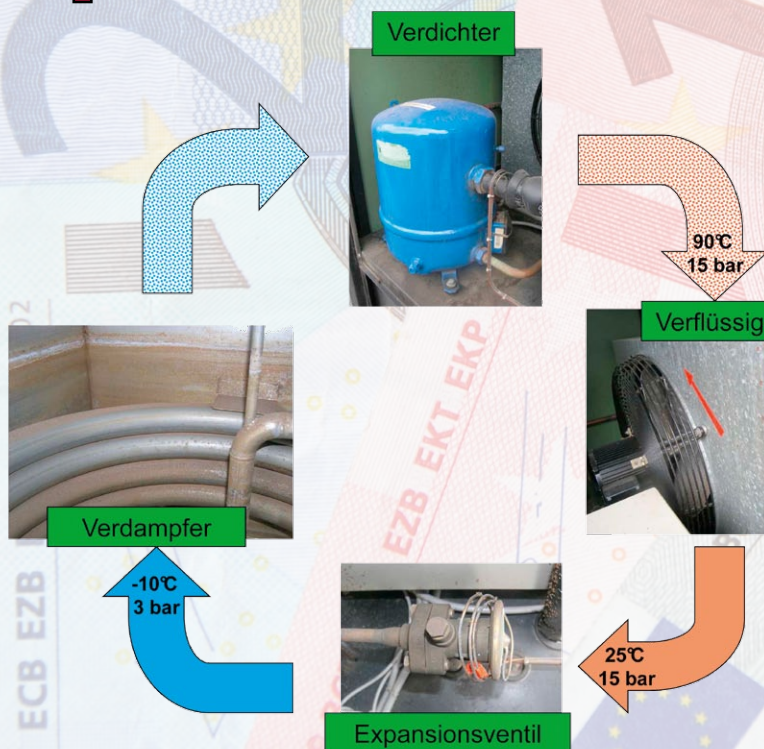


# Sparen beim Kühlen!



Der Energieverbrauch in der Kellerwirtschaft ist zweifelsohne in den letzten 20 Jahren gestiegen. Parallel dazu ist aber auch besonders die Weißweinqualität gestiegen. Beim Thema Energieeffizienz und -einsparung rückt vor allem die Kühltechnik immer wieder in den Mittelpunkt der Betrachtungen. Ist das wirklich gerechtfertigt? Der Autor Bernhard Degünther stellt immer wieder fest, dass es beim Thema Kühltechnik nach wie vor Unklarheiten über die Funktionsweise einer Kältemaschine gibt.

Abb. 1: Aufbau einer Kältemaschine am winzerüblichen Beispiel eines Kühlwasserrückkühlgerätes

**B**esonders im Zusammenhang mit Stromverbrauch und CO<sub>2</sub> Food Print werden die abenteuerlichsten Zahlen genannt. Aus dem Grund wird versucht auf einfache und verständliche Weise die Funktionsweise einer Kältemaschine zu erklären. Es sollen aber auch Einsparpotenziale durch Verhaltensänderungen des Winzers aufgezeigt werden. Die einfache, aber hoffentlich praxisnahe Darstellung beinhaltet Ungenauigkeiten, und lässt Randbedingungen außer Betracht.

**Funktionsweise einer Kompressionskältemaschine (Kältemaschine)**  
 Eine Kältemaschine besteht im Wesentlichen aus vier Bauteilen (Abb. 1):  
 → Verdichter  
 → Verflüssiger  
 → Expansionsventil  
 → Verdampfer  
 Alle vier Bauteile sind mit einer hermetisch abgeschlossenen Leitung miteinander verbunden (Hier darf nur ein Kühltechniker

Hand anlegen!). In dieser Leitung fließt ein technisches Kältemittel (zum Beispiel R 407C oder R 410A). Kältemittel haben die Eigenschaft, sehr reaktionsschnell durch Änderung ihres Aggregatzustandes Wärmeenergie abzugeben oder zu verbrauchen. Kühlung ist immer der Entzug von Wärme.  
 Das Kältemittel wird zunächst im Verdichter auf ein hohes Druckniveau komprimiert. Durch Verdichten eines Gases erhöht sich seine Temperatur (siehe Handluftpumpe).

**ZUR INFO 1**

Wärmemenge 1 Kcal = 1 l Wasser von 14,5 °C auf 15,5 °C (um 1 °C) zu erhöhen  
 Wärmekapazität (Q) = Liter (m) x Temperaturdifferenz (Δ T) x Spezifische Wärmekapazität (c) (wird vernachlässigt)  
 859 Kcal = 1 KW

Rechenbeispiel:  
 Es sollen 4 000 l Most in 5 Stunden von 21 °C auf 13 °C heruntergekühlt werden. Wieviel Kühlkapazität pro Stunde ist erforderlich?

4 000 l x 8 °C = 32 000 Kcal  
 32 000 Kcal: 5 Stunden = 6 400 Kcal/Std.  
 6 400 Kcal: 859 = 7,45 KW/Std.

Kältemaschinengröße für einen Winterbetrieb:  
 Empirischer Planungswert: 0,17 Kcal/Liter Tankraum/Stunde  
 200 000 l x 0,17 Kcal = 34 000 Kcal: 859 = 39,58 KW

**ZUR INFO 2**

Alkoholische Gärung: 1 Liter Most 18 bis 23 Kcal Wärmeproduktion (nach Troost)  
 Stromverbrauch für die Kühltechnik (ohne Energieverbrauch für Aufwärmung, ohne Abstrahlverluste etc.)  
 Theoretische Prozesswärme:  
 200 000 l x 23 Kcal = 4 600 000 Kcal: 859 = 5 355 KW  
 1 l Heizöl = 10 000 Kcal = 11,64 KW  
 5 355 KW: 11,64 KW = 460 l Heizöl  
 Stromverbrauch laut Industrieangaben – Leistungszahl EER:  
 Verhältnis 3:1 (Kühlleistung : Stromaufnahme)  
 5 355: 3 = 1 785 KWh  
 Stromverbrauch unter Praxisbedingungen (inklusive Lüfter vom Verflüssiger + Wasserpumpe)  
 Verhältnis 2,09 : 1  
 5 355 : 2,09 = 2 562 KWh

Im Jahr 2011 gemessen im 22 ha Betrieb = 4 600 KWh

Im folgenden Verflüssiger (erster Wärmeüberträger) wird durch einen elektrischen Lüfter das gasförmige Kältemittel abgekühlt und damit verflüssigt (siehe Kondensation von Wasserdampf). Der Druck ist immer noch hoch. Die Verflüssigung ist mit einer Wärmeabgabe verbunden. Der nicht unerhebliche Luftstrom hat zirka 35 °C Lufttemperatur.

Das jetzt flüssige Kältemittel wird mit dem Expansionsventil auf ein niedrigeres Druckniveau entspannt. Durch Entspannen eines Gases erniedrigt sich seine Temperatur (siehe Eisbildung beim Entspannen von SO<sub>2</sub> oder CO<sub>2</sub> Druckflaschen).

Im anschließenden Verdampfer (zweiter Wärmeüberträger) verdampft das Kältemittel unter Wärmeaufnahme (=Kühlung). Verdampfen ist mit Wärmeentzug aus der Umgebung verbunden.

Das jetzt wieder gasförmige Kältemittel erreicht den Verdichter, und der Kreislauf kann von vorne beginnen.

Der Prozess muss von außen durch Zufuhr von mechanischer Arbeit (Antriebsleistung) über den Kompressor in Gang gehalten werden.

Der thermische Wirkungsgrad einer Kühl- oder Heizleistung bezogen auf die eingesetzte mechanische Arbeit wird als Leistungszahl oder Leistungsziffer bezeichnet. In der älteren Literatur wird das Symbol  $\epsilon$  für die Leistungszahl verwendet. In der aktuellen Normung werden die englischen Bezeichnungen verwendet; für eine Kälteanlage wird der Begriff EER (energy efficiency ratio) verwendet.

EER = Kühlleistung; elektrischer Antriebsleistung Verdichter

Die grobe Leistungszahl für Kühlmaschinen lautet:

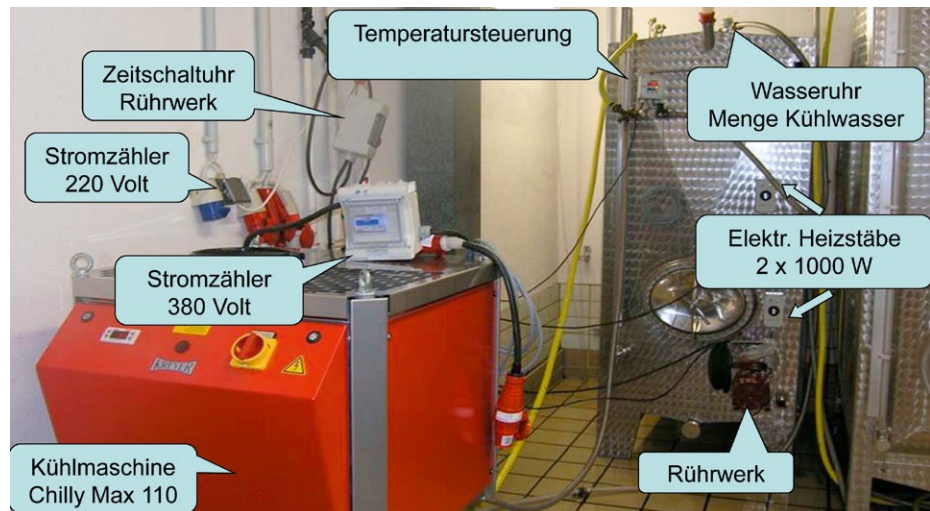


Abb. 2: Simulationsversuch zum Stromverbrauch

EER = 3:1 oder klarer ausgedrückt, wenn man 3 KW Kühlleistung haben will, muss man 1 KW elektrische Antriebsleistung investieren, **und nicht umgekehrt.**

**Berechnung der Kühlmaschinengröße**

Aus der Berechnung der Kühlmaschinengröße wird auch heute noch oft eine Doktorarbeit gestrickt. Aber es gibt eine einfache Multipli-

**ZUR INFO 3**

**Vorsicht falsche Angaben!**

Man bedenke, dass zur Zeit in der Kellerwirtschaft ein gesamter Stromverbrauch von 18 KWh/hl Wein unterstellt wird.

Danach wäre der gesamte Jahresverbrauch von Strom im Betrieb:  
2 000 hl x 18 KWh/hl = 36 000 KWh

Literaturangabe von 8,34 KWh / hl Most für die Gärkühlung: 2 000 hl x 8,34 KWh = 16 680 KWh

Laut einer CO2 Food Print Studie  
9 000 KWh / 7 500 l Most  
allein für die Gärkühlung  
200 000 : 7 500 l = Faktor 26,6 x 9 000 KWh = 239 400 KWh

**wineLab** schnell und einfach!

## Automatisches Most- und Weinanalysensystem

**Zur Messung im Keller/Labor von:**

• Gesamtsäure	• Fructose
• flüchtige Säure	• Gesamtzucker
• freie und gesamte SO <sub>2</sub>	• Anthocyane
• ph-Wert	• Polyphenole
• Äpfel- und Milchsäure (BSA)	• Stickstoff
• Alkohol	• Weinfarbe (mit wineColor)
• Glucose	

**Ideale Ergänzung zu Vinoquant 20!**

GmbH

Aräometer- , Thermometerfabrik  
Stephanienstr. 42-44 • D-76133 Karlsruhe  
Tel. 0721/22491 • Fax 0721/27903

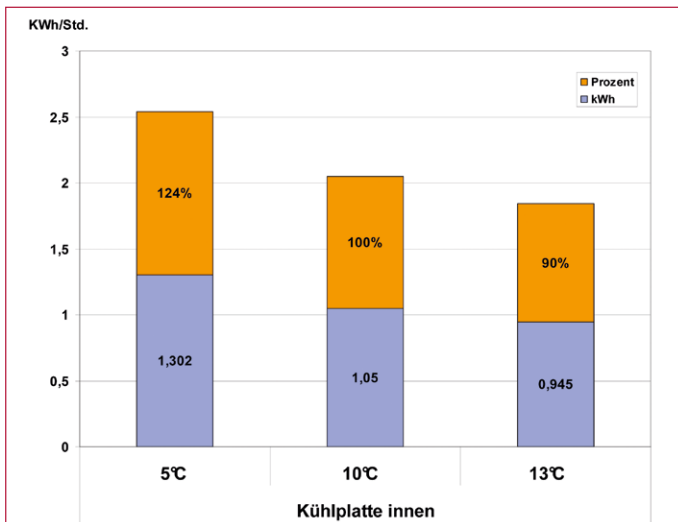


Abb. 3: Stromverbrauch bei verschiedenen Kühlwassertemperaturen

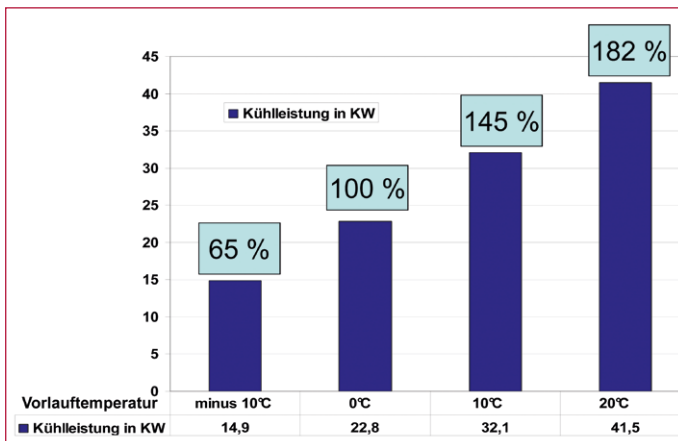


Abb. 4 : Kaltwassersatz MCK 320

kation mit einem empirischen (in der Praxis ermittelten) Wert. Dieser Faktor beinhaltet die Bedingungen bei der Weißweinvergärung im Gärtemperaturbereich von 15 bis 20 °C innerhalb einer Ernteperiode von drei Wochen (gleichmäßige winzerübliche Einlagerung).

Im Infokasten 1 sind die Berechnungen der Wärmemengen und die Bestimmung der Kühlmachinengröße aufgeführt. Ein 20 ha-Betrieb mit ausschließlichm Weißweinausbau würde demnach eine Kühlmachine mit rund 40 KW Kühlleistung in der Stunde benötigen.

Der Verfasser will hiermit nicht die Beratungsleistung der Fachfirmen schmälern. Eine individuelle Berechnung vor Ort ist auch deshalb notwendig, da andere Anforderungen (Rückkühlen erhitzter Rotmeste; Kühlung von Maischegärtanks; Keltermostkühlung usw. ) die Maschinenauslegung stark beeinträchtigen können.

**Der sagenumwobene Stromverbrauch der Kühltechnik**

Dieser Punkt hat den Autor veranlasst diesen Artikel zu schreiben. Hier kursieren die unglaublichsten Zahlen. Wenn dann mit diesen falschen Zahlen Studien zum CO<sub>2</sub> Food Print erstellt werden, gerät das Produkt Wein in ein ungerechtfertigtes schlechtes Licht. Im Infokasten 2 wird versucht auf stark vereinfachte Weise den möglichen Stromverbrauch von Kühlmaschinen darzustellen. Es werden aber auch Messergebnisse und Berechnungsgrundlagen des DLR RNH in Oppenheim genannt.

Bei der theoretischen Prozesswärme während der alkoholischen Gärung entstehen bei 200 000 Liter Most 5 355 KW Wärmeenergie. Wenn dieser Wert in Heizöl umgerechnet wird, so entspricht dies rund 460 Liter Heizöl. Dies wird nur mal so geäußert, falls jemand auf die Idee kommt, die kurzzeitig anfallende Gärungswärme irgendwie zu speichern, und für die Beheizung des Wohnhauses im Winter zu nutzen.

Wenn mit der allgemeinen Leistungszahl (EER = 3:1) gerechnet wird, so hätte man einen Stromverbrauch von 1 785 KWh.

Im Jahr 2011 wurden am DLR Stromverbrauchsmessungen bei Kühlaufgaben gemessen. Unter diesen Praxisbedingungen ergab sich nun der wesentlich ungünstigere Faktor von 2,09. Es wurde also mit 1 KW Stromaufnahme nur 2,09 KW Wärmeleistung (= Kühlleistung) erzielt. Woher kommt das? Man erinnert sich, dass in der Leistungszahl EER nur die elektrische Antriebsleistung für den Verdichter berücksichtigt wird. Der Winzer hat aber ein Komplettgerät, wo auch noch zusätzlich ein Stromverbrauch für den Lüfter am Verflüssiger und vor allem für die eingebaute Umwälzpumpe des kalten Wassers hinzuge-rechnet werden muss. Also muss der tatsächliche Stromverbrauch für die funktionsfähige Kühlmachine mit 2 562 KWh veranschlagt werden.

In einem rheinhessischen 22 ha-Betrieb wurde eine Strommessung über den gesamten Gärzeitraum in 2011 vorgenommen. Der Stromverbrauch lag bei 4 600 KWh. Der Mehrverbrauch gegenüber der Rechnung ist damit zu erklären, dass zusätzlich Weißweinstock zurückgekühlt wurde, Rotmaischegärtanks gekühlt und Weine mit Kühltechnik abgestoppt wurden. Genauere Messprotokolle werden im Herbst 2012 erstellt.

**DIRO – das bewährte Vogel- und Wildabwehrsystem**

- **NEUHEIT – mit 4 eingebauten Lautsprechern!!!**
- mit beliebig einstellbaren Geräuschen
- einfache Montage bzw. Aufbau
- vollautomatische Tag-/Nachtabstaltung
- vorprogrammierte unregelmäßige Einschaltfolge (gegen Gewöhnung)
- absolut wartungsfrei
- leistungsstark



**W. Unger-Otec**

Postfach 11 46, Siemensstr. 6, 75392 Deckenpfronn  
Tel.: 07056 8686, Fax: 07056 8849, www.otec-unger.de



# aktuell

## Rebschutz

**Vermeiden Sie Fehltöne und Ertragsverluste durch Traubenfäulen!**

Die zunehmende Reife der Trauben und eine unbeständige feuchte Witterung erhöhen ab Reifebeginn massiv die Gefahr für Infektionen durch Botrytis und Sekundärfäulen. Machen Sie bei der Botrytisbekämpfung keine Kompromisse und planen Sie den Einsatz des hochwirksamen Botrytizids **Teldor®** ein.

**Für die Produktion hochwertiger Trauben empfehlen wir zur Abschluss-Spritzung:**

**Teldor® 1,6 kg/ha**

**Nutzen Sie die Stärken von Teldor®:**

- hohe Wirkungssicherheit
- lang anhaltende Wirkung
- enorme Regenbeständigkeit
- gute Rebenverträglichkeit
- vielseitige Mischbarkeit
- flexibler Einsatz durch kurze Wartezeit (21 Tage)
- optimaler Partner im Resistenzmanagement

**TIPP:** Wurde Teldor® bereits kurz vor Traubenschluss angewendet, empfehlen wir **Luna® Privilege (0,5 l/ha)** zur Abschluss-Spritzung.

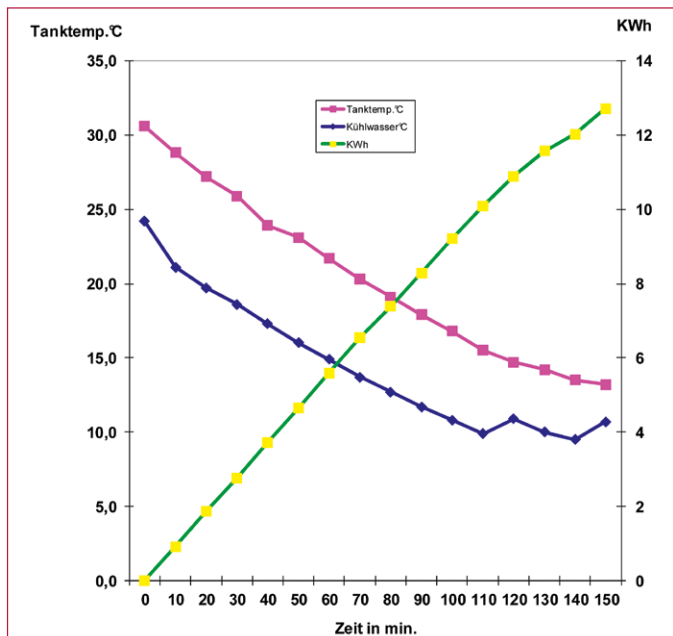
**Wenn Sie Fragen haben, rufen Sie Ihre Bayer Weinbau-Experten an!**

Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden. Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformationen lesen. Warnhinweise und -symbole beachten.

© = Registrierte Marken der Hersteller

**Bayer CropScience Deutschland GmbH Sonderkulturen**  
 Elisabeth-Selbert-Str. 4 a, 40764 Langenfeld  
 Kostenloses AgrarTelefon **0 800 - 220 220 9**  
[www.agrar.bayer.de](http://www.agrar.bayer.de)

**Bayer CropScience**



**Abb. 5: Dauerkühlung 1 200 l/Röhrenbündelkühler 50 KW/ Chilly Max 110**

### Stromsparen durch höhere Vorlauftemperaturen

Es ist ein physikalischer Grundsatz, dass für einen Wärmeübergang mindestens 5 bis 7 °C Temperaturunterschied vorherrschen muss. Wenn im Kühlkreislauf reines Wasser gefahren wird, darf die Vorlauftemperatur auf keinen Fall unter 4 °C eingestellt werden, da es sonst im Bereich des Verdampfers bereits zur Eisbildung kommt. Diese Eisbildung kann den Verdampfer zerstören. Mit diesem extrem kalten Wasser könnten Gärttemperaturen von zirka 9 °C erreicht werden. Aber muss das sein?

Die Abbildung 3 zeigt sehr eindrucksvoll, wie sich der Stromverbrauch verändert wenn der Winzer die Vorlauftemperatur und damit indirekt seine Gärttemperaturen höher wählt. Eine Vorlauftemperatur von 10 °C spart gegenüber der Einstellung von 5 °C immerhin 24 % Strom.

Der höhere Stromverbrauch bei niedrigeren Wassertemperaturen wird damit begründet, dass die Verdichtungsarbeit zunimmt, weil das Druckverhältnis Ansaugdruck zu Ausgangsdruck im hermetisch geschlossenen Kältemittelkreislauf ebenfalls ansteigt.

Die Abbildung 4 zeigt die Rückkühlung von warmem Wasser mit der Gerätekombination Kühlwasserrückkühlgerät/Röhrenbündelkühler. Der Stromverbrauch zeigt einen linearen Verlauf. Was aber gezeigt werden soll ist, dass mit überdimensionierter Austauschfläche auch die Temperaturdifferenz zwischen Kühlwasservorlauftemperatur und Produkttemperatur bis auf 3 °C minimiert werden kann. Daraus folgt die Empfehlung für die Praxis: Die Austauschfläche (Kühlplatten, Pillow Plates) so groß wie möglich zu wählen, um die Kühlwassertemperatur höher auszuwählen, um damit Strom zu sparen.

### Mehr Kühlleistung durch höhere Vorlauftemperaturen

Vereinzel trifft man noch auf die irrierte Meinung, dass tiefe Kühlwasservorlauftemperaturen eine höhere Kühlleistung der Maschine ergeben. Das Gegenteil ist allerdings der Fall. Die tiefen Kühlwassertemperaturen bei Milchkühl tanks oder in den großen Kühlwasserbehältern in Genossenschaften dienen lediglich als Pufferspeicher, um Temperaturspitzen abzumildern. Die zur Gärkühlung erforderliche Kühlleistung wird ausschließlich von der Verdampferleistung der Kühlmachine bestimmt. In Abbildung 5 ist dargelegt, dass die abrufbare Kühlleistung bei 10 °C Vorlauftemperatur um 45 % höher ist als wenn man die Vorlauftemperatur auf 0 °C eingestellt hat. Wenn also ein Winzer beobachtet, dass seine Kühlmachine an der Leistungsgrenze arbeitet, so aktiviert er Leistungsreserven, indem er bei ein und derselben Maschine die Vorlauftemperatur höher einstellt.

### Fazit

In der Kellerwirtschaft gibt es noch zu wenig belastbare Kennzahlen was den Energieverbrauch der eingesetzten Kellereimaschinen angeht. Zuerst sollte gemessen und analysiert werden, bevor man einzelne Produktionsschritte an den Pranger stellt. Wenn die Schwerpunkte erkannt sind, kann man auch Einsparmöglichkeiten aufzeigen. Es konnte bisher aufgezeigt werden, dass der Kellermeister alleine durch Verhaltensänderung Strom sparen kann oder die Leistung seiner Kühlmachine erhöhen kann. In beiden Fällen ist die Lösung die höhere Kühlwasservorlauftemperatur. Energiesparen beginnt oft im Kopf.