

## Mit Vorsicht zu genießen

# Prozentgrößen in der Heiztechnik

Dipl.-Ing. Gerd Böhm

In der Heiztechnik kommt Prozentgrößen außerordentliche Bedeutung zu. Sie erscheinen auf dem weiten Feld der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und beschreiben die sich verschiebenden Relationen im Bereich hochwärmegedämmter Gebäude - um nur zwei besondere Schwerpunkte herauszugreifen. So bestimmen Wirkungs- und Nutzungsgrade als die vielleicht prominentesten Prozentgrößen, was wirtschaftlich oder weniger wirtschaftlich ist, und sich verschiebende Relationen beeinflussen massiv die gesamte heiztechnische Produktlandschaft. Bei all dem führen Prozentgrößen auch zu erheblichen Missverständnissen, insbesondere wenn sie durch häufigen Gebrauch selbst zu absoluten Größen werden.

Definitionsgemäß beschreiben sie aber nur das Verhältnis zweier absoluter Größen. Wie weit reichend diese Missverständnisse sein können und welche Konsequenzen sie nach sich ziehen, sollen einige typische Beispiele verdeutlichen.

### Fragwürdige

#### Wirkungs-/Nutzungsgrade

Sicher drängen sich da sofort jene, die 100-Prozent-Marke übersteigende Nutzungsgrade moderner Brennwertkessel auf. Hier geht es aber um die grundsätzliche Fragwürdigkeit von Wirkungs-/Nutzungsgraden als Maßstäbe für Wirtschaftlichkeitsvergleiche in der Praxis. Zunächst zur Definition:

Wirkungs- und Nutzungsgrade ( $\eta$ ) beschreiben das energetische Verhältnis Nutzen zu Aufwand.

$$\eta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}}$$

Bei Wirkungsgraden handelt es sich um Energieströme, bei Nutzungsgraden um Energiemengen. Abb.1 gibt messtechnisch ermittelte Teillastwirkungsgrade eines Niedertemperatur-Heizkessels wieder. Die relative Brennerbelastung bei  $\varphi = 1$  (durchlaufender Brenner, das heißt volle Lastabnahme) gleich 6,3 kW entspricht energetisch dem „Aufwand“. Im Teillastbetrieb,  $\varphi < 1$ , kommt es zu Brenner-Ein-/Aus-Schaltungen. Die rechnerische Brennerbelastung bzw. der energetische

Aufwand ist dann  $\varphi \cdot 6,3$  kW. Das Bild zeigt die Teillastwirkungsgrade als Kurve mit einem Maximum von 92,4 % bei  $\varphi = 0,38$ . Bemerkenswert ist weiterhin, dass in den Betriebspunkten  $\varphi = 0,63$  und  $\varphi = 0,17$  mit 91 % gleiche Teillastwirkungsgrade vorliegen. Damit scheint die Schlussfolgerung klar:

$\varphi = 0,38$  mit  $\eta = 92,4$  % ist die energetisch beste Betriebssituation,  $\varphi = 0,63$  und  $\varphi = 0,17$  mit  $\eta$  jeweils 91 % ergeben energetisch gleiche Betriebssituationen.

Unterhalb der Wirkungsgradkurve ist der jeweils zugehörige Kesselverlust in seiner absoluten Größe (kW) angege-

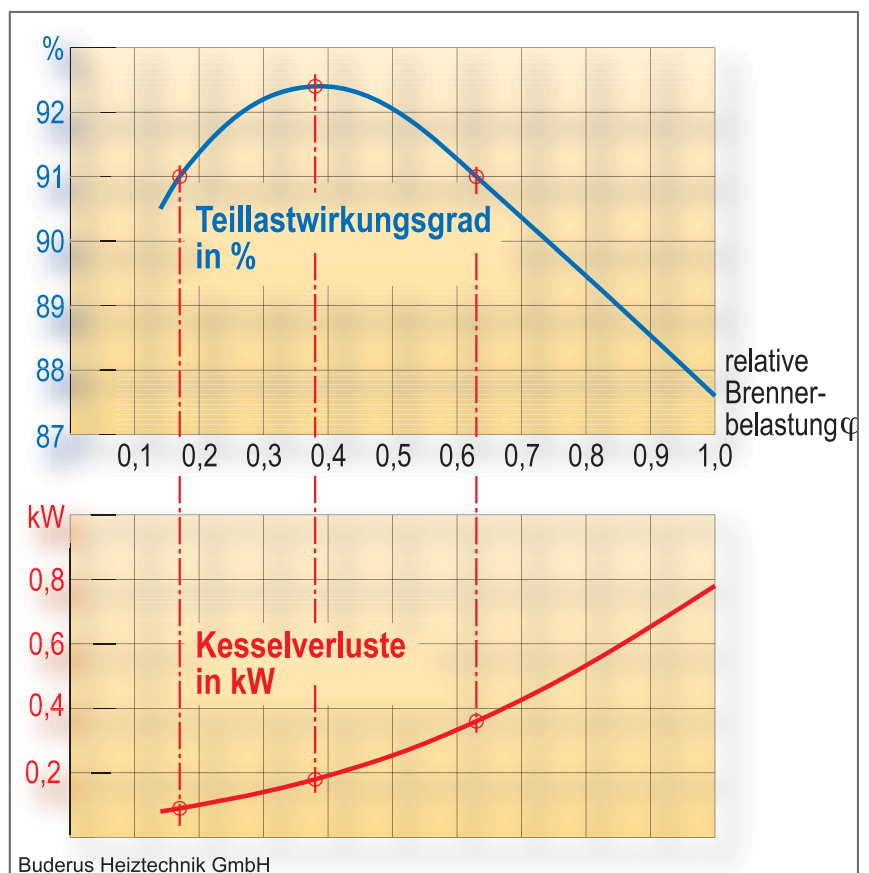


Abb.1 Teillastwirkungsgrad und absolute Verluste eines Niedertemperatur-Heizkessels. Die relative Brennerbelastung bei  $\varphi = 1$  beträgt 6,3 kW

# Heimeier ist ...

---



Mit der Einführung der neuen  
Energieeinsparverordnung (EnEV)  
ist optimales Regelverhalten  
bei Thermostatventilen mehr denn  
je gefordert.

Für die Thermostatventile von Heimeier kein  
Problem, denn mit ihnen erzielt man  
eine Regelqualität, die weit über den  
Anforderungen der EnEV liegt.

Eigentlich auch selbstverständlich, denn  
die Überlegenheit des Heimeier Thermostat-  
ventils beim Regelverhalten hat der jüngste  
Test der Stiftung Warentest ja eindrucksvoll  
bestätigt.

Heimeier – und beim Thema EnEV kann  
man sich total entspannt zurücklehnen.

## ... EnEV total

- Wenn Sie mehr über „Heimeier-Armaturen im Rahmen der neuen EnEV“ wissen möchten, fordern Sie einfach unsere kostenlose Broschüre zu diesem Thema an.

ben. Der Verlust errechnet sich hier aus dem Ansatz der Teillastwirkungsgrade

$$\eta_{\varphi} = \frac{\text{Nutzen}_{\varphi}}{\text{Aufwand}_{\varphi}} = \frac{\text{Aufwand}_{\varphi} - \text{Kesselverlust}_{\varphi}}{\text{Aufwand}_{\varphi}}$$

mit  $\text{Aufwand}_{\varphi} = \varphi \cdot 6,3 \text{ kW}$  ergibt sich schließlich

$$\text{Kesselverlust}_{\varphi} = \varphi \cdot 6,3 \text{ kW} (1 - \eta_{\varphi}).$$

Vergleicht man beide Kurvenverläufe, lässt sich Übereinstimmung in der Aussage nur zwischen  $\varphi = 1$  bis  $\varphi = 0,38$  feststellen. Der ansteigende Teillastwirkungsgrad bedeutet auch abnehmende Kesselverluste. Danach lässt der abfallende Wirkungsgrad auf wieder ansteigende Kesselverluste schließen – was aber eindeutig nicht der Fall ist, im Gegenteil. Zur gleichen Fehlinterpretation führt das Absolutsetzen der beiden Teillastwirkungsgrade 91 %. Der scheinbare energetische Gleichstand unterscheidet sich in den jeweiligen absoluten Verlustgrößen mit 0,096 kW bzw. 0,36 kW immerhin fast um den Faktor 4. Die im Wirkungsgrad-Maximum erreichten 92,4 % beschreiben mit 0,18 kW eine Verlustgröße, die in Wirklichkeit fast um den Faktor 2 höher ist als die mit 91 % bei  $\varphi = 0,17$ .

Der geschilderte Sachverhalt hat außerordentliche praktische Bedeutung, da der bei extremer Teillast abfallende Wirkungs- oder Nutzungsgrad häufig zum Anlass genommen wird, die Eignung herkömmlicher Niedertemperatur- und Brennwertkessel für hochwärmegeämmte Gebäude in Frage zu stellen. Wie die Kurve der Absolutverluste zeigt, ist die hervorragende Eignung aber kaum zu bestreiten, wenn auch der Kurvenverlauf weniger direkt mit der Brennerbelastung zu tun hat, als vielmehr mit der temperaturgleitenden Betriebsweise des Heizkessels, die „zufällig“ parallel mit  $\varphi$  verläuft.

#### Fazit:

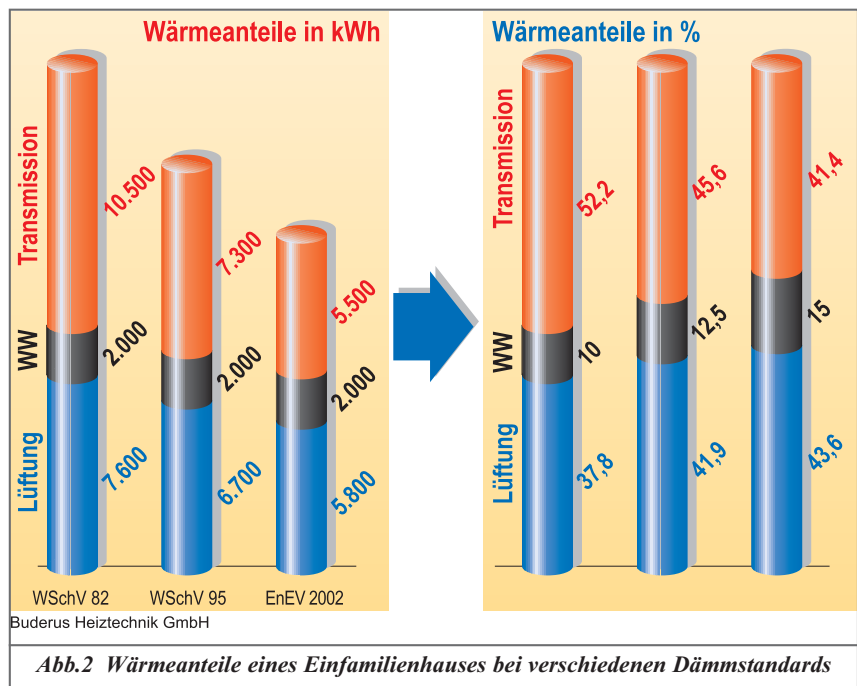
Wirkungs-/Nutzungsgrade sind nur unter genau definierten Bedingungen vergleichbar (zum Beispiel „Normnutzungsgrade“). Für praktische Energie- und Kostenbetrachtungen sind die

absoluten Verlustgrößen maßgeblich. So entsprechen die 0,1 kW Verlustwärmestrom bei  $\varphi = 0,17$  und 16 Stunden täglicher Betriebsdauer ca.  $0,16 \text{ m}^3$  Erdgas. Ob das viel oder wenig ist, bleibt der individuellen Einschätzung überlassen.

#### Folgen veränderter Relationen

Mit hochwärmegeämmten Gebäuden verschieben sich viele als Prozentzahl ausdrückbare Relationen, denn der Wärmebedarf ist eine gern benutzte Bezugsbasis. Demgegenüber treten nun unverändert gebliebene Energiebedarfe gewichtiger in Erscheinung und finden entsprechendes Interesse. Abb.2 ver-

lich verstärktes Interesse, insbesondere wenn es darum geht, den Wärmebedarf noch über die Anforderungen der EnEV 2002 hinaus zu reduzieren. Hier zeigt sich zum einen die Sinnhaftigkeit der Prozentbilanz, denn sie macht zum Beispiel deutlich, dass eine weitere Minderung der Transmissionsverluste vernünftigerweise mit einer Minderung auch der Lüftungsverluste zu koppeln ist, andererseits zeigt sich genau damit eine Eigendynamik. Das Wechselspiel von Minderung einerseits und „Anwachsen“ bislang weniger gewichtiger Verlustgrößen andererseits kann mit einem sich aufblähenden Anforderungskatalog theoretisch ins Uferlose laufen (manche Beispiele lassen das ahnen). Den Blick, um was es eigentlich noch geht, vermit-



gleicht die Wärmebedarfe für Lüftung, Transmission (Wärmeverlust über die Gebäudehüllfläche) und Warmwasserbedarf eines Einfamilienhauses bei verschiedenen Dämmstandards. Links sind die absoluten Bilanzen aufgeführt (ohne Anlagenverluste), rechts wiederholt sich Gleiches als Prozent-Bilanz.

Absolut nimmt der Transmissions- und Lüftungsbedarf ab, der Warmwasserbedarf bleibt unverändert. In der Prozentbilanz nimmt nur der Transmissionsbedarf ab, die Lüftungsverluste und der Warmwasserbedarf scheinen zuzunehmen. Diese beiden Größen finden folg-

teln jedenfalls die absoluten Größen und jeder sollte für sich entscheiden dürfen, wie weit er das Spiel mitmacht.

#### Nicht vergleichbare Prozentgrößen

Als Prozentgrößen ausgewiesene Verluste sind dimensionslos, d. h., sie lassen nicht erkennen, welche physikalischen Einheiten dahinter stehen, ob es sich zum Beispiel um Energieströme (kW) oder Energiemengen (kWh) handelt. Mitunter sorgen Bezeichnungen für Klarheit, wie „Wirkungsgrad“ oder „Nut-

Heiztechnik · Solartechnik · Lüftungstechnik · Klimatechnik

WOLF ComfortLine Heizkessel.  
Sieht bestens für Sie aus –  
auch bei Montage und  
Wartung. Bieten Sie Ihren  
Kunden sparsame,  
zukunftsorientierte  
Heiztechnik in innovativem  
Design. ComfortLine ist  
Comfort pur: Das exklusive  
Test-Programm erleichtert  
die Inbetriebnahme. An-  
schluß- und steckerfertig als  
Gasheizkessel und Ölheizkessel.  
Infos unter  
[www.wolf-heiztechnik.de](http://www.wolf-heiztechnik.de)  
oder 087 51/74 11 47.

**WOLF**

*Technik, die dem Menschen dient.*



zungsgrad“. Völlig missverständlich sind aber zum Beispiel die beiden Kesselverlustgrößen Abgasverlust und Auskühlverlust (hier als Sammelbegriff für den Strahlungs- und Bereitschaftsverlust gesetzt); sie scheinen als auf die Brennerleistung bezogene Prozentgrößen vergleichbar, sind es aber nicht. (Abb.3)

### Abgasverlust

Der Abgasverlust fällt naturgemäß zeitgleich mit dem Brennstoffdurchsatz an. Er ist deshalb gleichermaßen als Verlustwärmestrom wie auch als Verlustwärmemenge zu verstehen. 12 % Abgasverlust eines Kessels mit 35 kW Brennerleistung bei 4.000 Litern Heizölverbrauch stehen somit für

$0,12 \cdot 35 \text{ kW} = 4,2 \text{ kW}$  Verlustwärmestrom und

$0,12 \cdot 4.000 \text{ L} = 480 \text{ L}$  äquivalentem Heizölverlust.

### Auskühlverlust

Für den Auskühlverlust gilt dies nicht in gleicher Weise, denn er ist nicht nur während der Brennerlaufzeiten, sondern während der gesamten Betriebsdauer

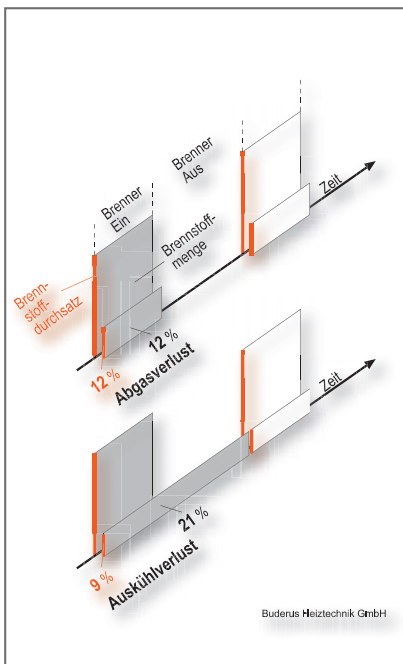


Abb.3 Abgas- und Auskühlverlust eines Heizkessels, jeweils als Anteil der Brennerleistung (entspricht Brennstoffdurchsatz) und der Brennstoffmenge

wirksam. Hat der 35 kW-Kessel 3 % Auskühlverluste, so sind diese als Verlustwärmestrom zu verstehen:

$$0,03 \cdot 35 \text{ kW} = 1,05 \text{ kW}$$

Für die äquivalente Brennstoffmenge ist die Betriebsdauer, zum Beispiel 8.000 Stunden/Jahr, anzusetzen:

$$1,05 \text{ kW} \cdot 8.000 \text{ h} = 8.400 \text{ kWh}$$

bzw.

$$\frac{8.400 \text{ kWh}}{10 \text{ kWh/L}} = 840 \text{ l Heizölverlust}$$

Auf 4.000 L bezogen entspricht dies 21 %. Abgas- und Auskühlverlust sind somit als Prozentzahlen für die energetische Bewertung nicht direkt vergleichbar.

### „Falsche Physik“ durch Prozentgrößen

Der soeben als „nicht vergleichbare Prozentgröße“ vorgestellte Auskühlverlust kann auch als Musterbeispiel für eine falsch gewählte Bezugsgröße dienen. Falsch deshalb, weil zwischen absolutem Auskühlverlust und Brennerleistung kein direkter physikalischer Bezug herstellbar ist (Abb.4). Wäre das der Fall, müsste in der Betriebsphase Brenner-Aus, also bei Brennerleistung gleich Null, auch der Auskühlverlust gleich Null sein, was bei einem temperierten Kessel aber noch nie beobachtet wurde. Auch ist niemand in der Lage, aus dem absoluten Auskühlverlust bei Brenner-Aus auf die Feuerungsleistung bei Brenner-Ein zu schließen.

So banal das ist, die solcherart vermittelte „falsche Physik“ - je größer die Feuerungsleistung umso größer der Auskühlverlust - hat unglaubliche praktische Auswirkungen. So sind Hersteller gezwungen, dem geringen Wärmebedarf moderner Gebäude angepasste, aber für die praktischen Betriebserfordernisse unsinnig kleine Kesselleistungen bereitzustellen. Oder es wird ernsthaft vorgeschlagen, wegen des erhöhten Leistungsbedarfs der Warmwasserbereitung diese nicht mit dem Kessel, sondern elektrisch vorzunehmen. Selbst juristische Auseinandersetzungen wegen der angeblichen Unwirtschaftlichkeit eines um ein paar Kilowatt „überdimensionierten“ Heizkessels sind keine Seltenheit. (Andererseits gibt es inzwi-

sehen auch Gerichtsstreitigkeiten wegen offensichtlich unzureichend angebotener Heizleistungen.)

### Fazit:

Die Feuerungsleistung ist als Bezugsgröße für den Auskühlverlust ungeeignet und irreführend. Objektiv einschätzbar und vergleichbar ist der Auskühlverlust nur als absolute Größe. Diese kann dann natürlich auch in Bezug zur Feuerungsleistung bewertet werden.

Klassisches Beispiel einer falsch gewählten Bezugsgröße ist der „Heizwert“ in Verbindung mit Brennwertkesseln

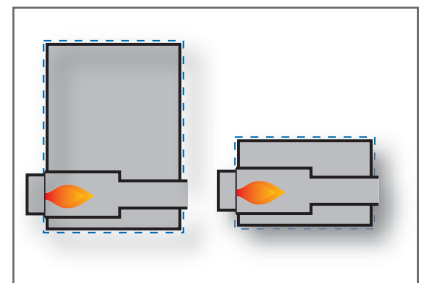


Abb.4 Kessel-Auskühlverluste sind nicht mit der Feuerungsleistung verknüpft, sondern mit der wärmeabgebenden Oberfläche, der Dämmqualität und Betriebstemperatur

(und eigentlich nicht nur bei diesen); allerdings sind diesem Umstand auch Nutzungsgrade größer 100 % zu verdanken - und womöglich damit der Erfolg der Brennwerttechnik.

### Einfluss von Randbedingungen

Durch geschickt gewählte Randbedingungen sind bestimmte Prozentgrößen in jede beliebige Richtung zu lenken. Zu dieser Kategorie gehören zum Beispiel „Sommernutzungsgrade“, die gerne beim Vergleich von Warmwassersystemen angeführt werden. Den Mechanismus zeigt Abb.5. Wobei, wie schon zuvor, der Nutzungsgrad als Nutzen/Aufwand-Verhältnis gebildet wird. Der jeweilige Aufwand ist gleich der Summe Nutzen + Verluste.

### System 1

Das System besteht aus einem indirekt beheizten Speicher mit 1,3 kWh und einem Heizkessel mit 3 kWh täglich



chem Wärmeverlust. Während der 275 Heiztage ist der Kesselverlust der Heizung und nicht dem Warmwasser zuzuordnen. Er entfällt somit während dieser Zeit. Als täglicher Warmwasserbedarf werden 8 kWh angenommen.

**System 2**

Das System besteht aus einem direkt beheizten Warmwasser-Speicher mit 2,5 kWh täglichem Wärmeverlust. Der Verlust ist ganzjährig anzusetzen, da das System unabhängig von der Heizungsanlage arbeitet. Der Warmwasserbedarf beträgt ebenfalls 8 kWh pro Tag.

Da beide Systeme ganzjährig genutzt werden, kann ein korrekter Wirtschaftlichkeitsvergleich auch nur über das Gesamtjahr erfolgen. System 1 ist in diesem Fall um 4,6 Prozentpunkte günstiger als System 2. Die Eingrenzung auf den „Sommernutzungsgrad“ verdreht den Sachverhalt und präsentiert System 2 mit 11,2 Pro-

	Sommer	Heizperiode	Gesamtjahr Sommer 90 Tage Heizperiode 275 Tage
<b>System 1</b>	$\frac{8}{8 + 1,3 + 3} = 65\%$	$\frac{8}{8 + 1,3} = 86\%$	$\frac{65\% \cdot 90 + 86\% \cdot 275}{365} = 80,8\%$
<b>System 2</b>	$\frac{8}{8 + 2,5} = 76,2\%$	$\frac{8}{8 + 2,5} = 76,2\%$	$\frac{8}{8 + 2,5} = 76,2\%$

*Abb.5 Warmwasser-Systemnutzungsgrade bei unterschiedlich gewählten Betriebszeiträumen*

zentpunkten Abstand als das energetisch bessere. Eine ebenfalls unkorrekte Eingrenzung auf den „Winternutzungsgrad“ würde System 1 überlegen als beim korrekten Vergleich erscheinen lassen.

Wie die wenigen Beispiele zeigen, muss mit Prozentgrößen in der Heiztechnik prinzipiell kritisch umgegangen werden. Nur Normnutzungsgrade sind zum Beispiel vergleichbar. Aber auch sie sagen nichts darüber aus, ob die dahinter stehenden Verluste akzeptabel sind oder nicht. 10 % Brennstoff-

verluste sind bei 500 m<sup>3</sup> Gasverbrauch sicher eher zu verschmerzen als 5 % bei 10.000 m<sup>3</sup>. Allerdings zeigt die Praxis häufig das genaue Gegenteil. Die 10 % der 500 m<sup>3</sup> entfalten sofort ihre Faszination und ziehen mehr Interesse auf sich als die 5 % der 10.000 m<sup>3</sup>. Das ist das Bemerkenswerte an Prozentgrößen.

*Dipl.-Ing. Gerd Böhm,  
Leiter technische Öffentlichkeitsarbeit,  
Buderus Heiztechnik, Wetzlar  
Alle Grafiken Buderus*

# Innovation mit Mehrwert.



**QUALITY MADE BY LOOS**

Mit den neuen Kesselhauskomponenten in effizienter Modultechnik hat LOOS INTERNATIONAL weitere Meilensteine für moderne Kesselanlagen gesetzt. In der LOOS-Modultechnik haben Know-how aus Jahrzehnten mit modernster Sensortechnik und SPS fusioniert. Made by LOOS von der Idee bis zur konsequenten Umsetzung.

Heizkessel • Heißwasserkessel • Dampfkessel

Loos Deutschland GmbH • D-91709 Gunzenhausen • Tel. 09831/56-0 • Fax 56-92222 • www.loos.de • vertrieb@loos.de  
Loos Austria GmbH • A-5500 Bischofshofen • Tel. 06462/2527-310 • Fax 2527-66310 • www.loos.at • vertrieb@loos.at

**LOOS**  
**INTERNATIONAL**  
Das Kesselsystem  
...und die Zukunft hat Qualität

# Die Welt ist keine Scheibe - Ihre Anzeigen auch nicht [...]



**innovatools**

*Werkzeuge für den Erfolg*

Fach.**Journal**

*Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung*

[Hier mehr erfahren](#)



**innovapress**

*Innovationen publik machen  
schnell, gezielt und weltweit*

Filmproduktion | Film & Platzierung | Interaktive Anzeige | Flankierende PR | Microsites/Landingpages | SEO/SEM | Flashbühne