

# Thermische und schalltechnische Analysen von Klimazentralgeräten

von Dipl. Wirt.-Ing. Marco Fischbach

- Einleitung
  - Normative Anforderungen an Klimazentralgeräte
  - Aufgabenstellung
- Thermische Analysen von Klimazentralgeräten
  - Grundlagen der Wärmeübertragung
  - Darstellung des 3D-CAD-Modells eines Klimazentralgerätes
  - Numerisch thermische Analysen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM)
- Schalltechnische Analysen von Klimazentralgeräten
  - Grundlagen der Schalltechnik
  - Kenngrößen des Luft- und Körperschalls
  - Schallausbreitung in Klimazentralgeräten
  - Numerisch schalltechnische Analysen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) und der Boundary-Elemente-Methode (BEM)
- Schlussbemerkung und Ausblick

- **Einleitung**
  - Normative Anforderungen an Klimazentralgeräte
  - Aufgabenstellung
- Thermische Analysen von Klimazentralgeräten
  - Grundlagen der Wärmeübertragung
  - Darstellung des 3D-CAD-Modells eines Klimazentralgerätes
  - Numerisch thermische Analysen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM)
- Schalltechnische Analysen von Klimazentralgeräten
  - Grundlagen der Schalltechnik
  - Kenngrößen des Luft- und Körperschalls
  - Schallausbreitung in Klimazentralgeräten
  - Numerisch schalltechnische Analysen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) und der Boundary-Elemente-Methode (BEM)
- Schlussbemerkung und Ausblick

## Klimazentralgerät der Firma ROX KLIMATECHNIK GmbH

Thermische  
Anforderungen



DIN EN 1886



Schalltechnische  
Anforderungen

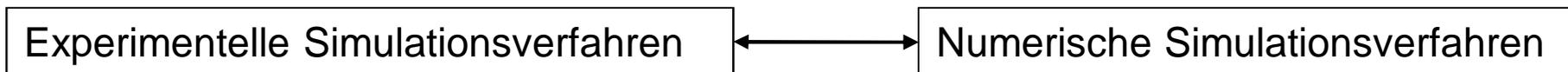


DIN EN 45635

Klimazentralgeräte werden nach Normen und Richtlinien klassifiziert

- ➔ Beurteilung der akustischen und energetischen Gerätequalität
- ➔ Reduktion des Kosten- und Zeitaufwandes im Produktentwicklungsprozess

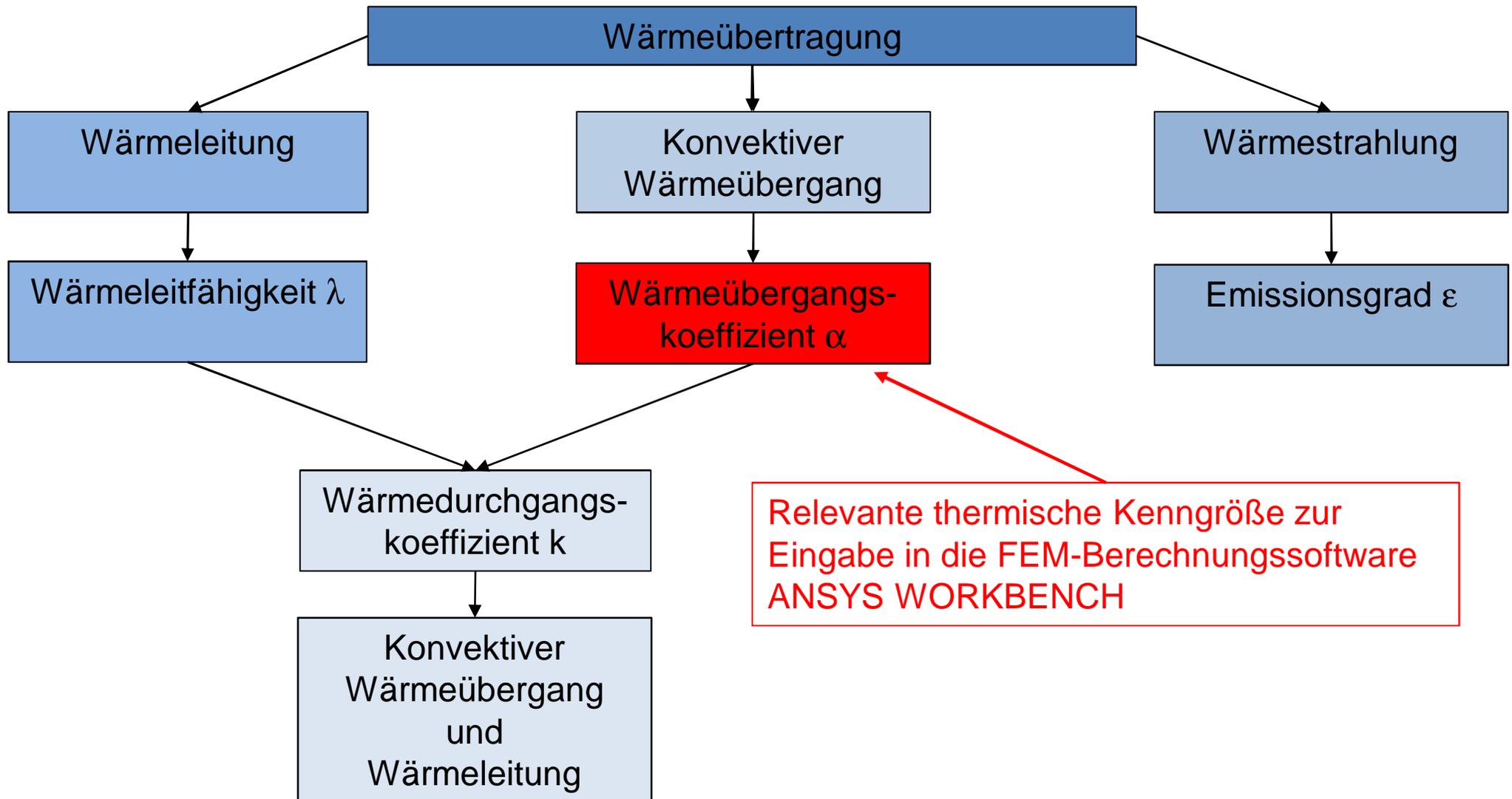
- Verifizierung und Validierung der thermischen und schalltechnischen Gebrauchseigenschaften von Klimazentralgeräten
- Einsatz von numerischen Simulationsverfahren zur Bestimmung dieser Gebrauchseigenschaften
- Schaffung von grundlegenden Berechnungsansätzen für die Neuentwicklung von Klimazentralgeräten



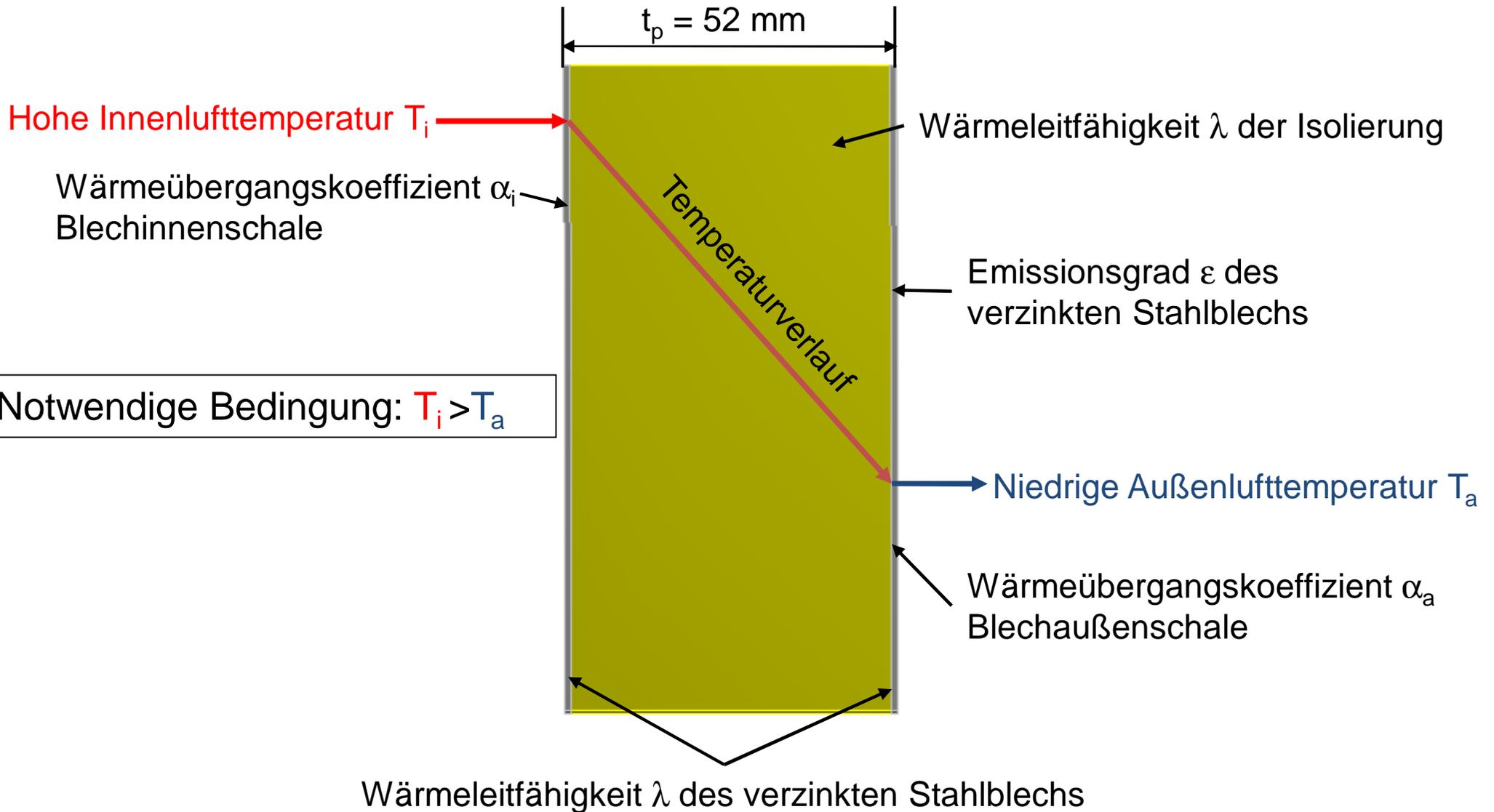
### Ziele:

- Ermittlung der thermischen Kenngrößen Wärmedurchgangskoeffizient  $k$  und Wärmebrückenfaktor  $k_b$
- Numerische Simulation der Luft- und Körperschallausbreitung an Klimazentralgeräten bzw. an Ersatzsystemen, wie an einem doppelschaligen ebenen Paneel

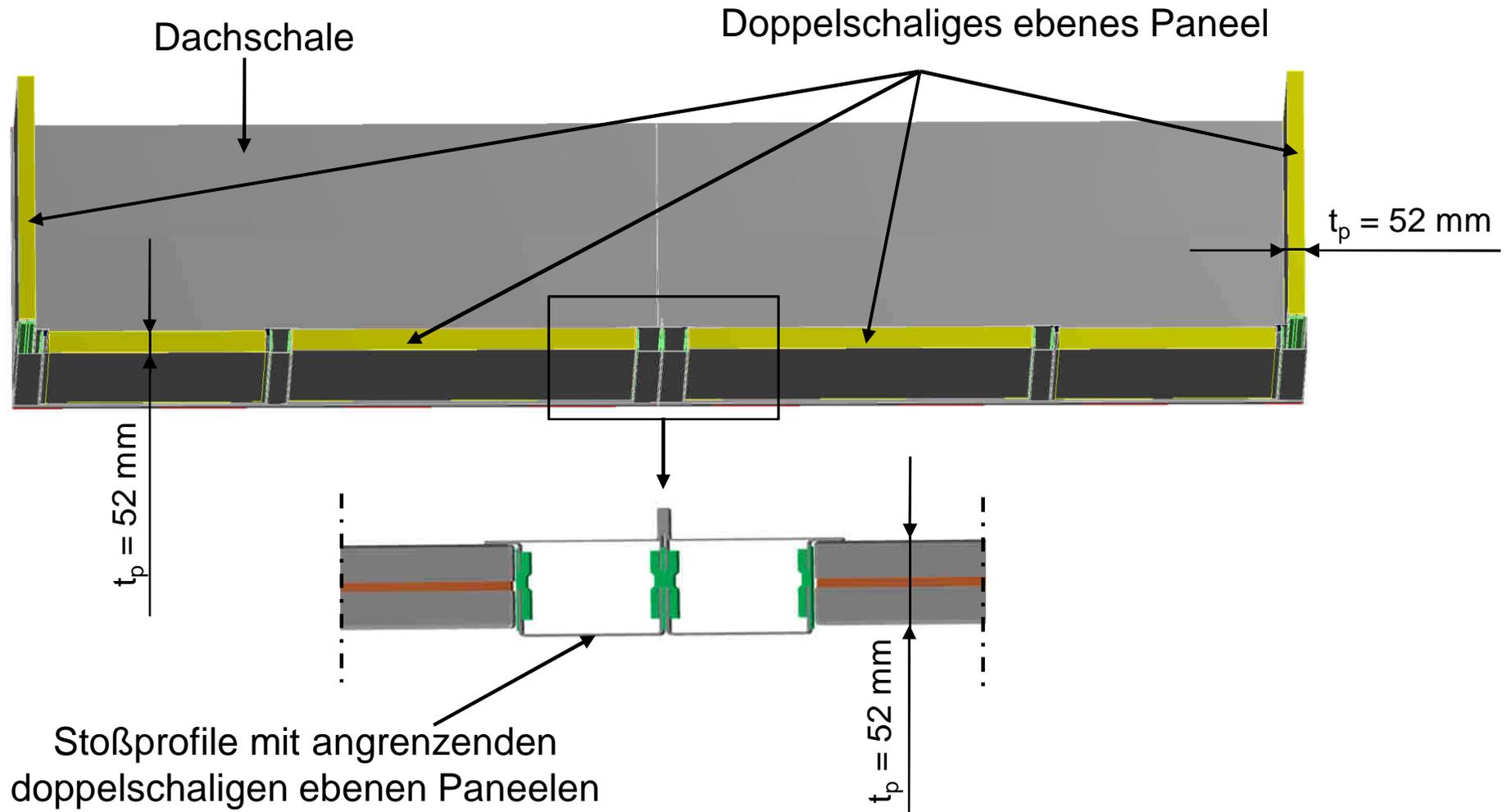
- Einleitung
  - Normative Anforderungen an Klimazentralgeräte
  - Aufgabenstellung
- **Thermische Analysen von Klimazentralgeräten**
  - Grundlagen der Wärmeübertragung
  - Darstellung des 3D-CAD-Modells eines Klimazentralgerätes
  - Numerisch thermische Analysen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM)
- Schalltechnische Analysen von Klimazentralgeräten
  - Grundlagen der Schalltechnik
  - Kenngrößen des Luft- und Körperschalls
  - Schallausbreitung in Klimazentralgeräten
  - Numerisch schalltechnische Analysen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) und der Boundary-Elemente-Methode (BEM)
- Schlussbemerkung und Ausblick



## Temperaturverlauf durch ein doppelschaliges ebenes Paneel



## 3D-CAD-Modell eines Klimazentralgerätes (Schnittdarstellung im 1/4-Modell)



## Definition der Randbedingungen am Beispiel eines doppelschaligen ebenen Paneels

Thermische Werkstoffkennwerte:

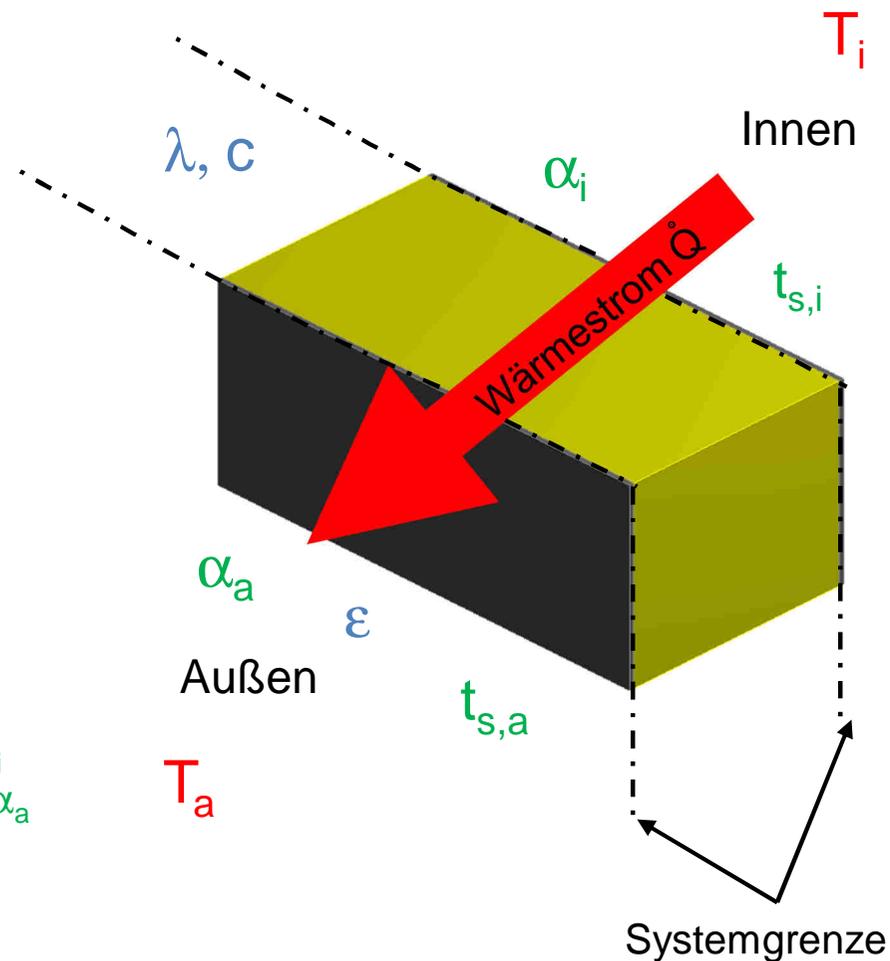
- Emissionsgrad  $\varepsilon$
- Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$
- Spezifische Wärmekapazität  $c$

Vorgabe nach der Norm DIN EN 1886:

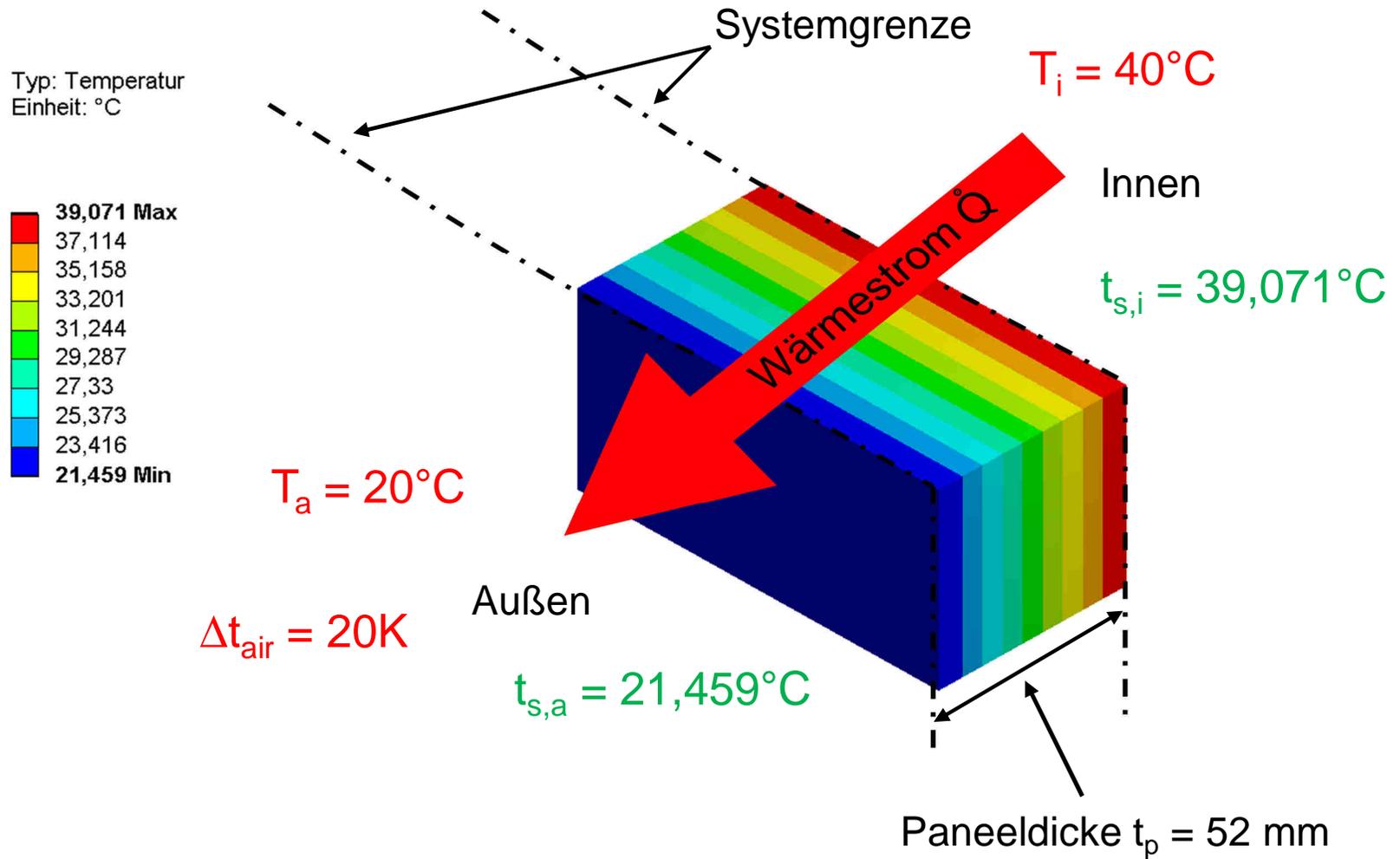
- Außenlufttemperatur  $T_a$
- Innenlufttemperatur  $T_i$
- Luft-zu-Luft-Temperaturdifferenz  $\Delta t_{\text{air}}$

Analytisch berechnete Parameter:

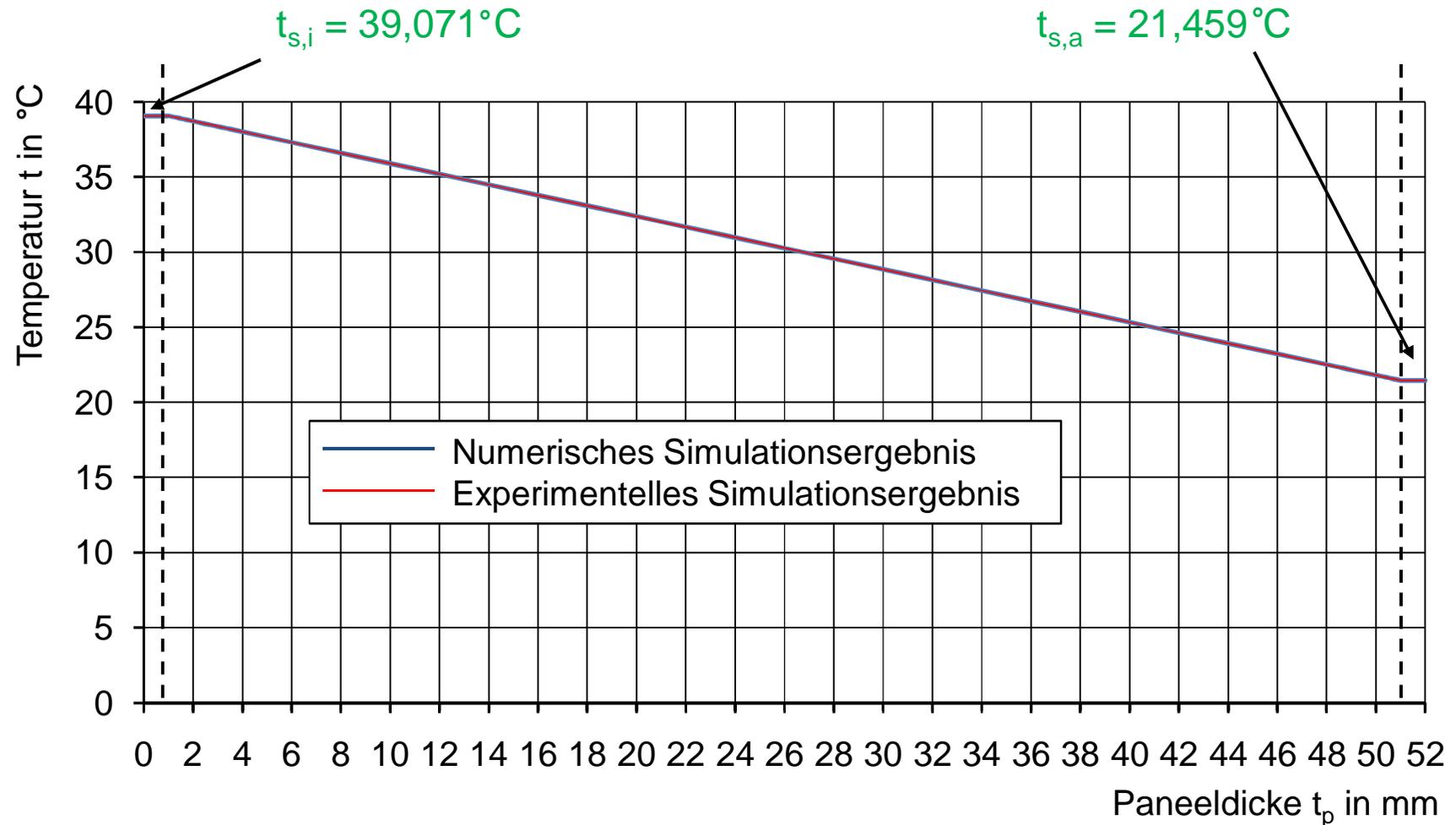
- Innere Oberflächentemperatur  $t_{s,i}$
- Äußere Oberflächentemperatur  $t_{s,a}$
- Innerer Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha_i$
- Äußerer Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha_a$



Darstellung der Ergebnisse am Beispiel des Temperaturverlaufs durch ein doppelschaliges ebenes Paneel



Darstellung der Ergebnisse am Beispiel des Temperaturverlaufs durch ein doppelschaliges ebenes Paneel



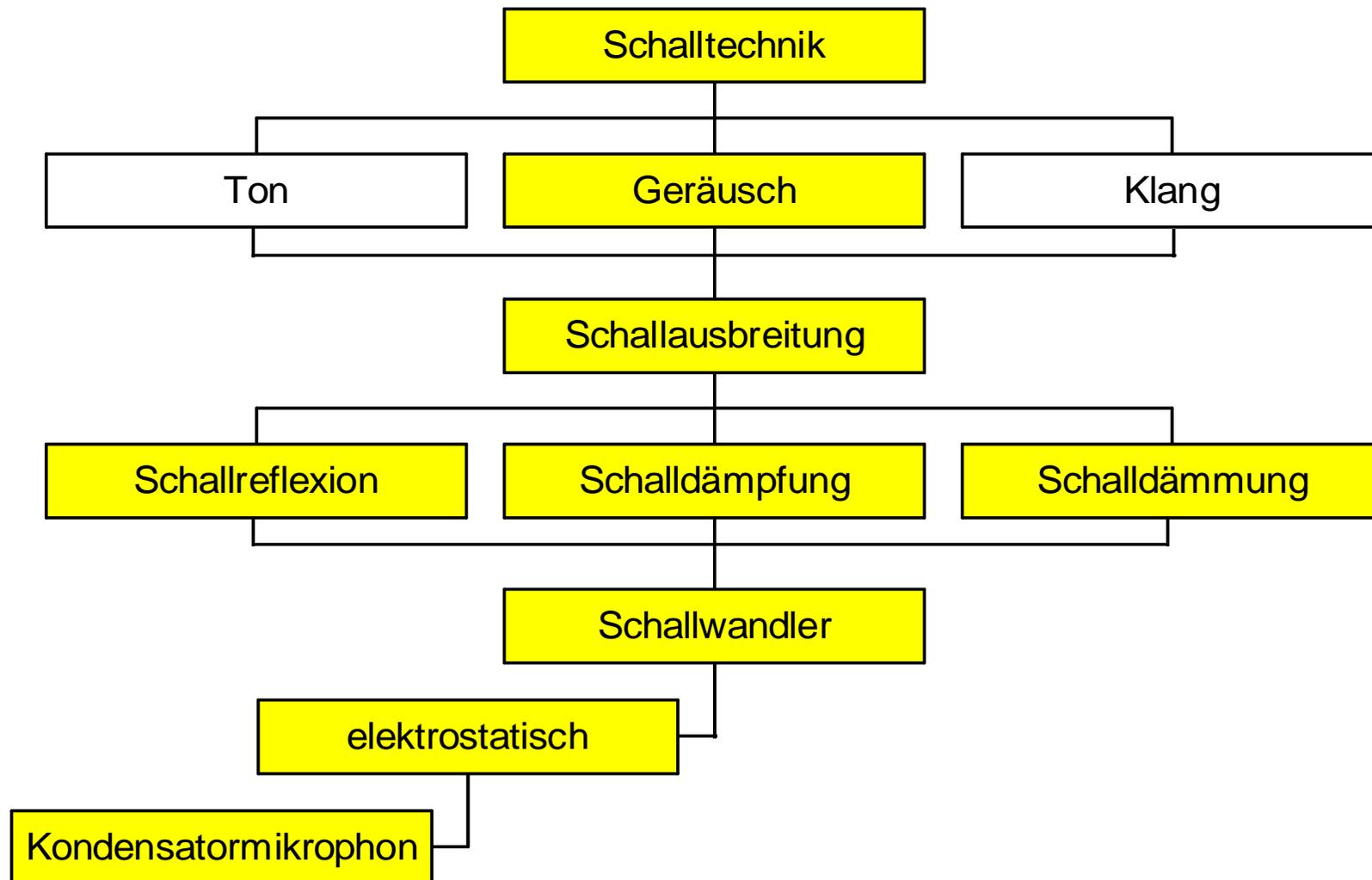
Thermische Analysen an Klimazentralgeräten und an doppelschaligen ebenen Paneelen

Experimentelle Simulationsverfahren	Numerische Simulationsverfahren	Verifizierung	Verbesserung der thermischen Gebrauchseigenschaften
Doppelschaliges ebenes Paneel	Doppelschaliges ebenes Paneel	ja	-
Klimazentralgerät HYD LC	Klimazentralgerät HYD LC	ja	-
-	Klimazentralgerät HYD LCM	-	ja

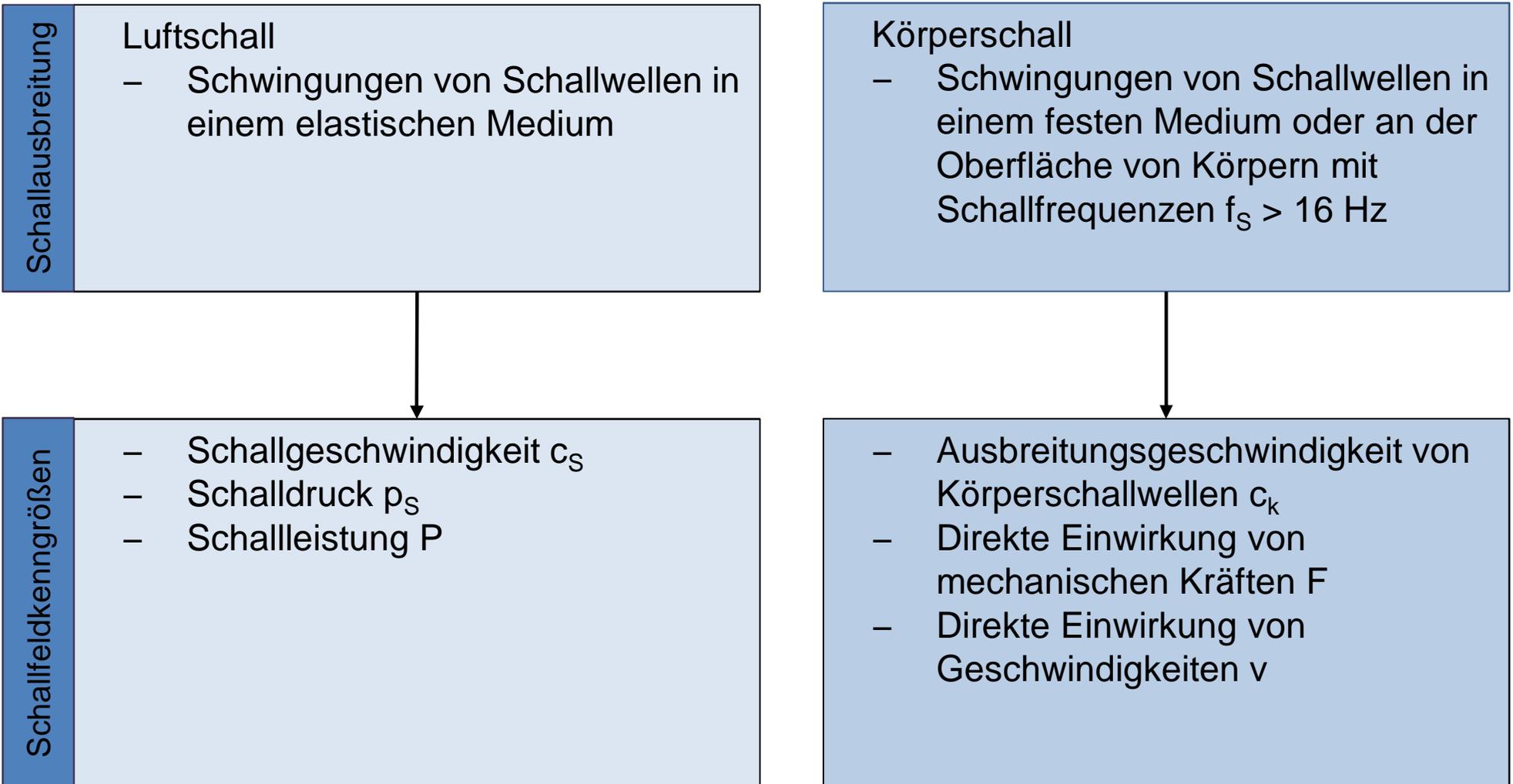
➔ Verbesserung des Klimazentralgerätes HYD LCM hinsichtlich thermischer Gebrauchseigenschaften

- Einleitung
  - Normative Anforderungen an Klimazentralgeräte
  - Aufgabenstellung
- Thermische Analysen von Klimazentralgeräten
  - Grundlagen der Wärmeübertragung
  - Darstellung des 3D-CAD-Modells eines Klimazentralgerätes
  - Numerisch thermische Analysen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM)
- **Schalltechnische Analysen von Klimazentralgeräten**
  - Grundlagen der Schalltechnik
  - Kenngrößen des Luft- und Körperschalls
  - Schallausbreitung in Klimazentralgeräten
  - Numerisch schalltechnische Analysen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) und der Boundary-Elemente-Methode (BEM)
- Schlussbemerkung und Ausblick

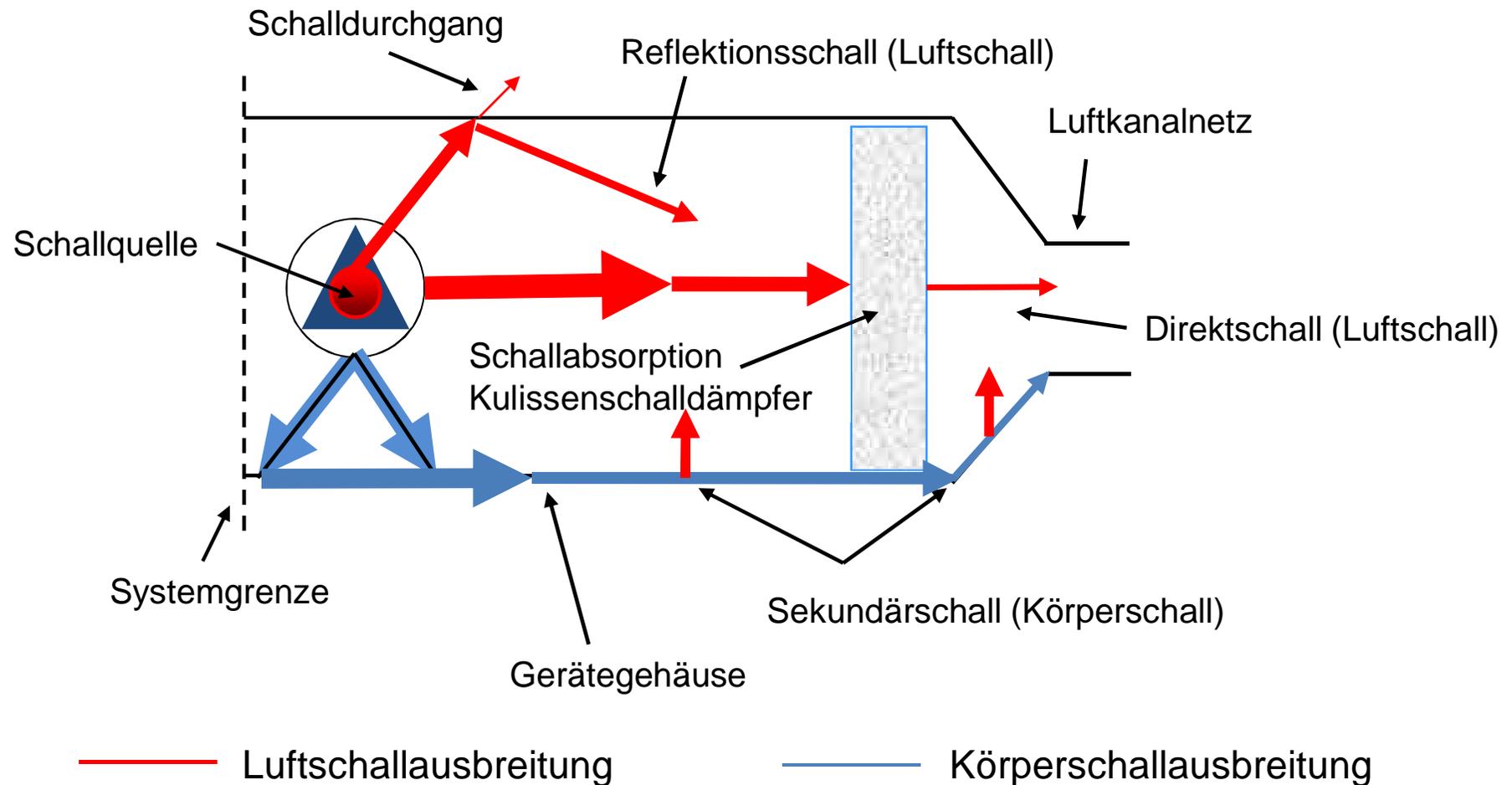
## Struktur und Themenbereiche im Fachgebiet der Schalltechnik



# Kenngrößen des Luft- und Körperschalls



## Schematische Darstellung eines Gerätegehäuses

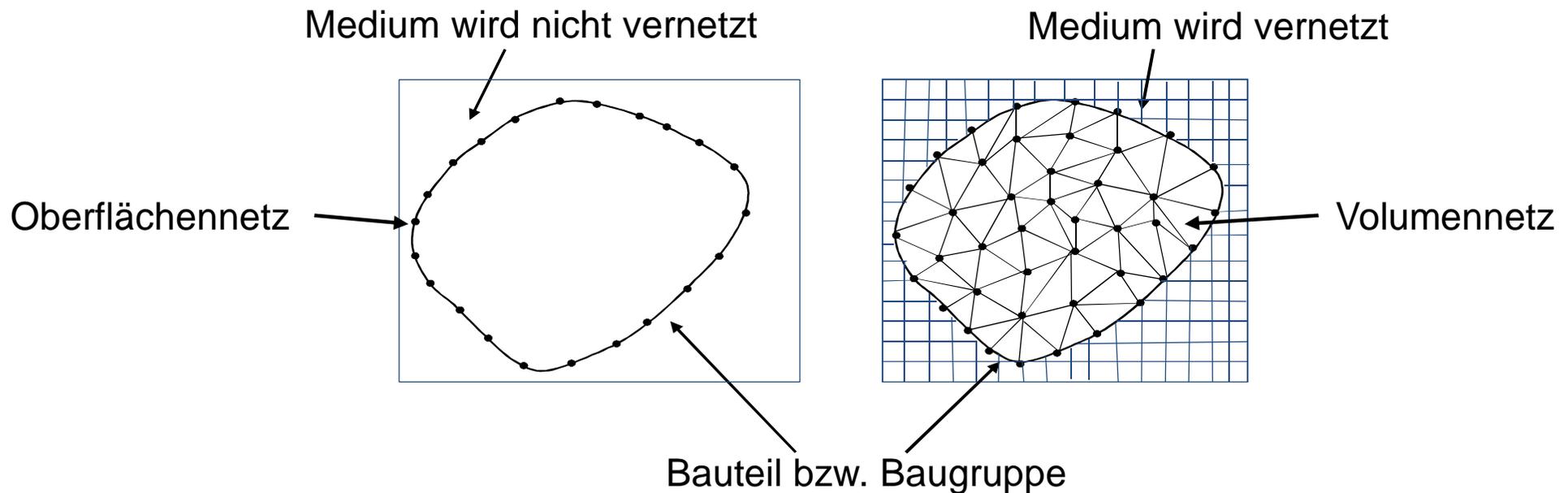


## Boundary-Elemente-Methode (BEM)

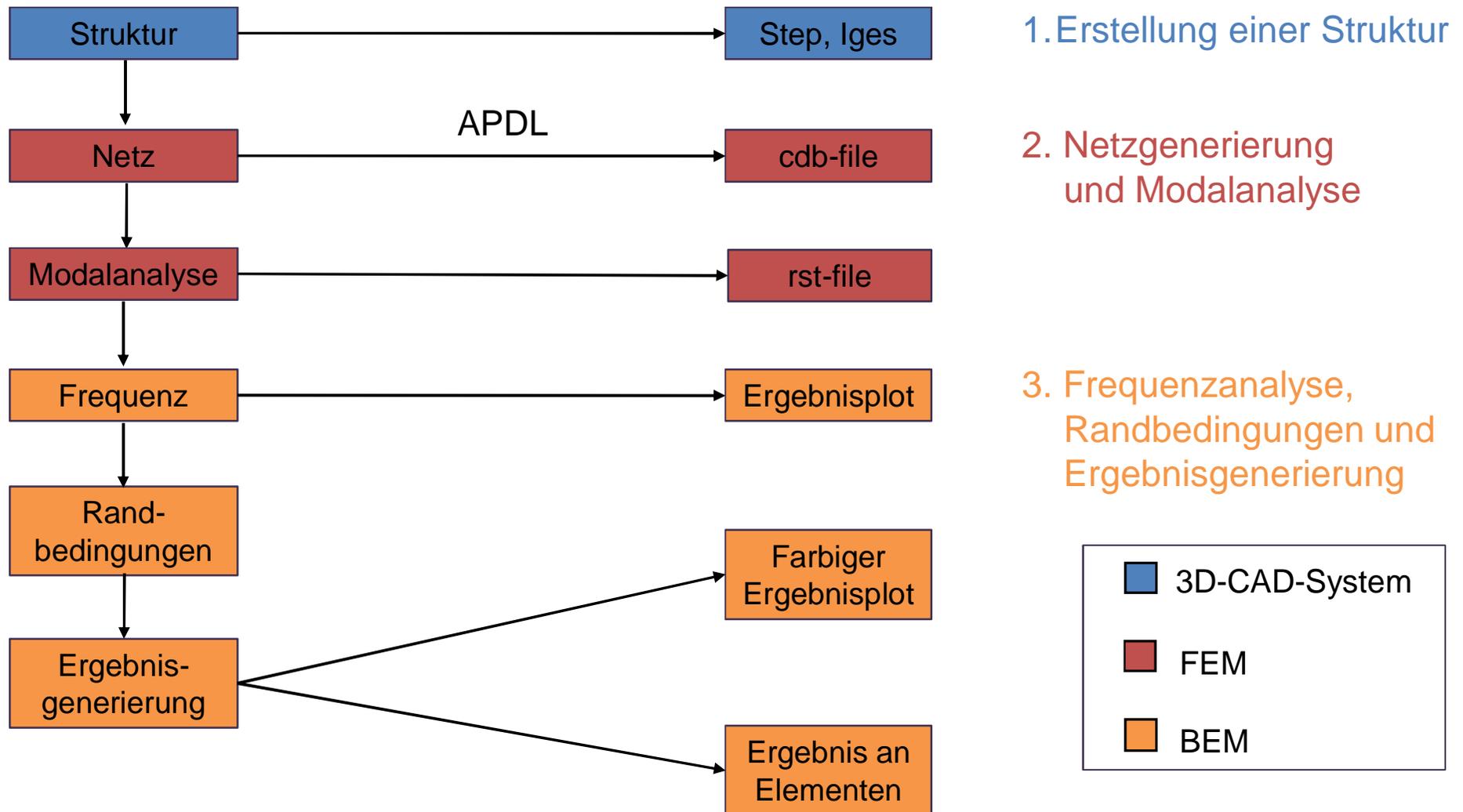
- Numerische Simulation von Luftschallausbreitung im endlichen und unendlichen Raum
- Numerische Berechnung der Überlagerung von Luft- und Körperschallausbreitung

## Finite-Elemente-Methode (FEM)

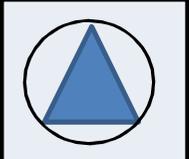
- Modalanalyse zur schalltechnischen Analyse
- Netzgenerierung zur schalltechnischen Analyse



## Verfahrensablauf zur Erstellung numerisch schalltechnischer Simulationen

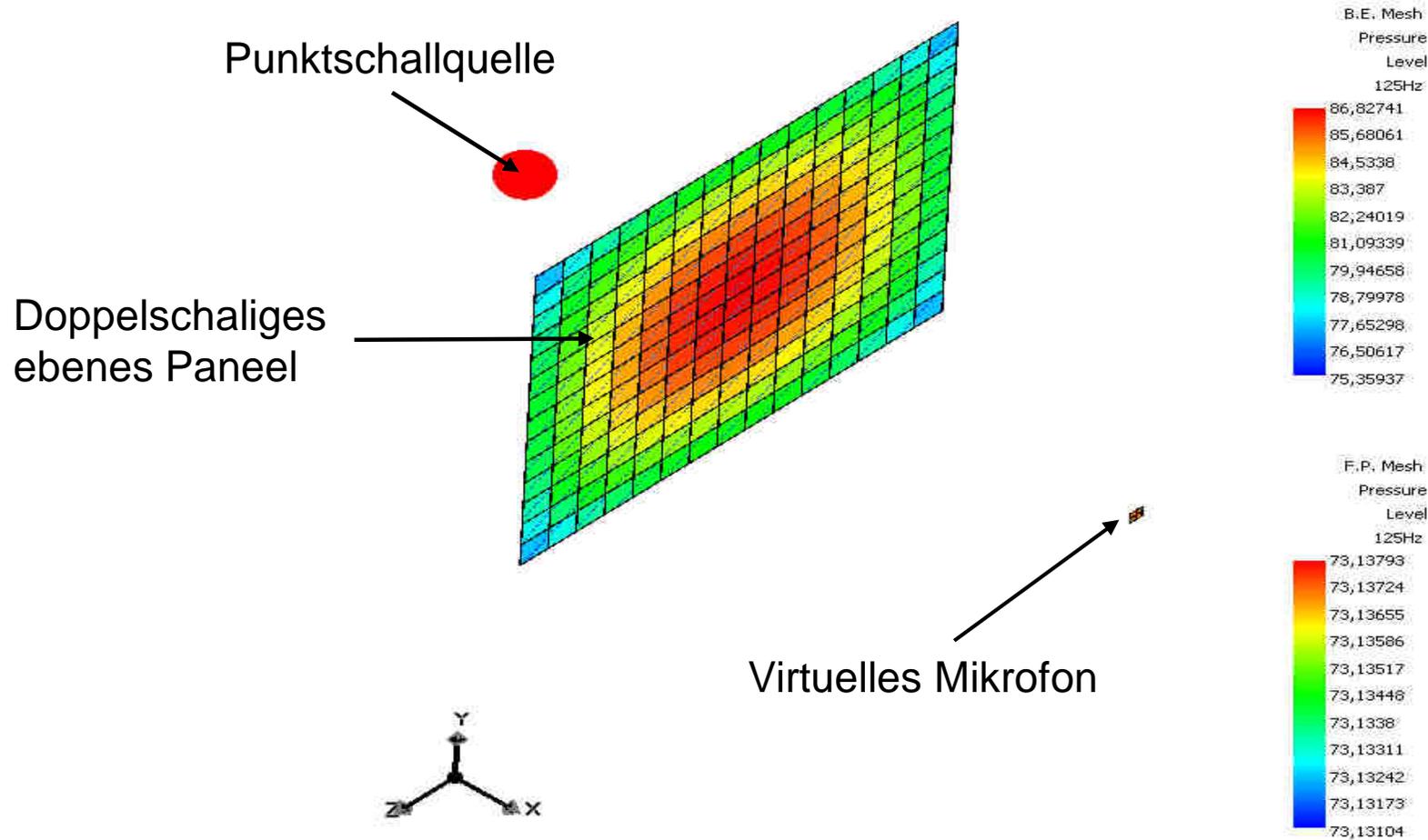


## Schalltechnische Analysen an Klimazentralgeräten und an doppelschaligen ebenen Paneelen

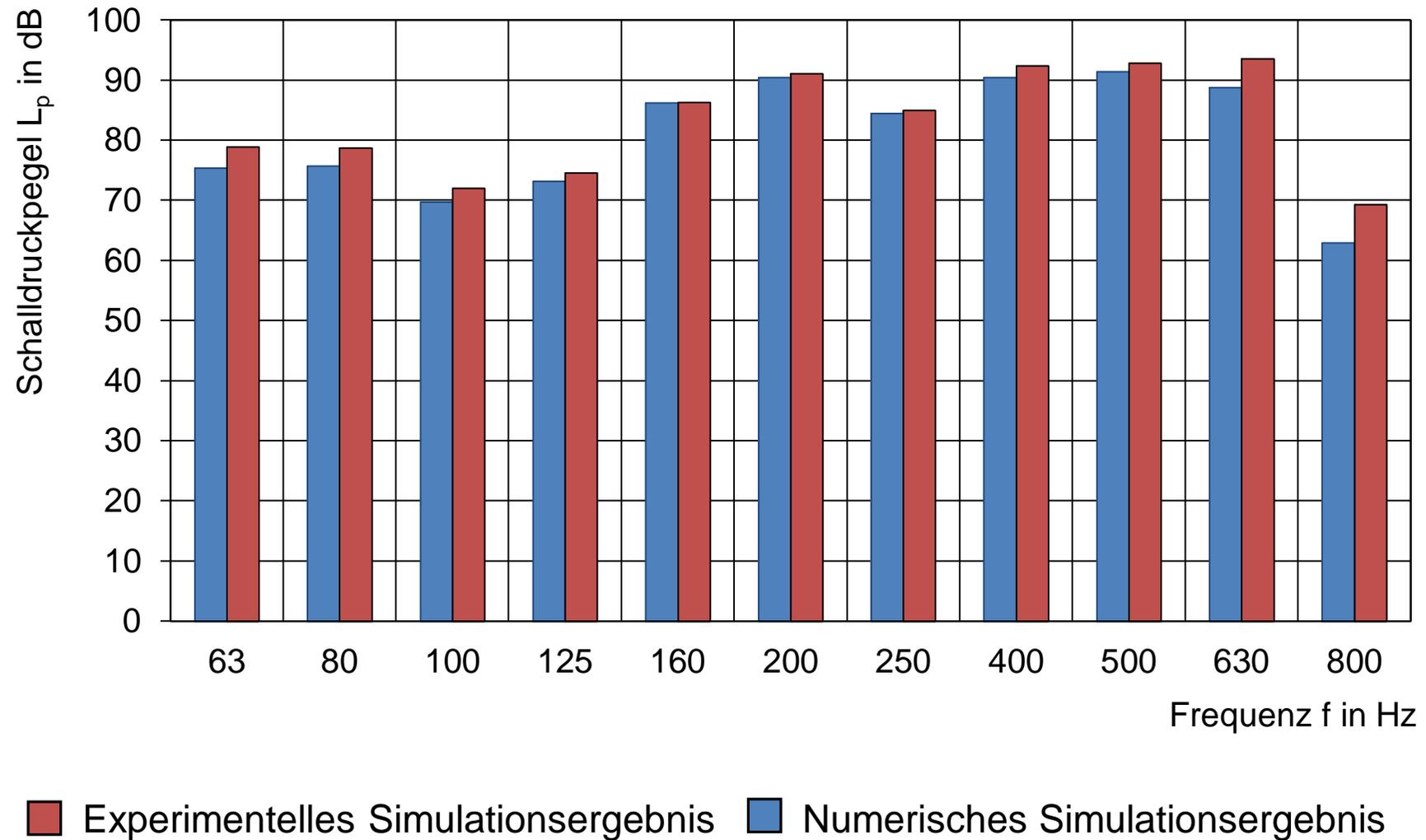
	Experimentelle Simulationsverfahren	Numerische Simulationsverfahren	Verifizierung
	Referenzmessung der Normschallquelle	Referenzmessung der Normschallquelle	ja
	Doppelschaliges ebenes Paneel	Doppelschaliges ebenes Paneel	Grundlegende Berechnungsansätze sind geschaffen
	Klimazentralgerät HYD LC	Klimazentralgerät HYD LC	Grundlegende Berechnungsansätze sind geschaffen
	-	Klimazentralgerät HYD LCM	Paralleler Einsatz von experimentellen und numerischen Simulationsverfahren

 Mikrofon  
  Schallquelle  
  Doppelschaliges Paneel  
  Klimazentralgerät

Darstellung eines farbigen Ergebnisplot einer numerischen schalltechnischen Analyse der Referenzmessung



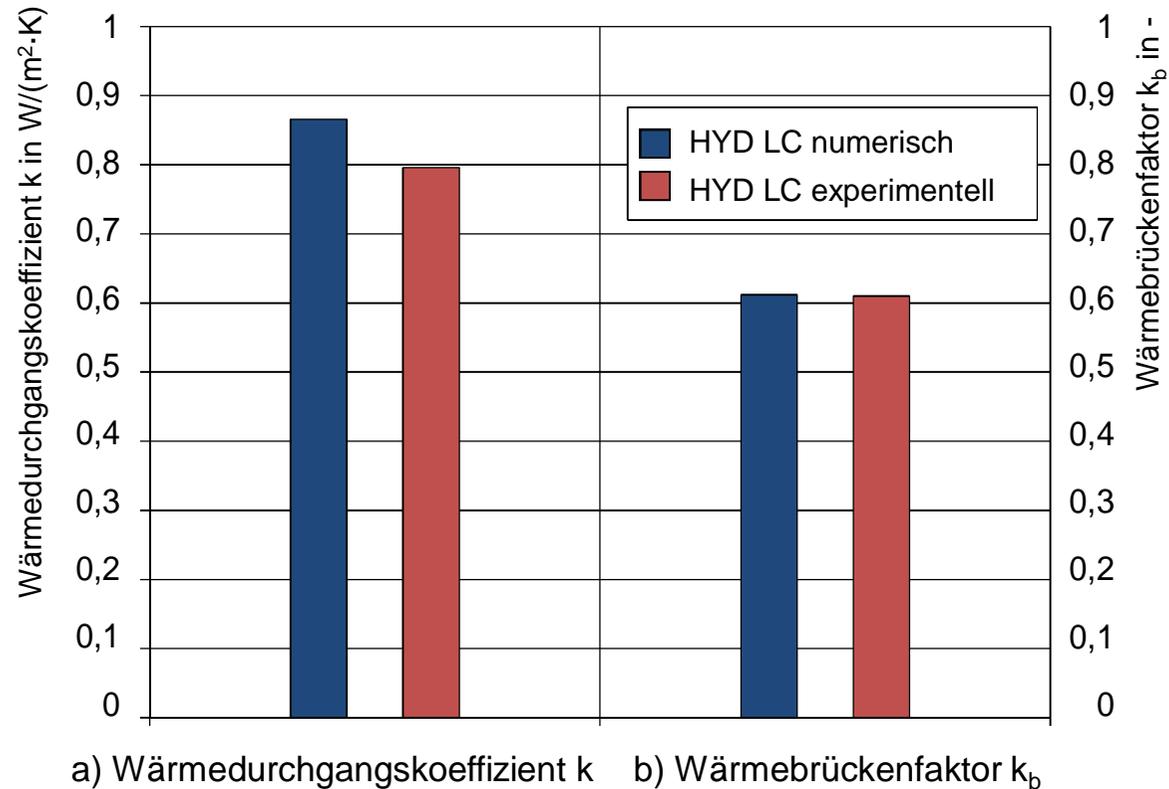
Darstellung der numerischen und experimentellen Simulationsergebnisse der Schalldruckpegel  $L_p$  am Beispiel der Referenzmessung



- Einleitung
  - Normative Anforderungen an Klimazentralgeräte
  - Aufgabenstellung
- Thermische Analysen von Klimazentralgeräten
  - Grundlagen der Wärmeübertragung
  - Darstellung des 3D-CAD-Modells eines Klimazentralgerätes
  - Numerisch thermische Analysen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM)
- Schalltechnische Analysen von Klimazentralgeräten
  - Grundlagen der Schalltechnik
  - Kenngrößen des Luft- und Körperschalls
  - Schallausbreitung in Klimazentralgeräten
  - Numerisch schalltechnische Analysen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) und der Boundary-Elemente-Methode (BEM)
- **Schlussbemerkung und Ausblick**

## Schlussbemerkung und Ausblick

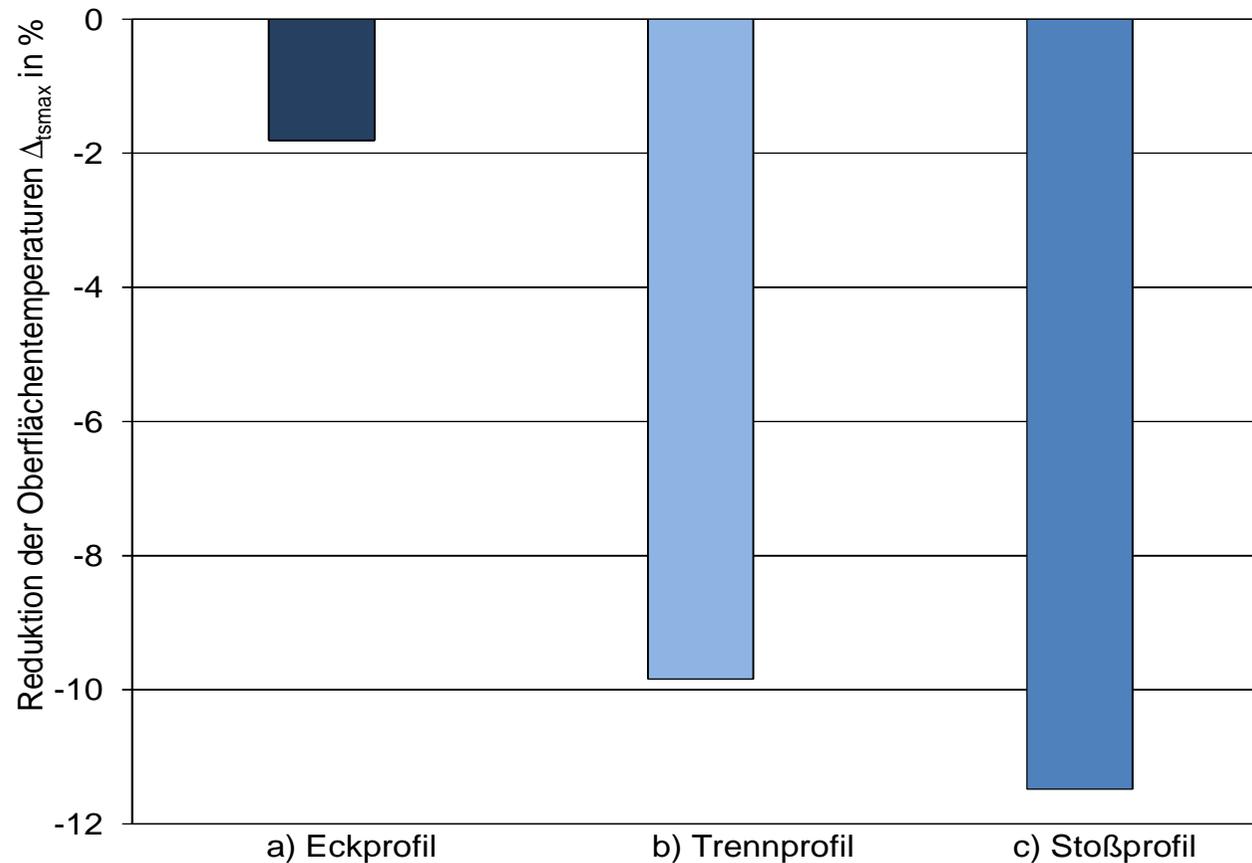
Darstellung der ermittelten thermischen Kenngrößen Wärmedurchgangskoeffizient  $k$  und Wärmebrückenfaktor  $k_b$



➔ Sehr gute Übereinstimmungen der experimentellen und numerischen Simulationsergebnisse

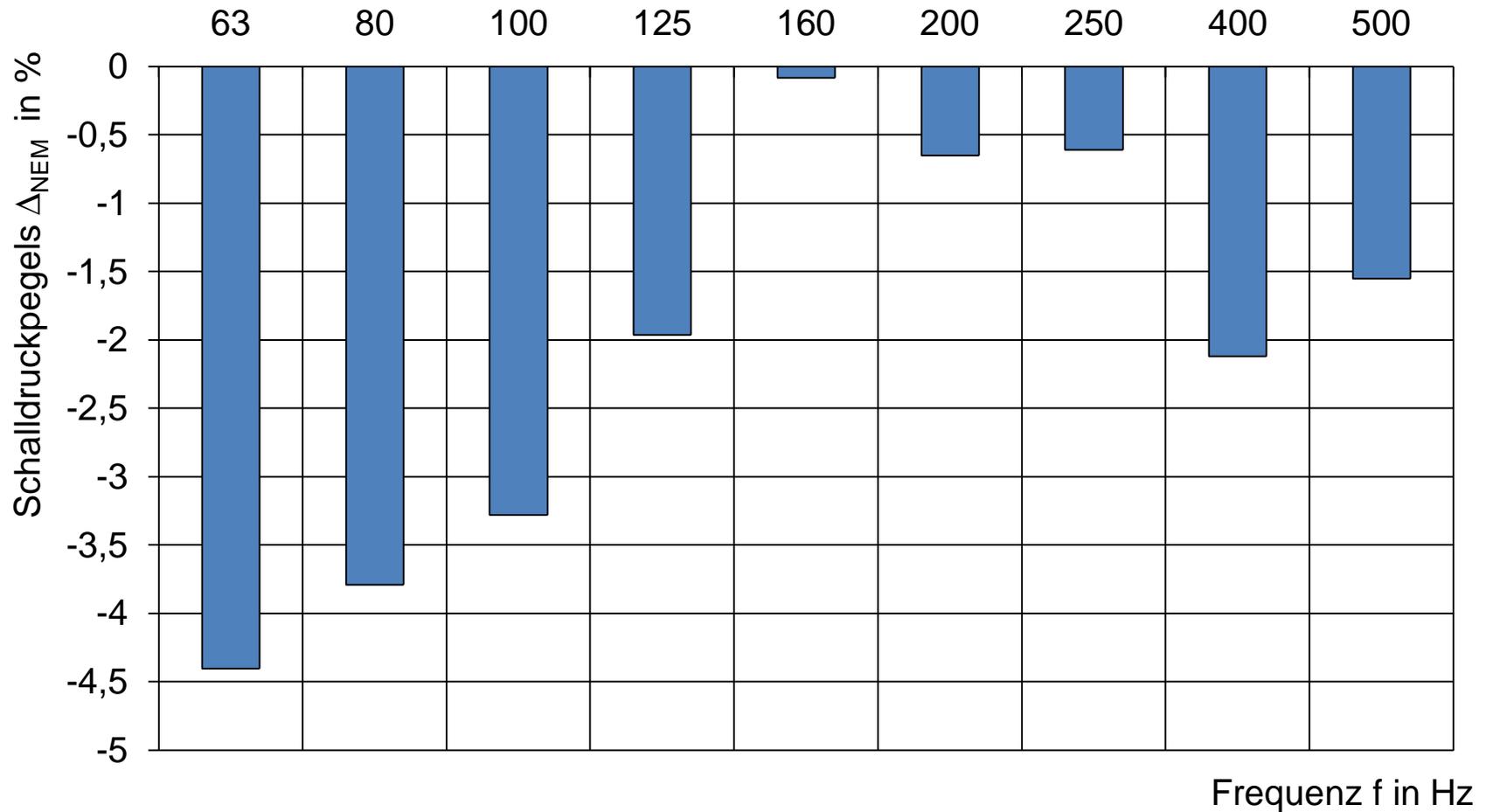
➔ Numerische Simulationsmodelle zur thermischen Analyse sind verifiziert

Darstellung der reduzierten Oberflächentemperaturen am Beispiel der Verbindungsprofile des Klimazentralgerätes HYD LCM



- ➔ Verbesserung der thermischen Gebrauchseigenschaften am Klimazentralgerät
- ➔ Ziel: Klimazentralgerät muss weiter verbessert werden

Darstellung der experimentellen und numerischen schalltechnischen Simulationsergebnisse am Beispiel der Referenzmessung



Sehr gute Übereinstimmungen der experimentellen und numerischen Simulationsergebnisse

Numerische schalltechnische Simulation der Referenzmessung ist verifiziert

Numerische schalltechnische Simulation des doppelschaligen ebenen Panels muss verifiziert werden

➔ Grundlegende Berechnungsansätze sind geschaffen

➔ Schalltechnische Gebrauchseigenschaften der Klimazentralgeräte müssen verbessert werden

# Thermische und schalltechnische Analysen von Klimazentralgeräten

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Bearbeiter: Dipl. Wirt.-Ing. Marco Fischbach  
E-Mail: [fischbach@rox-online.de](mailto:fischbach@rox-online.de)  
Tel.: +49 (0) 2743/ 807-170

