

Fachbericht  
ILK-B-31-07-3364  
24.07.2007  
Seitenzahl 13

## Software zur Berechnung und Darstellung des Prozessverlaufes in berieselten Metallschaumwärmeübertragern

Dipl.-Ing. Christian Friebe

Zertifiziert nach ISO 9001

Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH • Bertolt-Brecht-Allee 20 • 01309 Dresden  
Geschäftsführer: Dr. rer. nat. habil. Ralf Herzog • Prokurist: Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke  
Tel.: 0351/4081-520 • Fax 0351/4081-525 • E-Mail: [gf@ilkdresden.de](mailto:gf@ilkdresden.de) • <http://www.ilkdresden.de>  
Commerzbank Dresden • Kto. 8 000 135 • BLZ 850 400 00 • Amtsgericht Dresden HRB 6118

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Programmbeschreibung</b>	<b>3</b>
<b>2 Lizenzbedingungen</b>	<b>4</b>
2.1 Lizenzumfang	4
2.2 Urheberrecht	5
2.3 Keine Gewährleistung	5
<b>3 Verwendung des Programmes</b>	<b>6</b>
3.1 Allgemeine Angaben	6
3.2 Eingabe des Wärmeübertragers	7
3.3 Eingabe der Stoffeigenschaften	8
3.4 Einstellung der Berechnung und Starten der Berechnung	9
3.5 Darstellung des Ergebnisses	10
<b>4 Support</b>	<b>13</b>

# 1 Programmbeschreibung

Die hier beschriebene Software ist zur Berechnung und Darstellung von Prozessgrößen eines berieselten Metallschaum- Wärmeübertragers bestimmt.

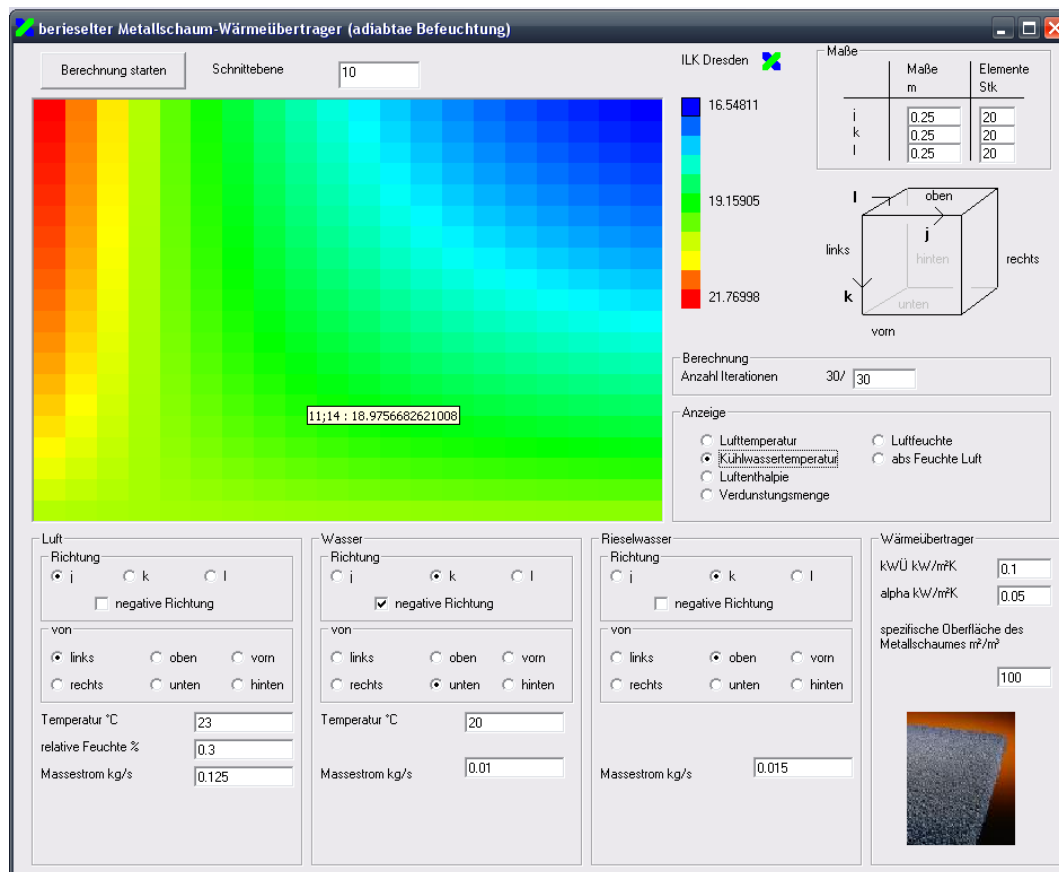


Bild 1 Ansicht des Berechnungsprogrammes

## 2 Lizenzbedingungen

### WICHTIG - BITTE SORGFÄLTIG LESEN

Dieser Lizenzvertrag (im Weiteren - "Vertrag") ist eine rechtsgültige Übereinkunft zwischen dem Anwender (entweder als natürlicher oder juristischer Person) und dem ILK Dresden auf das Softwareprodukt zur Berechnung und Darstellung von Prozessgrößen eines berieselten Metallschaum- Wärmeübertragers (im Weiteren "Software "). Indem Sie das Programm speichern, benutzen, kopieren oder dessen Grafiken und Ausdrucken anderweitig nutzen, erklären Sie sich damit einverstanden, durch die Konditionen dieses Vertrages gebunden zu sein.

### 2.1 Lizenzumfang

1. Dieses Programm ist ein FREEWARE- Produkt. Dies bedeutet, dass Sie es kostenfrei nutzen dürfen (kommerzielle Nutzung inbegriffen).
2. Die kommerzielle Verbreitung des Programms ist nicht gestattet. Erlaubt ist der Verweis auf die Downloadquelle [www.ilkdresden.de](http://www.ilkdresden.de), wenn dadurch kein Anspruch auf Entgelt erhoben wird.
3. Es ist nicht gestattet, ein Zurückentwickeln der Technologie, die Dekompilierung und Entassemblierung des Programms, jeglicher Art Änderungen im Objektcode der Software oder in den dazugehörigen Dateien, vorzunehmen.
4. Es ist nicht gestattet, an das Programm jegliche Art andere Softwareoberflächen anzuschließen.
5. Das Programm wird als ungeteiltes Ganzes lizenziert und darf nicht in einzelne Komponenten für separate Nutzung getrennt werden
6. Dieser Vertrag gewährt Ihnen keinerlei Rechte in Verbindung mit Marken oder Dienstleistungsmarken des ILK Dresden.
7. Werden Darstellungen und Grafiken aus dieser Software verwendet, ist in jedem Fall die Quelle zu benennen. Das Manipulieren oder Entfernen des Logos in den Darstellungen ist nicht gestattet..
8. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen des ILK Dresden <http://www.ilkdresden.de/de/news/geschaeftsb.html>.

## **2.2 Urheberrecht**

Alle Anrechte und geistigen Eigentumsrechte an der Software (einschließlich, aber nicht beschränkt auf Bilder, Berechnungsgleichungen, Texte und "Applets", die in dem Programm enthalten sind), den Begleitmaterialien und jede Kopie der Software ist Eigentum des ILK Dresden.

## **2.3 Keine Gewährleistung**

DIE GEWÄHRLEISTUNG FÜR DIESE SOFTWARE IST AUSGESCHLOSSEN. SIE NUTZEN DIESE SOFTWARE AUF EIGENE GEFAHR. DAS ILK DRESDEN HAFTET WEDER FUER VERLUSTE, FEHLERHAFTE DATEN, FÜR JEDWEDEN ENTGANGENEN GEWINN AUS DER NUTZUNG ODER DER UNKORREKTEN NUTZUNG DIESER SOFTWARE.

### 3 Verwendung des Programmes

#### 3.1 Allgemeine Angaben

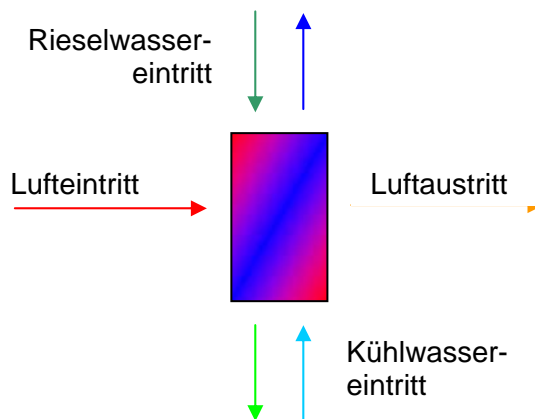


Bild 2 schematische Darstellung der Stoffströme

Das Programm berechnet den adiabaten Wärmeübergang zwischen Luft, Rieselwasser und zu kühlendes Wasser. Es erfolgt keine Berücksichtigung des nicht im Sättigungszustand befindlichen Wassers. Bild 2 zeigt schematisch den Verlauf der Stoffströme. Die Richtung der einzelnen Ströme kann für die dreidimensionale Berechnung dem zu untersuchenden Problem angepasst werden.

### 3.2 Eingabe des Wärmeübertragers

Die Eingabe der Wärmeübertragermaße erfolgt nach Bild 3.

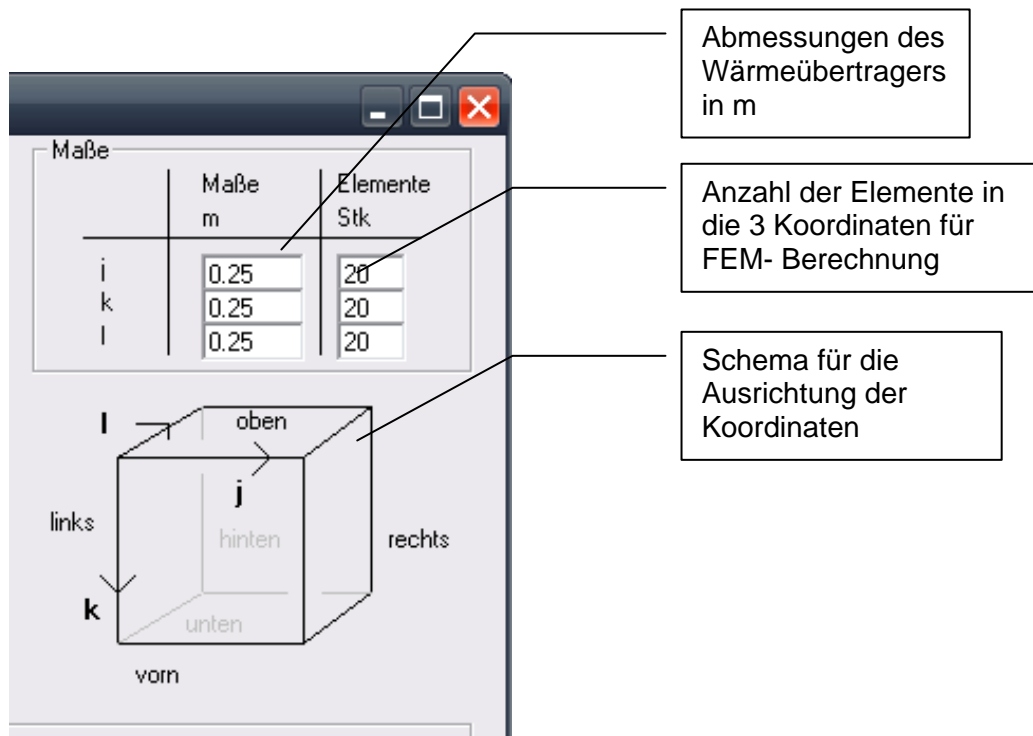


Bild 3 Eingabe der Wärmeübertragergröße

Die thermischen Parameter des Wärmeübertragers werden nach Bild 4 eingegeben.

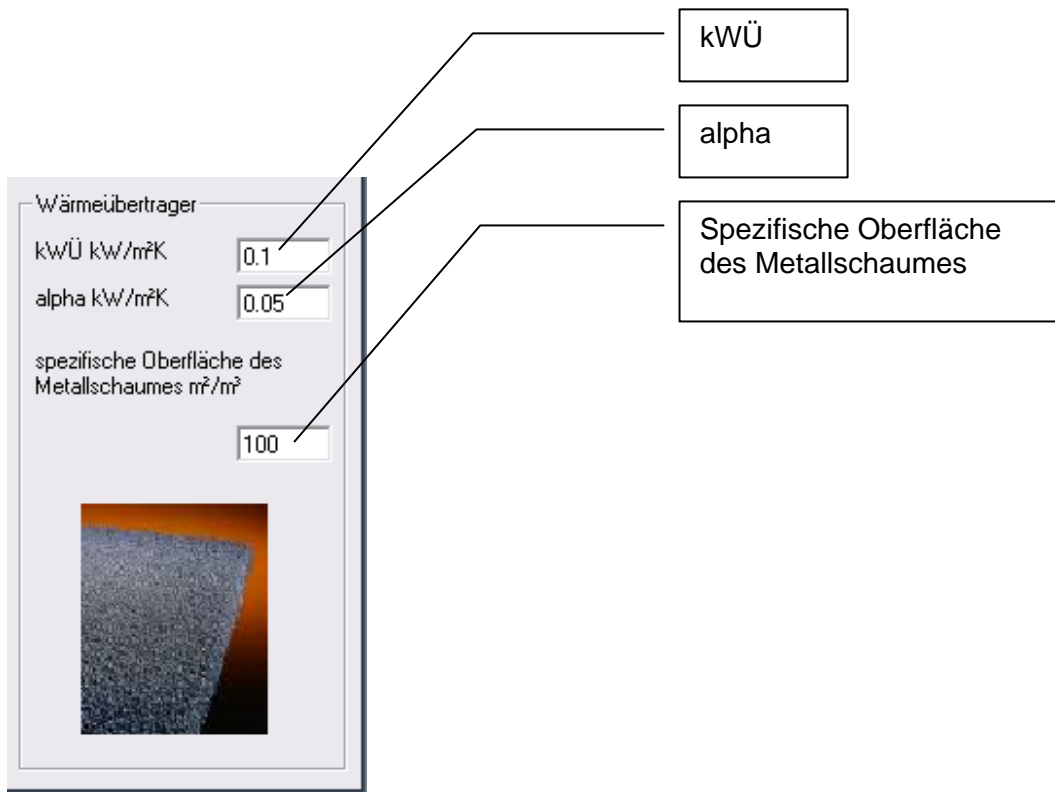


Bild 4 Eingabe der thermischen Parameter des WÜ

Dabei bedeuten kWÜ der Wärmeübergangskoeffizient von Wasser auf den Rieselfilm und alpha der kombinierte Wärme- und Stoffübergangskoeffizient von Rieselwasser auf die Luft.

Die spezifische Oberfläche ist ein Maß für die Porosität des Metallschaumes. Üblicherweise erfolgt diese Angabe in ppi (pores per inch), jedoch ist diese Einheit für Wärmeübergangsbetrachtungen nicht geeignet. Die spezifische Oberfläche beschreibt, wie viele  $m^2$  Oberfläche der Metallschaum je  $m^3$  Material besitzt.

### 3.3 Eingabe der Stoffeigenschaften

Bild 5 zeigt den Eingabebereich der Stoffeigenschaften und die räumliche Ausrichtung der Ströme.

Die Richtung kann anhand der schematischen Darstellung des Koordinatensystems für jeden Stoff einzeln festgelegt werden. Richtung heißt hierbei, in welche Richtung sich der Stoff ausbreiten soll. Die Richtung ist dabei stets eindimensional; kann nur in j, in k oder in l erfolgen. Ein räumlicher Stofftransport ist nicht möglich.

Luft	Wasser	Rieselwasser
Richtung <input checked="" type="radio"/> j <input type="radio"/> k <input type="radio"/> l <input type="checkbox"/> negative Richtung	Richtung <input type="radio"/> j <input checked="" type="radio"/> k <input type="radio"/> l <input checked="" type="checkbox"/> negative Richtung	Richtung <input type="radio"/> j <input checked="" type="radio"/> k <input type="radio"/> l <input type="checkbox"/> negative Richtung
von <input checked="" type="radio"/> links <input type="radio"/> oben <input type="radio"/> vorn <input type="radio"/> rechts <input type="radio"/> unten <input type="radio"/> hinten	von <input type="radio"/> links <input type="radio"/> oben <input type="radio"/> vorn <input type="radio"/> rechts <input checked="" type="radio"/> unten <input type="radio"/> hinten	von <input type="radio"/> links <input checked="" type="radio"/> oben <input type="radio"/> vorn <input type="radio"/> rechts <input type="radio"/> unten <input type="radio"/> hinten
Temperatur °C <input type="text" value="23"/> relative Feuchte % <input type="text" value="0.3"/> Massestrom kg/s <input type="text" value="0.125"/>	Temperatur °C <input type="text" value="20"/> Massestrom kg/s <input type="text" value="0.01"/>	Massestrom kg/s <input type="text" value="0.015"/>

Bild 5 Eingabe der Stoffeigenschaften

Die Angabe „von“ sagt aus, wo die Randbedingung des Stoffes festgehalten werden soll. Da in allen praktischen Fällen stets nur die Eintrittswerte in einen Wärmeübertrager bekannt sind, deckt sich diese Aussage mit der Angabe „Richtung“. Soll sich ein Strom von links nach rechts bewegen, **muss** „j“ aktiviert sein **und** „links“ ausgewählt werden („negative Richtung“ abgewählt).

Letztendlich erfolgt die Angabe der Stoffwerte im unteren Teil der Anzeige.

### 3.4 Einstellung der Berechnung und Starten der Berechnung

Berechnung	
Anzahl Iterationen	30/ <input type="text" value="30"/>

Bild 6 Anzahl der Iterationen

Bevor die Berechnung gestartet wird, ist die Anzahl der Iterationen (siehe Bild 6) festzulegen, wie oft die Berechnung ausgeführt werden soll. Der Berechnung liegt ein Differenzenverfahren zugrunde. Bevor dieses ausgeführt wird, werden alle Größen eines jeden Elementes mit den eingegebenen Randbedingungen als Startbedingung gesetzt. Aufgrund des Differenzenverfahrens werden die sich ergebenden Stoffgrößen von einem Element auf das nächste weitergegeben. Aus

diesem Grund muss die Berechnung mit diesen neuen Elementen mehrfach wiederholt werden, bis sich die Zustände nicht weiter ändern. Ein deutliches Indiz für eine ausreichende Anzahl Iterationen ist, wenn sich z.B. die Kühlwasser-Temperaturen an der Legende ab der vierten Stelle nicht mehr ändern. Wie viele Iterationen bereits gerechnet wurden, wird angezeigt.

Der Start der Berechnung erfolgt über die Schaltfläche Berechnung starten oben links (siehe Bild 7).

Vor Beginn der Rechnung ist darauf zu achten, dass die Zahl der Schnittebene zwischen 0 und der eingegebenen Elementanzahl für die Richtung I liegt.

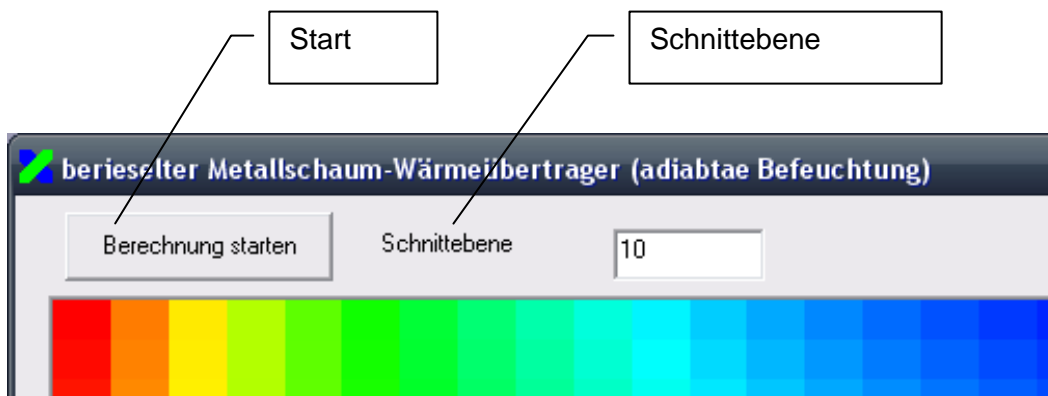


Bild 7 Start der Berechnung und Eingabe der Schnittebene

### 3.5 Darstellung des Ergebnisses

Das Ergebnis der Berechnung wird für jeden Iterationsschritt im Display angezeigt (siehe Bild 8). Anzeigt wird stets die j, k- Ebene in der Tiefe der eingegebenen Schnittebene (I). Bei einer Element-Anzahl von 20 für I ist für die Betrachtung der Mitte bei Schnittebene eine 10 einzugeben. Bereits während der Berechnung können sowohl die Schnittebene als auch die angezeigte Größe (siehe Bild 8) verändert werden. In Abhängigkeit von der Rechenleistung kann es zu geringfügigen Verzögerungen kommen.

Ergebnisdarstellung

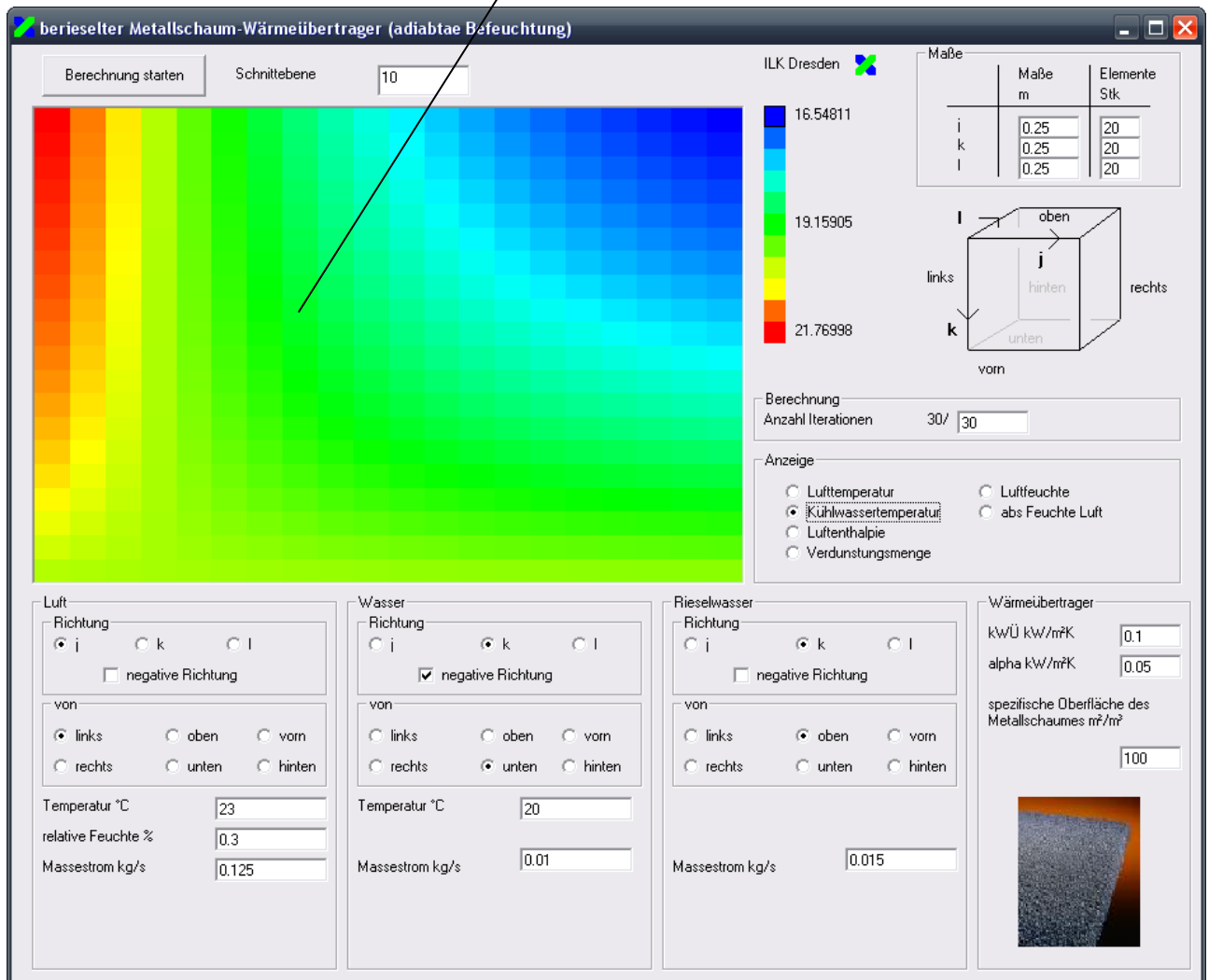


Bild 8 Darstellung der Ergebnisse

Folgende Größen der deren Verläufe können dargestellt werden:

- Lufttemperatur
- Absolute Luftfeuchte
- Relative Luftfeuchte
- Enthalpie der Luft

- Temperatur des Kühlwassers
- Verdunstungsmenge je Element

Wird der Cursor über die Grafik bewegt, erscheint eine Anzeige mit dem aktuellen Mittelwert des jeweiligen Elementes.

## 4 Support

Support für Hilfestellungen bei der Programmbedienung kann für dieses Freeware- Programme nicht angeboten werden.

Das ILK Dresden entwickelt im Kundenauftrag Softwarelösungen für den Bereich der Klima-, Energie- und Kältetechnik.

Anfragen richten Sie bitte an:

**ILK Dresden**   
Institut für Luft- und Kältetechnik  
Bertolt-Brecht-Allee 20 / D-01309 Dresden  
Tel.: 0351 4081 650 / Fax.: 0351 4081 655  
<http://www.ilkdresden.de>