



# **KELLER** ENVIRO KILN

**„Enviro Ofen“**

mit unserem neuen Gegenlaufofen in die richtige Richtung

**"Enviro kiln"**

with our new countertravel kiln in the right direction

**KELLER**  
*Creating Solutions*

## Einleitung

Die Energiewende ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, die in Deutschland schon seit vielen Jahren diskutiert und inzwischen von der Mehrheit der Bevölkerung und der Politik getragen wird. Bis zum Jahre 2050 soll beispielsweise die Energieversorgung in Deutschland weitestgehend auf regenerative Energiequellen umgestellt sein. Mindestens ebenso wichtig ist in diesem Zusammenhang die Energieeffizienz, die seit einiger Zeit in den öffentlichen Diskussionen zunehmend die notwendige Beachtung findet. Die Firma KELLER hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Energieeffizienz in Ziegelwerken nachhaltig zu steigern und somit die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken.

Bei den zur Herstellung eines Ziegels notwendigen Prozessen sind zweifelsohne der Trocken- und Brennprozess die energieintensiven Vorgänge. Um den Energiebedarf beim Brennen drastisch zu reduzieren, hat KELLER das Prinzip des Gegenlaufofens grundlegend überdacht und in ein zukunftsfähiges Konzept überführt. Der Energieverbrauch kann somit beispielsweise für eine Dachziegelanlage mit H-Kassetten gegenüber einer modernen konventionellen Anlage um min. **30 %** reduziert werden.

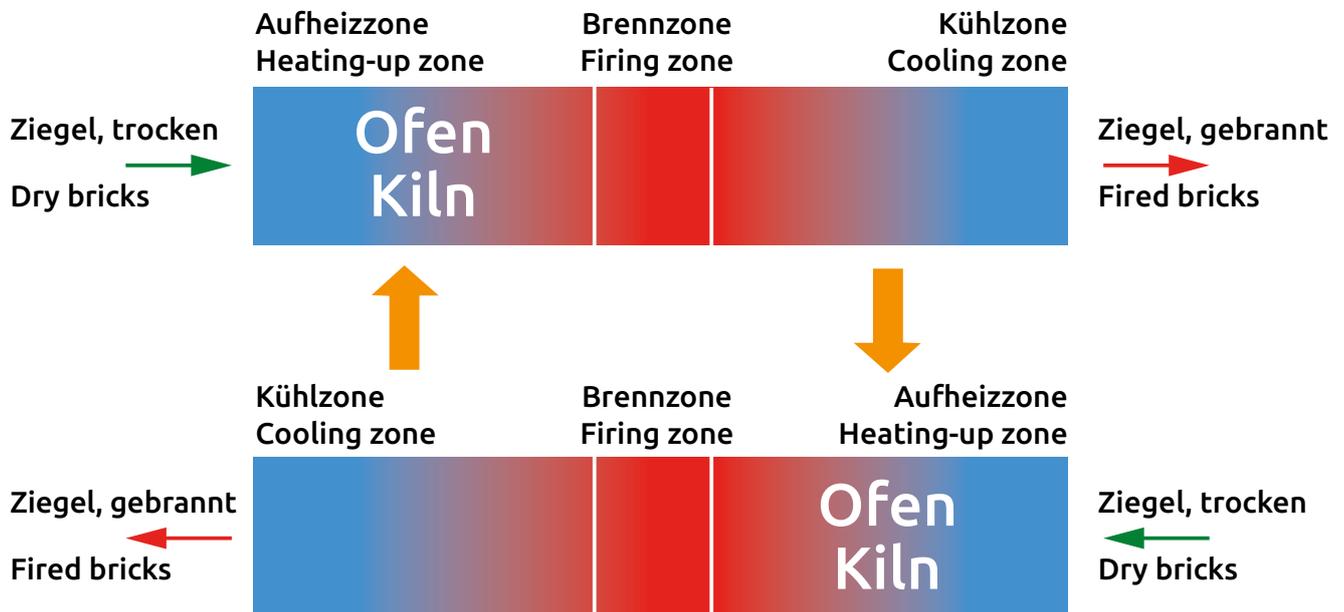
## Introduction

The turnaround in the energy policy is a task for society as a whole. It has been subject to discussion in an international scale for years and is meanwhile supported by a majority of the population and the political leaders. The plan is, for example, to switch the energy supply in Germany to the greatest possible extent to renewable energy sources until 2050. Equally important in this context is energy efficiency, which is receiving increasing attention in public discussions for some time now. KELLER has committed itself to increasing the energy efficiency in brick plants in a sustainable way with the aim of reducing energy-related CO<sub>2</sub> emissions.

The most energy-intensive processes in brick production are without doubt drying and firing. In order to drastically reduce energy requirements for firing, KELLER radically revisited the principle of the countertravel kiln and created a new sustainable kiln concept. The energy consumption for a roof tile plant using H cassettes, for example, can thus be reduced by about **30 %** compared to a modern conventional plant.



# Gegenlaufofen Countertravel kiln



**Energie-Transfer: Solid → Solid**  
**Energy transfer: solid → solid**

Bild 1 Prinzip Gegenlaufofen in der Draufsicht  
 Figure 1 Principle of countertravel kiln (top view)

## Der Brennprozess

Im konventionellen Tunnelofen erfolgt der Energietransfer nach dem Fluid-Solid-Prinzip. Das heißt, es wird Luft eingesetzt, um Energie zu transportieren. Faktisch bedeutet dieses, dass heiße Luft aus der Kühlzone des Ofens zur Verfügung steht, die an anderer Stelle genutzt werden muss, und weiterhin Luft durch die Brennzone strömt und in Form von Rauchgasverlusten den Ofen verlässt. Um den Energieverbrauch des Brennprozesses signifikant zu reduzieren, sind diese Energieströme zu reduzieren oder gar zu eliminieren. Wie kann das gelingen?

## The firing process

The energy transfer in a conventional tunnel kiln follows the fluid-solid principle, i.e. air is used to transport energy. In practice this means that the hot air available from the cooling zone of the kiln must be used elsewhere, and air continues to flow through the firing zone and leaves the kiln as flue gas loss. In order to significantly reduce the energy consumption during the firing process, these energy flows should be reduced or even eliminated. How can this be done?

Die Antwort auf diese Frage ist schwierig und dennoch nicht unbekannt. Der Gegenlaufofen vereint grundsätzlich zahlreiche Vorteile. Der Energietransfer im Gegenlaufofen erfolgt nach dem Solid-Solid-Prinzip (siehe Bild 1) und nicht wie im klassischen Ofen nach dem Fluid-Solid Prinzip. Somit ist sichergestellt, dass keine Luft in Form von Längsströmung durch die Brennzzone strömt, wodurch die Rauchgasverluste stark reduziert werden. Weiterhin gibt es keine Energieabfuhr aus der Kühlzone und somit ist eine Kopplung mit dem Trockner hinfällig. Bekannte Gegenlauföfen sind zweigleisig mit ca. 3 bis 4 m breiten Ofenwagen. Der Energietransfer von einem zum anderen Gleis erfolgt über freie Konvektion (siehe Bild 2). Verbesserungspotenzial haben diese Öfen hinsichtlich der Vergleichmäßigung sowie der Intensivierung der Konvektion durch eine Zwangsbelüftung. Ein Strahlungsaustausch ist aufgrund der Trennwand zwischen den Gleisen nicht möglich.

Weiterhin bekannt sind theoretische Betrachtungen z. B. von Universitäten und Instituten. KELLER hat sich mit den bekannten Ergebnissen und Grundlagen des Gegenlaufofens intensiv auseinandergesetzt und durch Neugestaltung und Modifikation den neuen Gegenlaufofen „Enviro“ geschaffen. Dieser Ofen eliminiert bestehende Nachteile und nutzt die bekannten Vorteile, sodass ein völlig neues Brennkonzept mit hohem Energieeinsparpotenzial entstanden ist.

The answer to this question is difficult and yet not unknown. In principle, the countertravel kiln combines numerous advantages. The energy transfer in the countertravel kiln follows the solid-solid principle (figure 1) and not the fluid-solid principle as with a traditional kiln. Therefore, this principle ensures that air in the form of longitudinal flow will not flow through the firing zone, thus considerably reducing the flue gas losses. Furthermore, there is no removal of energy from the cooling zone and a coupling with the dryer is therefore no longer necessary.

Familiar countertravel kilns have two tracks with approximately 3 to 4 m wide kiln cars. The energy transfer from one track to the other is carried out by free convection (figure 2). These kilns have potential for improvement with regard to homogenisation and intensification of convection by forced ventilation. A radiation exchange is not possible as the tracks are separated by a wall.

Known are also theoretical considerations, for example from universities and institutes. KELLER thoroughly examined the known results and basics of the countertravel kiln, then redesigned and modified them and developed the new countertravel kiln "Enviro". This kiln eliminates existing disadvantages and uses the well-known advantages, hence creating a completely new firing concept with a high energy saving potential.

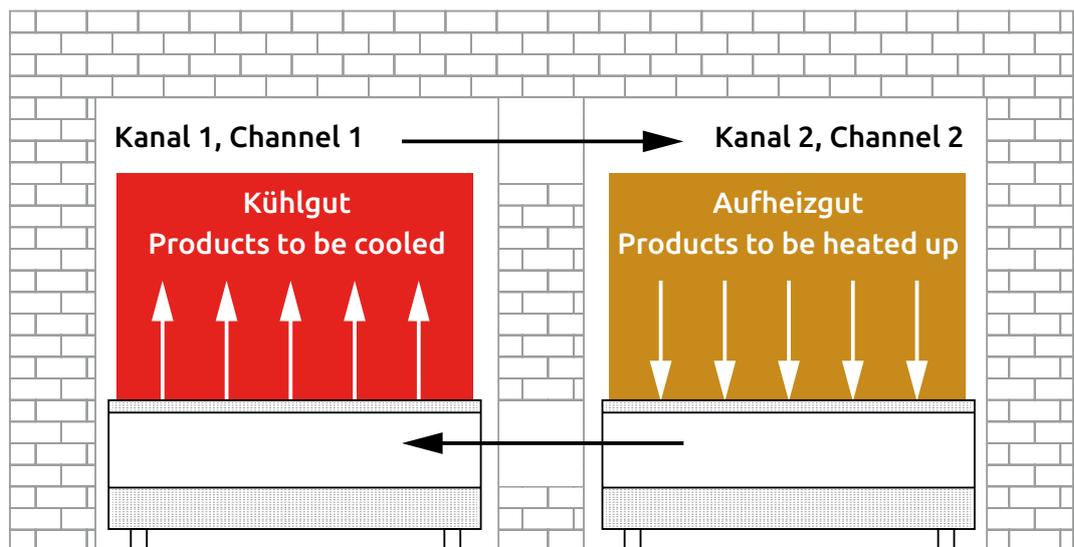


Bild 2 Prinzipdarstellung Querschnitt eines Gegenlaufofens

Figure 2 Principle of cross section of a countertravel kiln

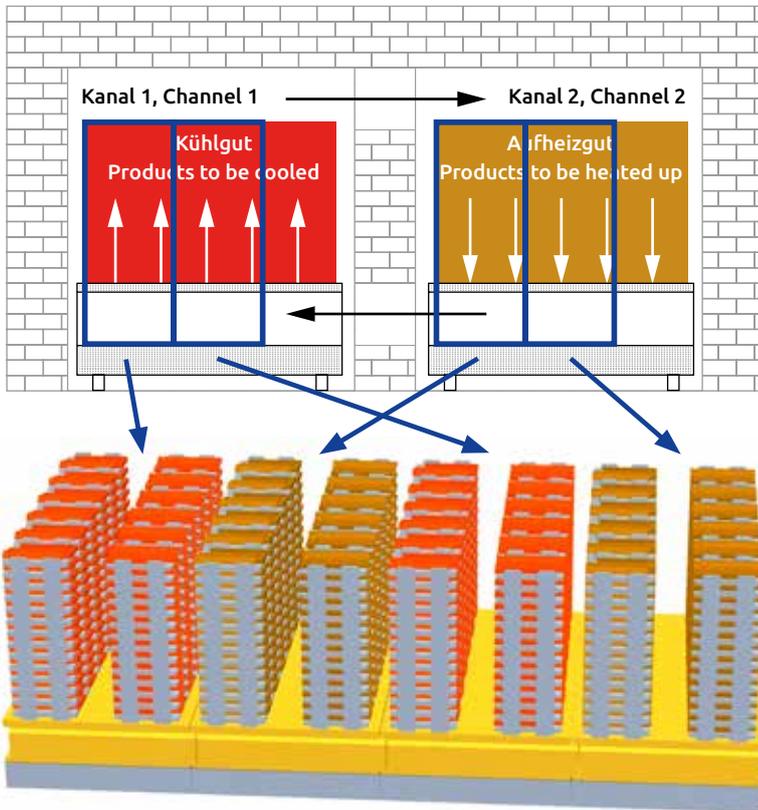


Bild 3 Prinzipdarstellung Querschnitt eines Gegenlaufofens und eines KELLER „Enviro Ofens“  
 Figure 3 Schematic view of a countertravel kiln cross section and a KELLER "Enviro kiln"

## Der „Enviro Ofen“

Wie ist der „Enviro Ofen“ aufgebaut, wie funktioniert er?  
 Wichtigste Aufgabe im „Enviro Ofen“ ist, dass der Energietransfer Solid-Solid erfolgreich abläuft. Deshalb ist es naheliegend, dass die nebeneinander herfahrenden Produktströme geometrisch begrenzt sind, die Konvektion als Zwangskonvektion ausgeführt ist und die Wärmeübertragung mittels Strahlung möglichst vollständig genutzt wird. Um diese Anforderungen zu erzielen, hat KELLER die Ofenwagen gedanklich in Scheiben geschnitten und nebeneinander aufgereiht (siehe Bild 3). Auf diese Weise bildet sich eine Mehrzahl an Ofenwagen, auf denen aufzuheizende und abzukühlende Produkte sich nebeneinander gegenläufig bewegen. Die Wärmeübertragung findet hierin optimale Rahmenbedingungen. Über die Länge des Ofens sind im Bereich der Konvektion Umwälzventilatoren angeordnet, die für eine Querumwälzung sorgen. Ab einer Temperatur von ca. 700 °C sind diese Umwälzer nicht mehr erforderlich, da der Strahlungsanteil überwiegt und der Wärmeaustausch vorwiegend hierüber erfolgt. In der Brennzone erfolgt wie bei einem konventionellen Ofen der Garbrand. Das Layout des gesamten Ofens ist in Bild 4 dargestellt.

## The "Enviro kiln"

What is the design of the "Enviro kiln" and how does it work?  
 The most important purpose of the "Enviro kiln" is to ensure that the solid-solid energy transfer operates successfully. Therefore, it is obvious that the product flows travelling side by side are limited in their geometry, that the convection works as forced convection and that the heat transfer by means of radiation is used as efficiently as possible. In order to comply with these requirements, KELLER theoretically cut the kiln cars into slices and lined them up next to each other (figure 3), thus forming a large number of kiln cars where products to be heated up and to be cooled down are side by side moving in opposite directions. These are optimal conditions for a heat transfer. Recirculation fans are arranged in the convection area over the length of the kiln and provide a transverse circulation. From an approximate temperature of 700 °C upwards, these recirculation fans are no longer needed, as the radiation part is now predominant and takes over the main heat exchange. Final firing takes place in the firing zone as with any conventional kiln. The layout of the entire kiln is shown in figure 4.

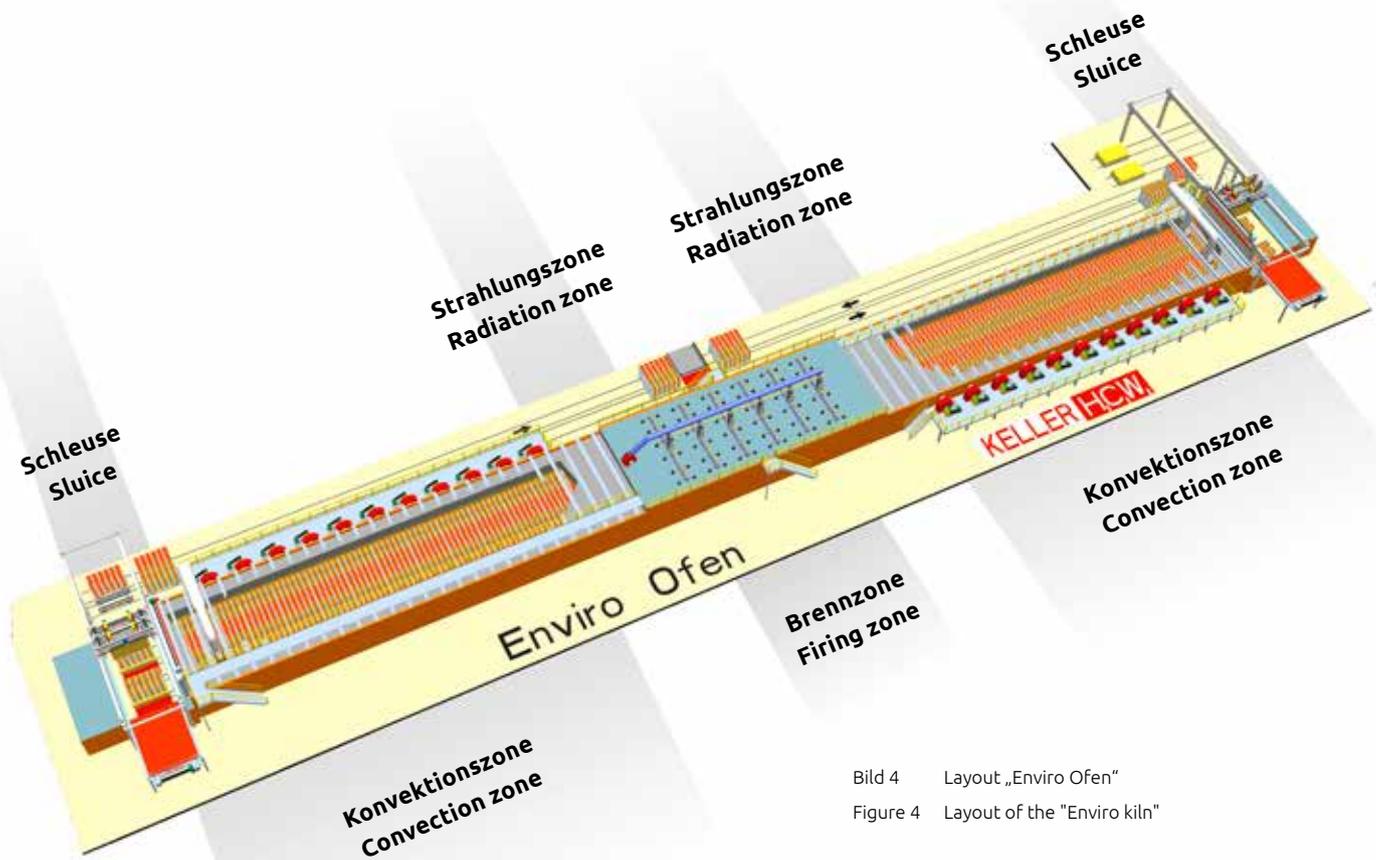


Bild 4 Layout „Enviro Ofen“

Figure 4 Layout of the "Enviro kiln"

# KELLER ENVIRO KILN



## Versuchsanlage

Den Überlegungen zur Neugestaltung des Gegenlaufofens sind umfangreiche theoretische Betrachtungen unter anderem mit der Software „Fluent“ in Zusammenarbeit mit der Hochschule Osnabrück vorausgegangen. Um die Erkenntnisse abzusichern und fundierte Messdaten zu erhalten, hat KELLER einen Versuchsofen mit den Abmessungen Breite 5 m, Länge 16 m und Höhe 5 m aufgebaut (siehe Bild 5) und umfangreiche Messwerte aufgenommen.

## The pilot plant

Extensive theoretical considerations supported by the "Fluent" software in close cooperation with the University of Applied Sciences in Osnabrück preceded the studies for the redesign of the countertravel kiln. In order to review the findings and to obtain well-founded measurement data, KELLER built a test kiln with the dimensions width 5 m, length 16 m and height 5 m (figure 5) and recorded extensive measurement data.



Bild 5 „Enviro“ Versuchsanlage der Fa. KELLER  
Figure 5 KELLER “Enviro” test kiln

gefördert durch



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

Auch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, die sich in vielfältiger Weise für Umweltschutzprojekte einsetzt, hat das Potenzial des neuen „Enviro Ofens“ erkannt und den Aufbau der Versuchsanlage finanziell gefördert.

The Deutsche Bundesstiftung Umwelt (German Federal Environmental Foundation) that promotes environmental projects also recognized the potential of the new “Enviro kiln” and supported financially the construction of the test plant.

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)



## Strömungstechnik

Um hochwertige Brennergebnisse zu erzielen, muss im Besatzraum ein gleichmäßiges Strömungsprofil erreicht werden. Dieses konnte durch gezielte Einbauten erreicht und messtechnisch an unterschiedlichen Ebenen nachgewiesen werden (siehe Bild 6). Schon eine Luftgeschwindigkeit von kleiner 1 m/s reicht aus, um die notwendige Wärmeübertragung im konvektiven Bereich sicherzustellen.

## Fluid mechanics

In order to obtain high-quality firing results it is necessary to create a homogeneous flow profile in the kiln. We reached this goal by installing specific components; measuring results from different levels provided the respective proof (figure 6). An air speed of less than 1 m/s is still sufficient to ensure the necessary heat transfer in the convective area.

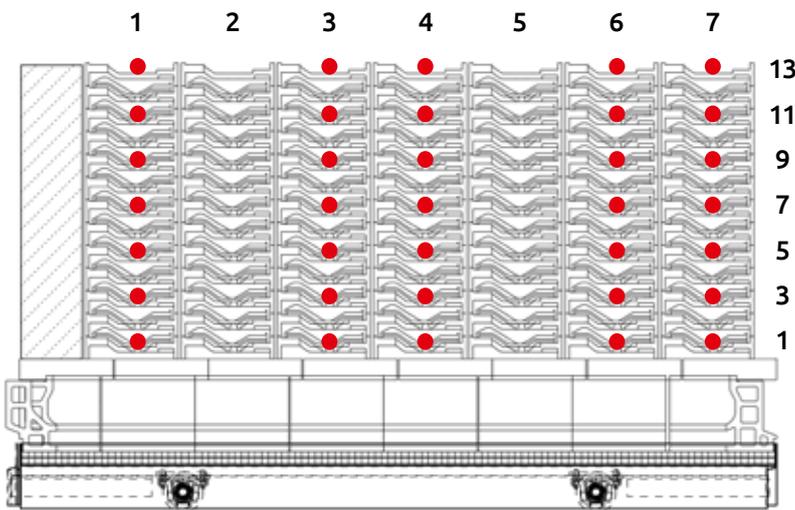
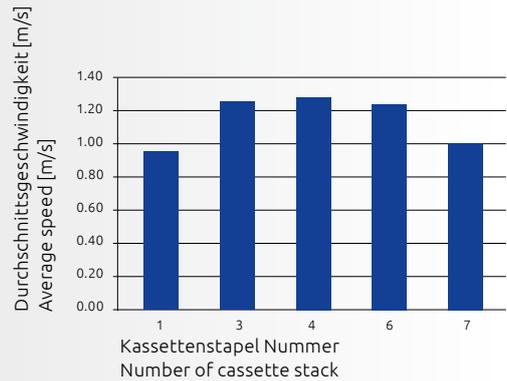
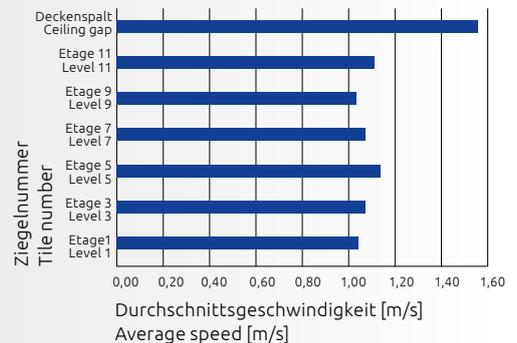


Bild 6 Geschwindigkeitsverteilung im Dachziegelbesatz  
Figure 6 Distribution of speed in a roof tile setting

### Strömungsgeschwindigkeit im Besatz Flow speed in the setting load



### Strömungsgeschwindigkeit in den Etagen Flow speed in the levels



## Thermodynamik

Die Wärmeübertragung nach dem Solid-Solid Prinzip funktioniert. Jeweils nach einem TOW Schub kann die „Aufheizung“ der einen Besatzscheibe und die „Abkühlung“ der anderen Besatzscheibe messtechnisch erfasst und die Wärmeübertragung nachgewiesen werden (siehe Bild 7). Da es sich beim „Enviro Ofen“ prinzipiell um eine „Einzelsteinbehandlung“ handelt, ergibt sich eine sehr gute Temperaturverteilung im Besatz und es können an den kritischen Haltepunkten höhere Heiz- und Kühlgradienten gefahren werden als es aus konventionellen Öfen bekannt ist – und dass bei gleichbleibend hoher Produktqualität. Auch andere Produkte wie z. B. Vormauerziegel, Riemchen, Hintermauerziegel oder auch nicht keramische Produkte können im neuen KELLER „Enviro Ofen“ gebrannt werden.

## Thermodynamics

The heat transfer according to the solid-solid principle works. After every kiln car push the "increase in heat" of one setting stack and the "decrease in heat" of the opposite setting stack can be measured and recorded, thus giving proof of the heat transfer (figure 7). As the products in the "Enviro kiln" are principally stacked in one row, the temperature distribution in the setting is excellent, and higher heating and cooling gradients can be applied at the critical holding point than this would be possible in conventional kilns – and the product quality is equally high. The new KELLER "Enviro kiln" fires other products as well, such as facing bricks, brick slips, common bricks or even non-ceramic products.

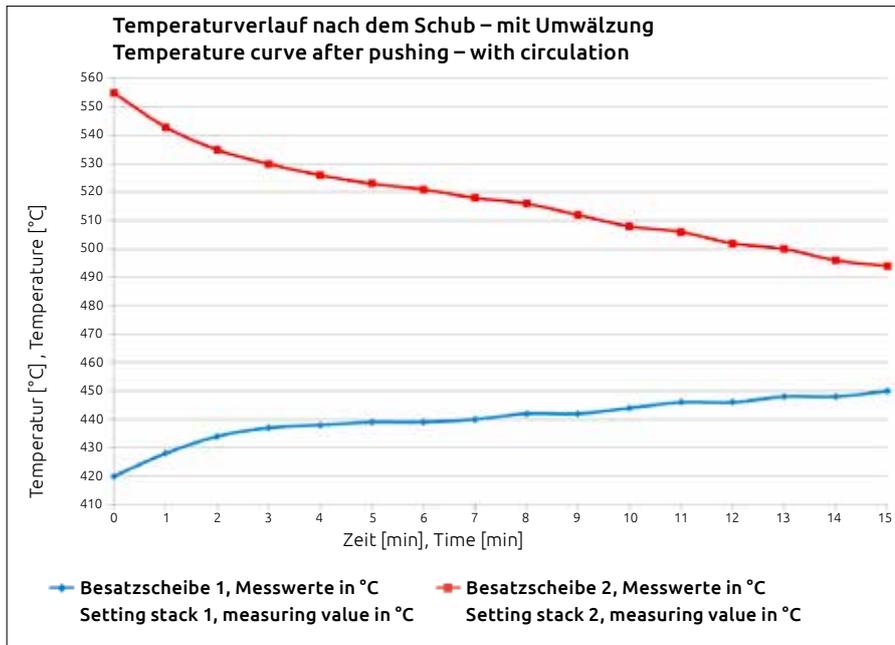


Bild 7  
Temperaturangleichung  
zwischen zwei Besatz-  
scheiben  
Figure 7  
Temperature convergence  
between two setting  
stacks

### Energie sparen – Betriebskosten reduzieren

### Saving energy – reduction of operating costs

Das Energieeinsparpotenzial, welches sich mit dem neuen „Enviro Ofen“ ergibt, lässt sich anschaulich mit Hilfe eines Sankey-Diagrammes darstellen (Bild 8 und 9). Am Beispiel einer modernen Dachziegelanlage mit H-Kassetten zeigt sich, dass sich der Gesamtenergiebedarf für Trocknen und Brennen von 631 auf 398 kcal/kg Dachziegel reduzieren lässt.

The energy-saving potential offered by the new "Enviro kiln" is clearly illustrated in a Sankey diagram (Figures 8 and 9). The example of a modern roof tile factory using H cassettes demonstrates that the total energy requirements for drying and firing can be reduced from 631 to 398 kcal/kg of roof tiles.

### Berechnung Energieverbrauch, Calculation of energy consumption

Anlagenparameter, System parameters		
Leistung, Output:	23 Mio Dachziegel/Jahr (233to/Tag), 23 million roof tiles per year (233t/day)	
Gewicht des Dachziegels, Weight of one tile:	3,56 kg	
Gewicht der H-Kassette, Weight of the H-cassette:	4,9 kg	
Anmachwassergehalt, Preparation water content:	19 %	
Glühverlust, Loss on ignition:	6 %	
	kcal/kg Dachziegel, kcal/kg roof tiles	
	Konventionell, Conventional	Enviro
Rohstoffenthalpie, Enthalpy of raw material	30	30
Rauchgas, Flue gas	249	100
Abstrahlung, Radiation	18	51
Ausfahrverluste, Exit losses	67	31
Ofenluft zum Trockner, Kiln air to the dryer	267	0
<b>Summe Ofen, Total - kiln</b>	<b>631</b>	<b>212</b>
Trockner- Zuheizen über Gas, Additional dryer heating with gas	0	186
<b>Summe Trockner, Total - dryer</b>	<b>267</b>	<b>186</b>
<b>Gesamt für Trocknen und Brennen Total - drying and firing</b>	<b>631</b>	<b>398</b>

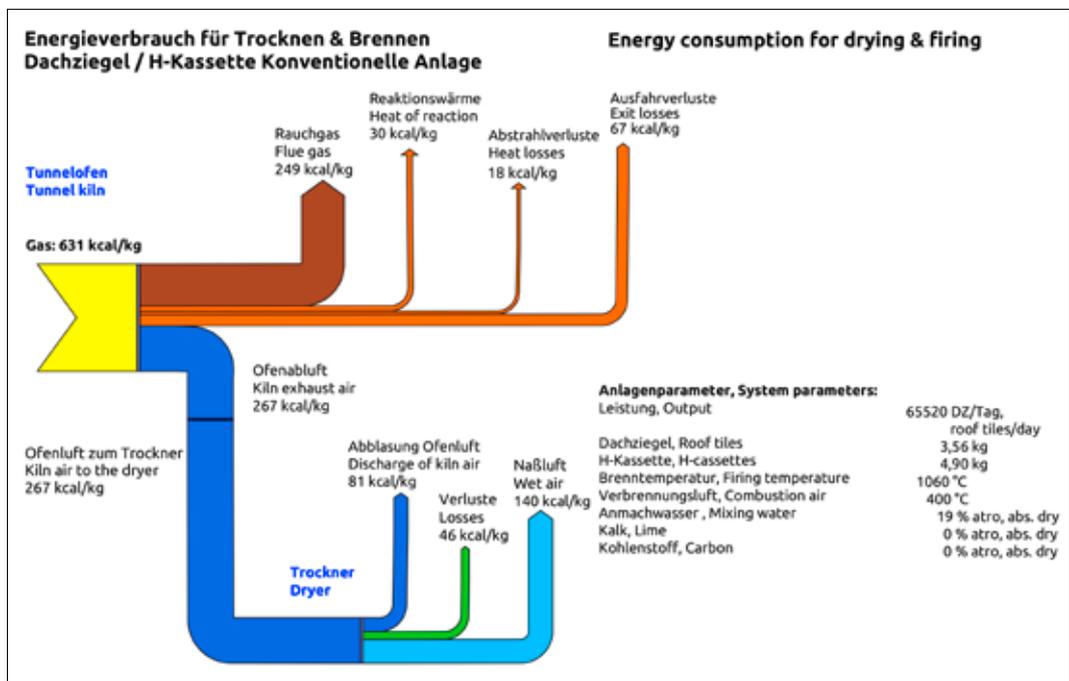


Bild 8 Sankey Diagramm einer modernen konventionellen Dachziegelanlage mit H-Kassette  
Figure 8 Sankey diagram showing a modern conventional roof tile factory using H cassettes

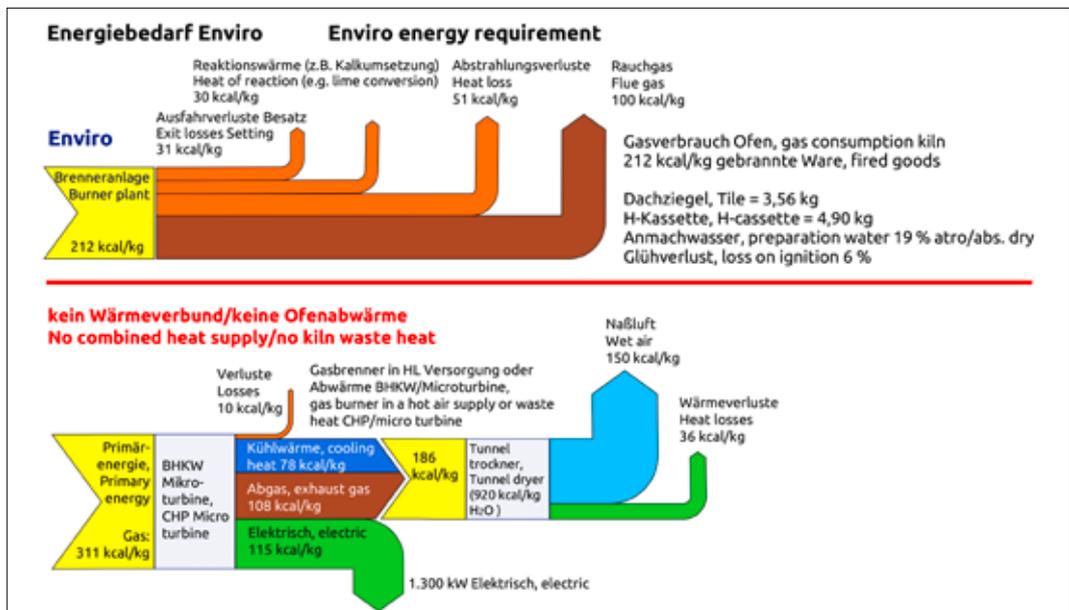


Bild 9 Sankey Diagramm einer Gesamtanlage mit „Enviro Ofen“  
Figure 9 Sankey diagram of a complete plant with "Enviro kiln"

Mit dem neuen KELLER „Enviro Ofen“ gelingt die Entkopplung von Ofen und Trockner. Auf diese Weise ergeben sich völlig neue Möglichkeiten in der Beheizung des Trockners wie z. B. Niedrigenergetrocknung, Kraft-Wärmekopplung oder auch die Beheizung mit alternativen Brennstoffen. Der Energieversorgung des Trockners kann hierdurch kundenspezifisch und exakt bedarfsorientiert erfolgen. Somit entfallen in vielen Anlagen die bisherige systembedingte Überversorgung des Trockners mit Ofenluft und das „Abblasen“ wertvoller Energie. Das schont die Umwelt, spart Ressourcen und verringert die Betriebskosten – eine lohnenswerte Investition!

The new KELLER "Enviro kiln" succeeds to put an end to the coupling of kiln and dryer. Completely new ways to heat the dryer can be opened up, such as low-energy drying, cogeneration systems or heating with alternative fuels. The energy supply for the dryer can be tailored exactly to the needs of the customer. Thus, in many plants the current system-related oversupply of the dryer with kiln air and the "blow-off" of valuable energy will become a thing of the past. This protects the environment, conserves resources and reduces operating costs – a worthwhile investment!



KELLER



## KELLER

**Gegründet/Founded:** 1894

**Exzellenzbereich:** Maschinen und Anlagen mit Schwerpunkt grobkeramische Industrie, Automatisierungstechnik, Messtechnik, Kunststoffschälmaschinen für PTFE und PE

**Area of excellence:** Machinery and plants with focus on the heavy-clay industry, automation technology, measurement technology, skiving machines for PTFE and PE

**KELLER HCW GmbH**

Carl-Keller-Str. 2-10, 49479 Ibbenbüren-Laggenbeck  
Phone +49 5451 850, E-Mail: [info@keller.de](mailto:info@keller.de)  
[www.keller.de](http://www.keller.de)

