen Arbeitstages aktiv genutzt (120 W) und den Rest der Zeit im Leerlauf (100 W) betrieben wird. Im ausgeschalteten Zustand nimmt der Computer immer noch 4,8 W auf. Insgesamt werden 49 % der Energie verbraucht, ohne dass ein Nutzen erzielt wird. Pro Jahr hochgerechnet werden 280 kWh Strom verbraucht.

Kopierer: Bei einem typischen Arbeitstag wird der Kopierer zu Beginn des Arbeitstages eingeschaltet und in diesem Zustand bis Arbeitsende belassen. Ein Kopierer bleibt $\frac{3}{4}$ des Arbeitstages im Stand-by (100 W), und während $\frac{1}{4}$ der Zeit werden Kopien erstellt (220 W). Im ausgeschalteten Zustand werden 30 W aufgenommen. Der Jahresverbrauch summiert sich auf 470 kWh. Drucker werden ebenso wie Kopierer zu Beginn des Arbeitstages eingeschaltet, $\frac{1}{4}$ der Arbeitszeit genutzt (220 W) und den Rest der Arbeitszeit im Leerlauf (85 W) betrieben. Die Leistungsaufnahme im ausgeschalteten Zustand beträgt 2,5 W. Es entsteht somit ein jährlicher Energieverbrauch von 305 kWh.

Faxgeräte: Das Faxgerät bleibt immer eingeschaltet, wird aber nur 260 Stunden im Jahr zum Senden und zum Empfang (13 W) von Dokumenten genutzt; in der Empfangsbereitschaft liegt die Leistungsaufnahme bei 13 W. So ergibt sich ein jährlicher Stromverbrauch von 65 kWh, von dem nur 5 % der aktiven Nutzung dienen.

Typische Leistungsgrößen von Bürogeräten in verschiedenen Betriebszuständen



Quelle: Energieagentur NRW



Handlungsempfehlungen

Wenn sie nicht benutzt werden, sollten die Geräte (außer das Faxgerät) ausgeschaltet werden. Server zumindest in den Ferien ganz abschalten.

PCs und Monitore bei einer Unterbrechung der PC-Arbeit von mehr als 1 Stunde komplett abschalten. Monitore in den Pausen (z.B. ab 15 min.) ausschalten.

Bildschirmschoner (farbig, bewegte Bilder) sind energetisch ungünstig. Besser schwarzen Hintergrund wählen.

Laptops oder PCs mit TFT-Flachbildschirm verwenden:

Moderner PC mit 17"-TFT-Bildschirm: ca. 100 W

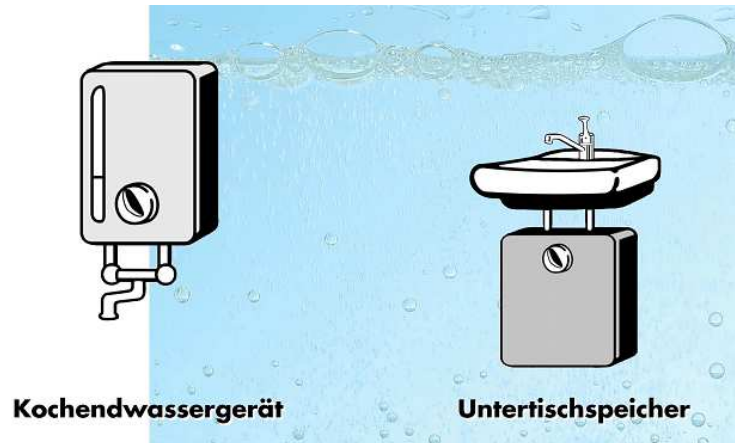
Standard-PC mit 17"-Röhrenbildschirm: bis ca. 200 W

Laptop 15": ca. 40 W

Zentrale Steckerleisten mit Ein/Aus-Schalter oder Zeitschaltuhren für Drucker/Kopierer (z.B. von 8.00 – 16.00 Uhr) benutzen.

In den EDV-Räumen zentralen Schüsselschalter EIN/AUS verwenden.

Dezentrale Warmwasserbereitung



Quelle: Energieagentur NRW



Verständnisprobleme

Es ist nicht erforderlich, für geringe Warmwasserabnahmemengen einen zentralen Speicher zu betreiben.

Hintergrundinformation

In einem öffentlichen Gebäude ist eine zentrale Warmwasserbereitung in der Regel nicht sinnvoll, wenn nur geringe Warmwassermengen benötigt werden. In diesen Fällen sollte eine dezentrale elektrische Warmwasserbereitung eingesetzt werden. Das Heißwassergerät liefert bedarfsgerecht die gewünschte Wassermenge mit der notwendigen Temperatur. Die Untertischspeicher werden häufig im Dauerbetrieb genutzt und heizen ein Wasservolumen von 2 bis 5 Litern regelmäßig auf. Als erster Schritt sollte geprüft werden, welche Warmwassermengen zu welchem Zeitpunkt erforderlich sind. Im zweiten Schritt kann die Betriebszeit der elektrischen Warmwasserbereiter begrenzt werden. Dies kann über steckbare Zeitschaltuhren geschehen oder mittels so genannter Thermostopschalter erfolgen. Thermostopschalter können bei Warmwassergeräten, die an Steckdosen betrieben werden, zwischen Steckdose und Gerätestecker eingesetzt werden. Durch Betätigen eines externen Schalters wird eine einmalige Aufladung/Beheizung (z.B. für Putzpersonal) ausgelöst.

Variante dazu: Klein-Durchlauferhitzer; diese können aber nachträglich oft nicht eingebaut werden, da ihre elektrische Anschlussleistung dickere Stromkabel erfordern. Ein normaler Anschluss für Untertischspeicher (1,5 mm²-Leitungen, 230 V) stellt max. 3,7 kW zur Verfügung.

Verbrauch: Klein-Durchlauferhitzer ca. 114 kWh/a (Warmwasserleistung ca. 2 l/min.)

5 l-Untertischspeicher Stufe E mit Schaltuhr: ca. 126 kWh/a

5 l-Untertischspeicher Stufe E ohne Schaltuhr: ca. 166 kWh/a

Handlungsempfehlungen

Die tatsächlich benötigten Wassermengen und die Zeiträume der Warmwasserbereitstellung sollten überprüft und elektrische Zeitschaltuhren oder Thermostopschalter eingebaut werden.

Gasdurchlauferhitzer sollten für die dezentrale Warmwasserbereitung nicht mehr zur Verwendung gelangen.

KEiM im Schulalltag



Checkliste zur Abschaltung von Elektrogeräten in den Schulferien

Schuljahr 2005		Ausgeschaltet am:					
		Weihnachten	Fasching	Ostern	Pfingsten	Sommer	Herbst
DV- und Kommunikationsgeräte mit Standbyfunktion							
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
Warmwasserspeicher							
1. z. B. Teeküche Zimmer 401							
2.							
3.							
4.							
5.							
Kühlschränke							
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
Getränkeautomaten							
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
Sonstiges (z. B. Druckluftkompressen)							
1.							
2.							
3.							