ANDRITZ METALS

DER WEG VON DER AUSLEGUNG BIS ZUR ABNAHME EINES INDUSTRIEOFENS

3. AACHENER OFENBAU- UND THERMOPROZESSKOLLOQUIUM

K. HORNIG | N. WICHMANN

KAPITELÜBERSICHT

01 AUSWAHL DES OFENTYPS

02 AUSLEGUNG EINES INDUSTRIEOFENS

03 ABNAHME EINES INDUSTRIEOFENS

AUSWAHL DES OFENTYPS

Übersicht der Anlagen- und prozesstechnischen Kriterien

	Kriterium	Stichworte
▶	Neubau / Umbau	Umfang & Zeitaufwand, Bestand
▶	Betriebsart	Batch, Conti, Mixed, Quasi-Conti
▶	Grenzwerte des thermischen Prozesses	Maximale Ofenraumtemperatur
▶	Dynamik des thermischen Prozesses (Ofenreise)	Aufheiz- & Abkühlgradient
▶	Ofenbetrieb / Ofenwoche	Losgrößen, Wochenenden-Betrieb
▶	Einsatzmaterial und Belegung	Flachmaterial, Langmaterial, Stückgut, Belegungsschema
▶	Ofenraum	Nutz- und Lichtabmessungen
▶	Zundermanagement	Zunderform und Mengen, Zunderabtransport
▶	Ofenatmosphäre	Oxidierend, reduzierend, inert, turbulent
▶	Beheizungsart und Anordnung der Heizelemente	Gasbrenner, Heizelemente, Direkt / Indirekt, Umwälzung
▶	Ofenumgebung	Wandtemperaturen, Bedienkonzept
▶	Begehbarkeit der Ofeninnenraums & Wartungskonzept	Wartungsintensität und Wartungsaufwand

AUSWAHL DES OFENTYPS

Erwärmungs- und Wärmebehandlungsöfen im Vergleich

Erwärmungsöfen

Erwärmungsöfen sind Thermoprozess-Anlagen zum Erwärmen vom Einsatzmaterial vor dem Umformen (Walzen, Schmieden, Ziehen, Pressen) auf die Ziehtemperatur ausgehend vom Kalt- oder Warmeinsatz. Die Ziehtemperaturen liegen für Stahllegierungen zwischen 1200 °C und 1300 °C.

Durchsätze liegen für die kleinesten kontinuierlich betriebenen Anlagen bei wenigen Tonnen pro Stunde. Für die größten Anlagen werden Durchsätze bis 500 t/h erreicht. Bei den satzweise betriebenen Anlagen kann der Einsatzgewicht bis zum 500 Tonnen betragen.
Erwärmungsöfen werden fast ausschließlich offen beheizt mit Warmluft- oder Regenerativbrennern. Die Anforderungen für die Temperaturgleichmäßigkeit im Material beim Ziehen liegen um +/- 10K.

Wärmebehandlungsöfen

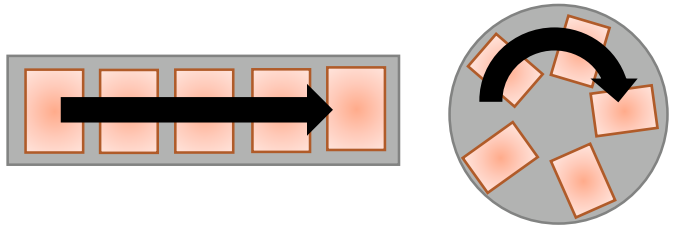
Wärmebehandlungsöfen sind Thermoprozess-Anlagen zum Erwärmen vom Einsatzmaterial zwecks Erreichung der gezielten Eigenschaften → Mikrostruktur. Sie werden mit Kalt- und Warmeinsatz beladen. Die Materialtemperaturen liegen für Stahllegierungen zwischen 600 °C und 1200 °C.

Durchsätze liegen für kontinuierliche betriebene Anlagen zwischen ca. 1 t/h und 40 t/h. Bei den satzweise betriebenen Anlage kann der Einsatzgewicht bis zum 350 Tonnen betragen.

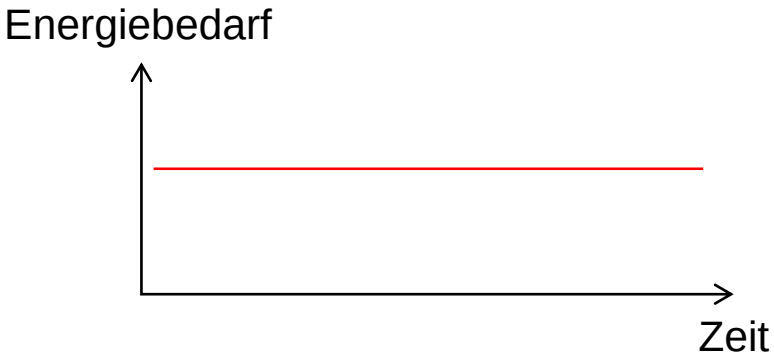
Wärmebehandlungsöfen werden beheizt: offen mit Kaltluft-, Warmluft- oder Rekuperatorbrennern, indirekt mit Strahlheizrohren und kontrollierter Atmosphäre. Elektrisch bei Anlagen und Materialtemperaturen unter 850 ° und aktiver Umwälzung der Atmosphäre.

AUSWAHL DES OFENTYPS

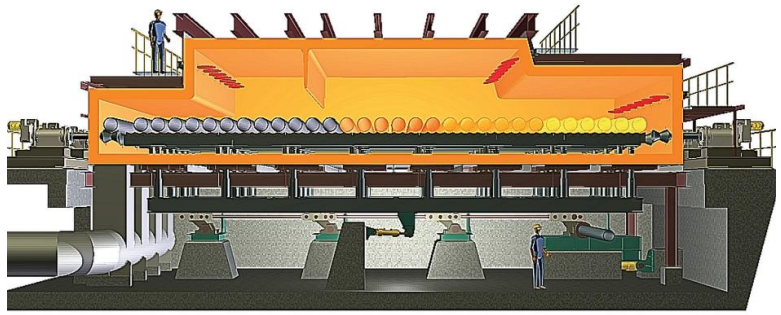
Satzweise und kontinuierlich betriebene Öfen im Vergleich

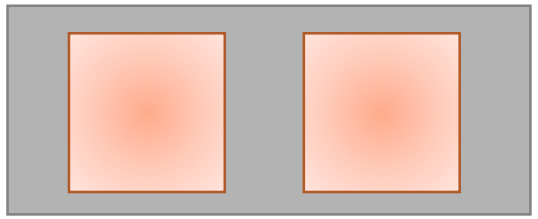


Linearer oder rotierender Transport
während des Aufheizprozesses

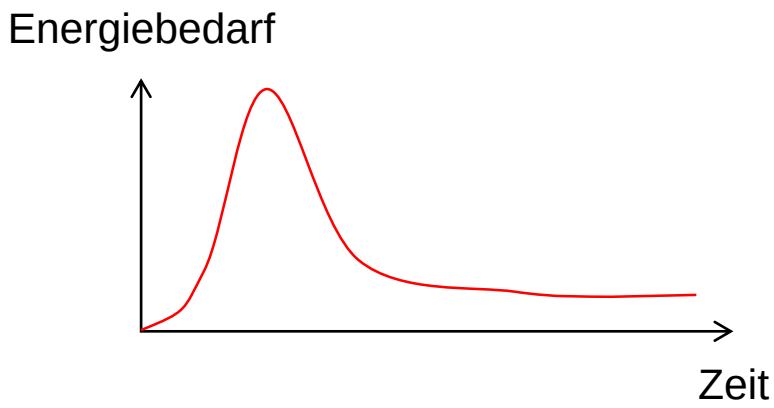


Hubbalkenofen

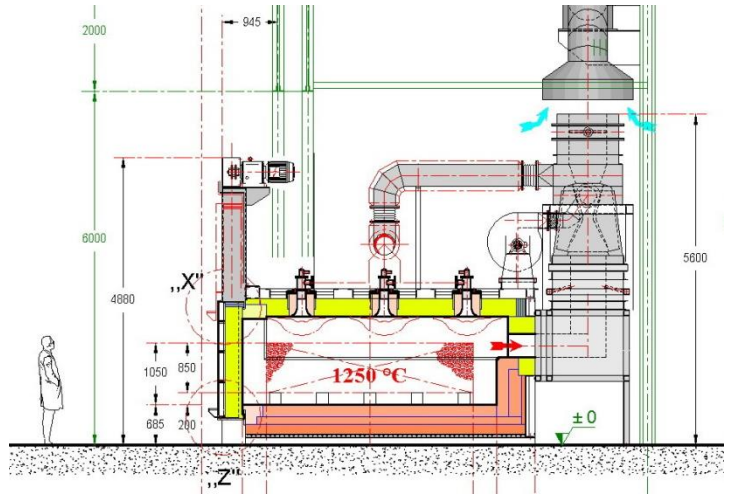




Material “ruht” während
des Aufheizprozesses



Kammerofen



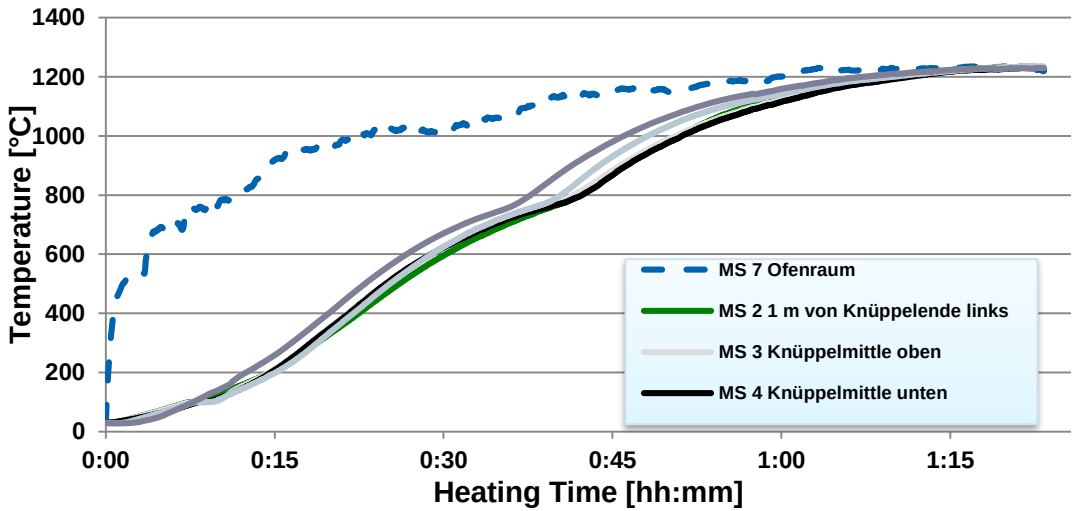
AUSWAHL DES OFENTYPS

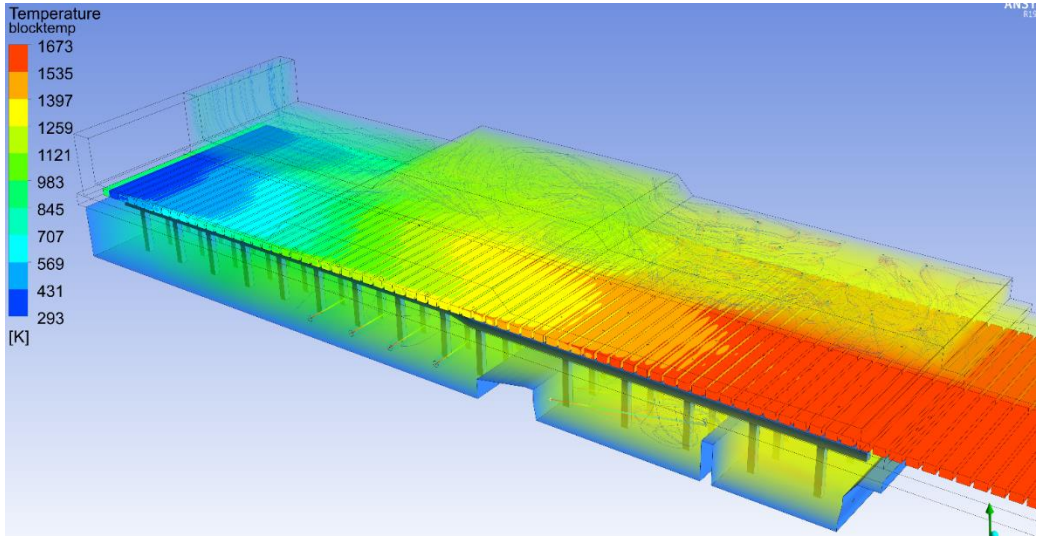
Satzweise und kontinuierlich betriebene Öfen im Vergleich

Typische Merkmale:

- oft große Temperaturdifferenz zwischen Material und Ofenraum bei Eintrag (Temperaturschock)
- hohe Abgasmengen
- Hohe Ofenleistungen bis ~ 450 t/h
- Brenner mit hoher Leistung und Impuls in vorderen Heizzonen
- viele Brenner mit kleiner Leistung, oft Flachflammdeckenbrenner, in den hinteren Heizzonen
- Verbrennungsluftvorwärmung mit Zentralrekuperator
- Konstanter Energiebedarf des Ofens, quasi-stationärer Prozess
- Verwendung meistens zur Erwärmung

Erwärmungskurve Knüppel 137 x 137 - 37 Cr 4



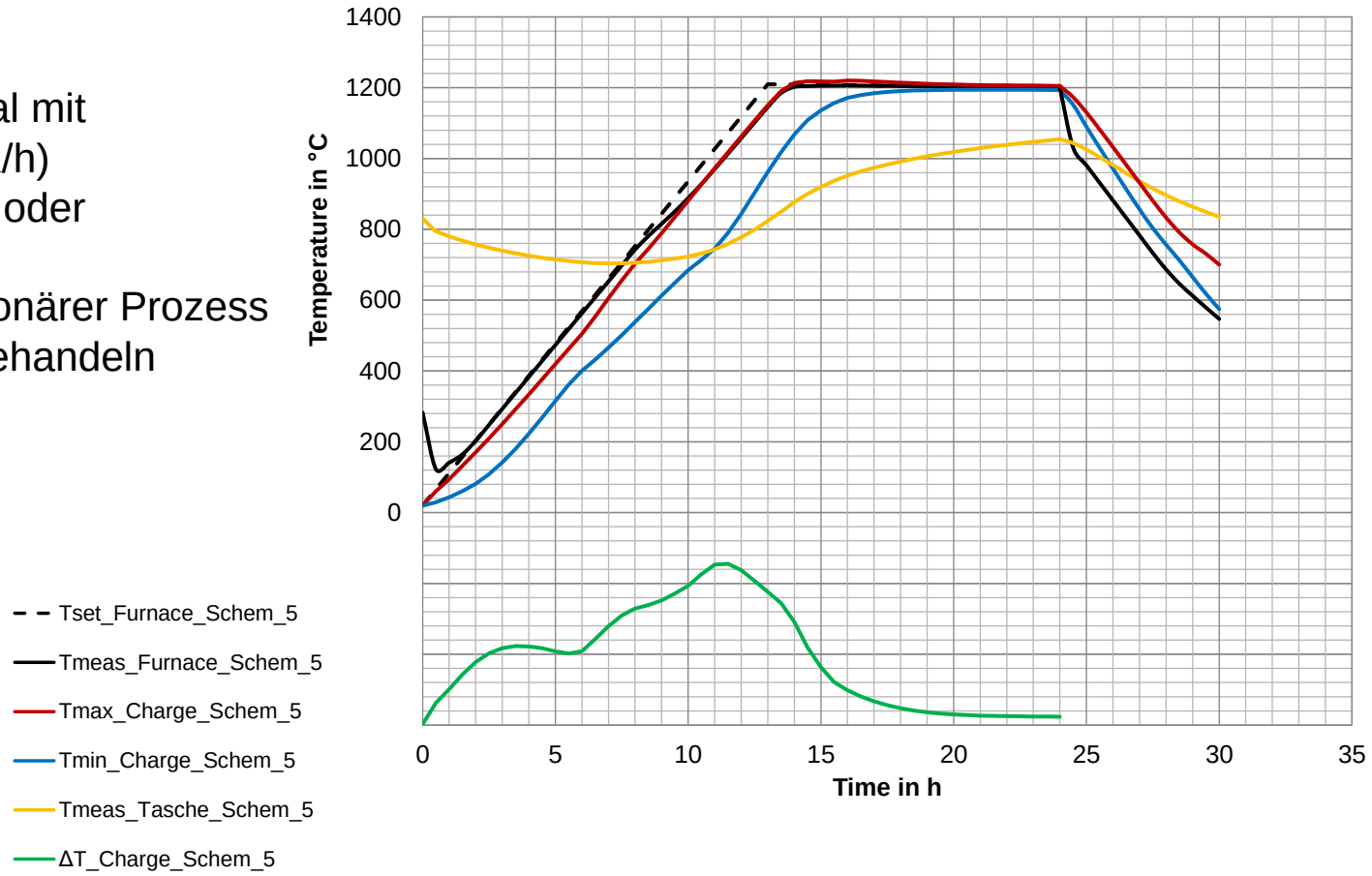


AUSWAHL DES OFENTYPS

Satzweise und kontinuierlich betriebene Öfen im Vergleich

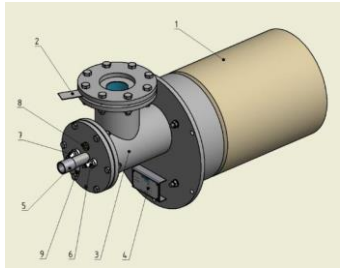
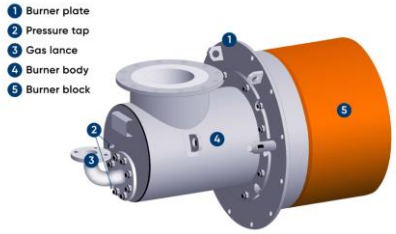
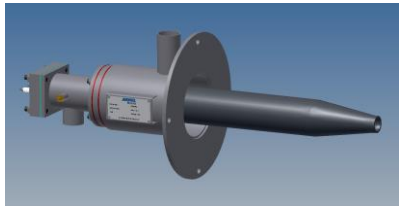
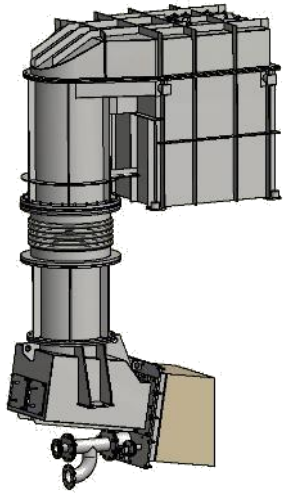
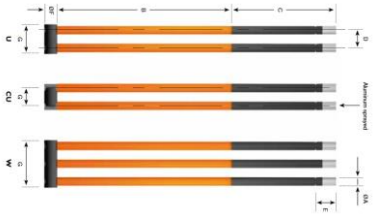
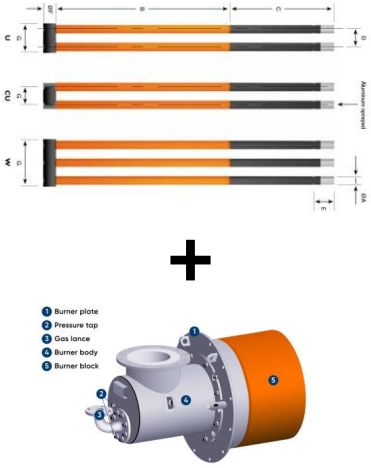
Typische Merkmale:

- Häufig geringe Temperaturdifferenzen im Material mit festgelegten Aufheiz- und Abkühlrampen (~ 80 K/h)
- Häufige Verwendung von Kaltluft-, Rekuperator- oder Regenerativbrennern zur Beheizung
- Schwankender Energiebedarf des Ofens, instationärer Prozess
- Verwendung zur Erwärmung oder zum Wärmebehandeln
- Hohe Flexibilität



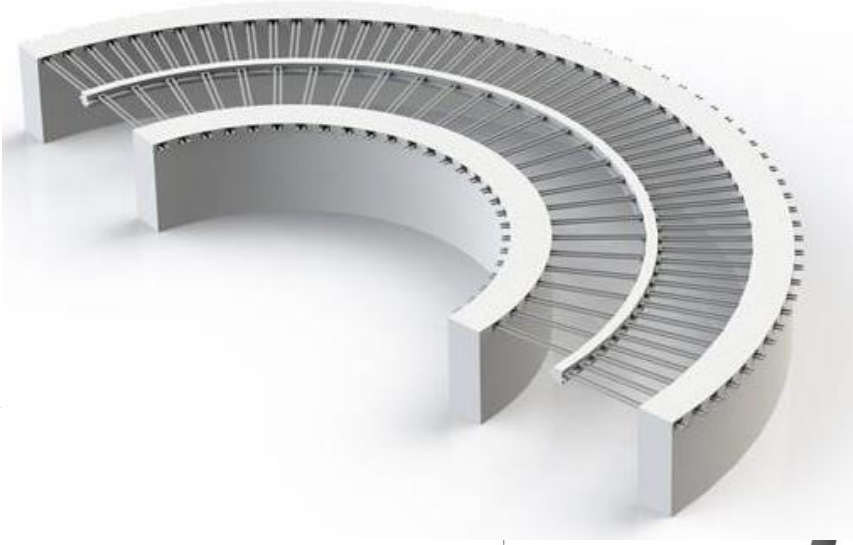
AUSLEGUNG EINES INDUSTRIEOFENS

Auswahl der Beheizungstechnologie

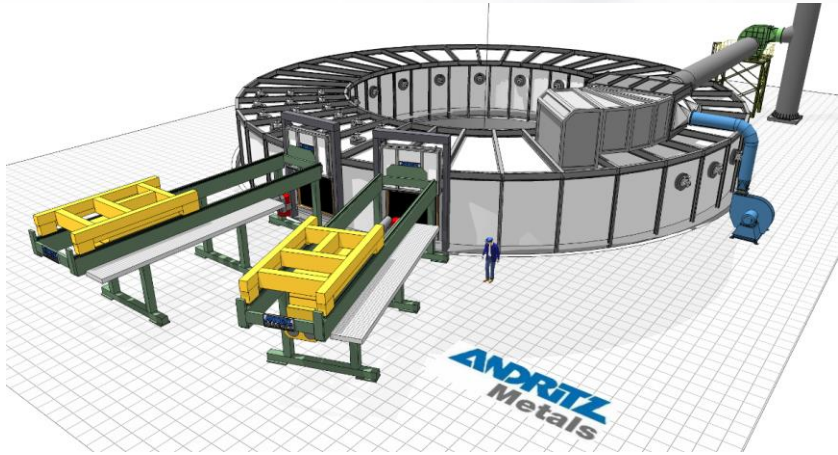
KALTLUFT-BRENER	WARMLUFT-BRENNER	REKUPERATIV-BRENNER	REGENERATIV-BRENNER	ELEKTRISCH	HYBRID
					
~ 20 °C	400 – 670 °C	~ 52% Abgas-Temp.	~ 85% Abgas-Temp.	-	Abhängig vom Brennertyp

AUSLEGUNG EINES INDUSTRIEOFENS

Praxisbeispiel: Hybrid-beheizter Drehherdofen für die Blockerwärmung



– Produktionsleistung ~ 20 t/h mit 42 Blöcken je Stunde
– Beschickungsgewicht ~ 120 t
– Mittlerer Herddurchmesser ~ 12.500 mm
– Aufheizen von Rohlingen für die Achsenproduktion von 20 °C auf 1250 °C
– Temperaturhomogenität im Material am Austrag: ± 10 ° C
– Verbrennungsluftvorwärmung durch Zentralrekuperator auf ca. 450 °C
– Gesamtleistung ca. 10 MW (70 % gasbeheizt / 30 % elektrisch)



Warum nicht 100% elektrisch?

Die innere Ofenraumfläche begrenzt die maximal installierbare Heizleistung (~ 30 ... 80 kW/m²)

AUSLEGUNG EINES INDUSTRIEOFENS

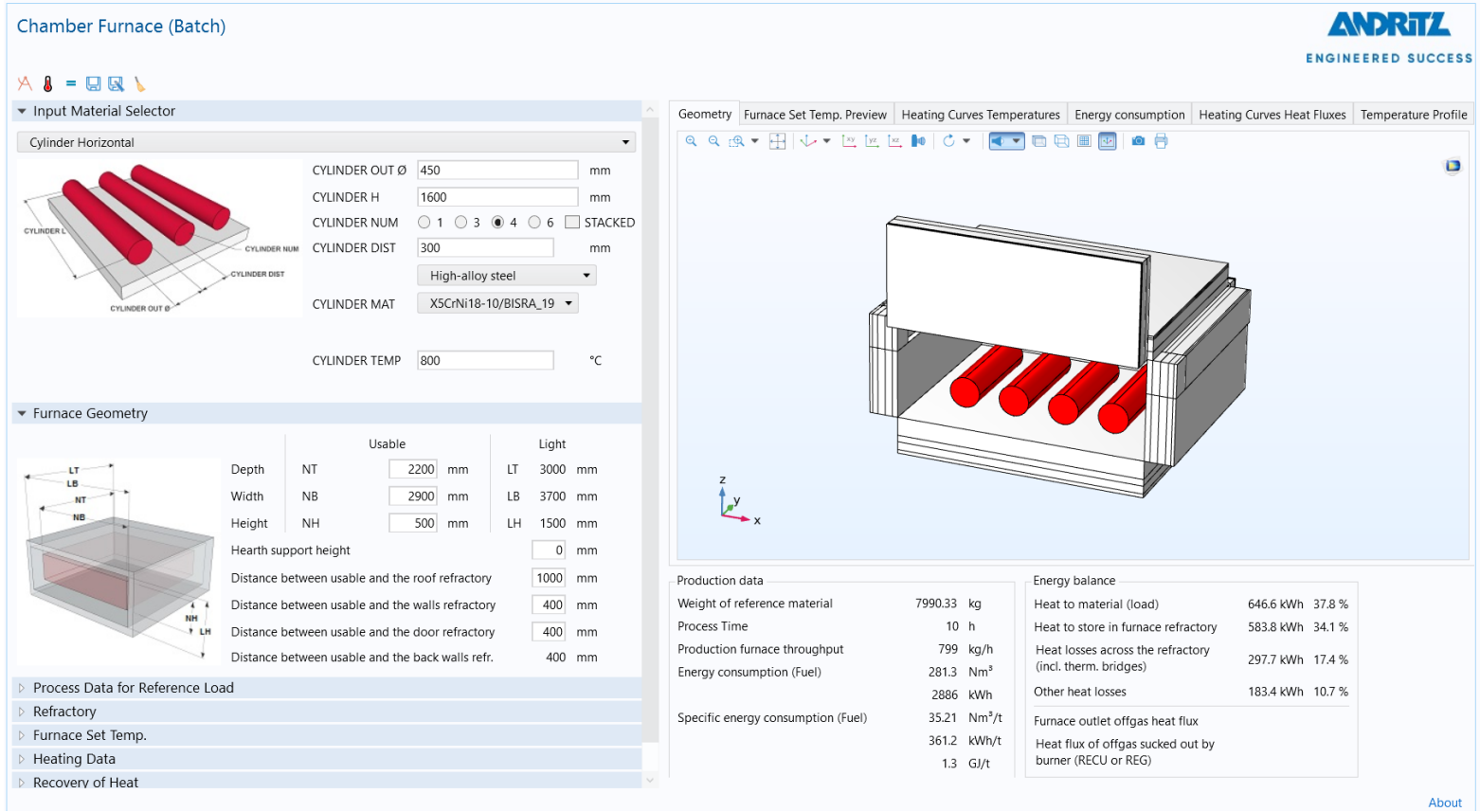
Praxisbeispiel: Hybrid-beheizter Drehherdofen für die Blockerwärmung

Nr.	Zone	Brenner	Anzahl	Leistung [kW]	Zonenleistung [kW]
0	Konvektivzone	-			
1	Vorheizzone	Impulsbrenner Elektrisch	8 6x6	360 222	2.880 1.332
2	Heizzone I	Impulsbrenner Elektrisch	8 3x6	360 222	1.440 666
3	Heizzone II	Impulsbrenner Elektrisch	8 3x6	360 222	1.440 666
4	Ausgleichszone	Impulsbrenner Elektrisch	8 1x6+1x3	360 222+111	1.080 333
5	Austragebereich	Deckenbrenner	2	355	710
	Gasbeheizt		19		6.840
	Elektrisch beheizt		81		2.997
	Gesamt				9.837

AUSLEGUNG EINES INDUSTRIEOFENS

Applikationen für wärmetechnische Auslegung: Kammerofen

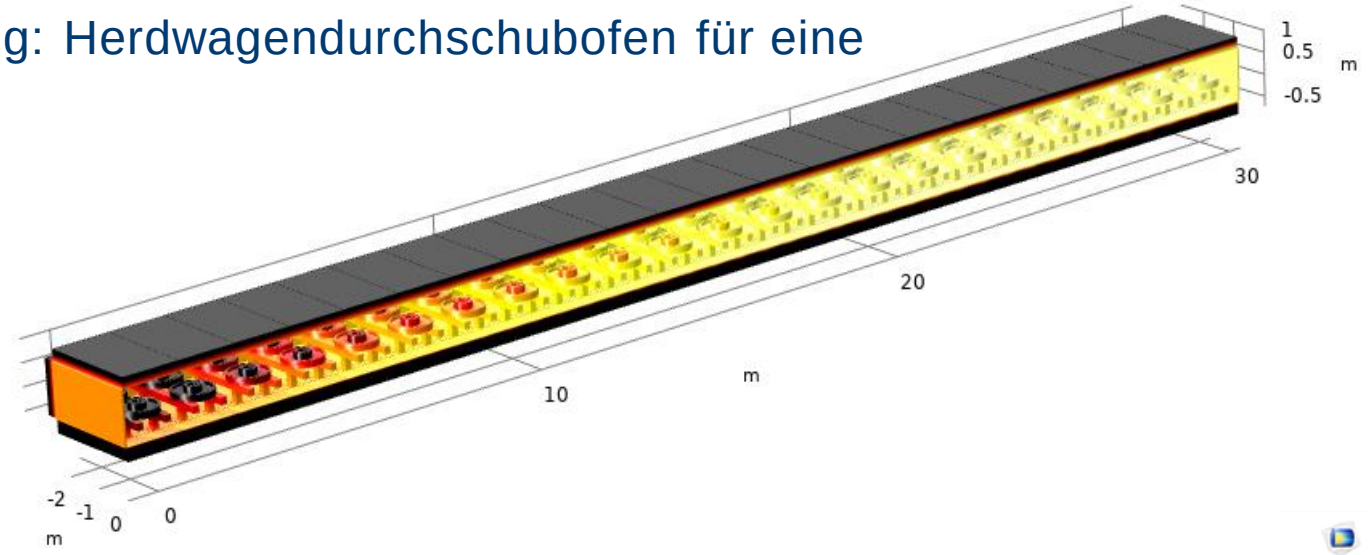
– Verwendung von Stand-Alone Applikationen (COMSOL)
– Charge: Abbildung der Belegung der Charge im Ofen
– Die Heizleistung wird durch einen **integrierten Softwareregler** entsprechend der Soll-Aufheizkurve automatisch angepasst.
– Ofenraum: Strahlungsmodell „Surface-to-Surface“
– Feuerfestzustellung: Materialdaten der Feuerfest-Lieferanten
– Allgemein: Temperaturabhängige Materialeigenschaften

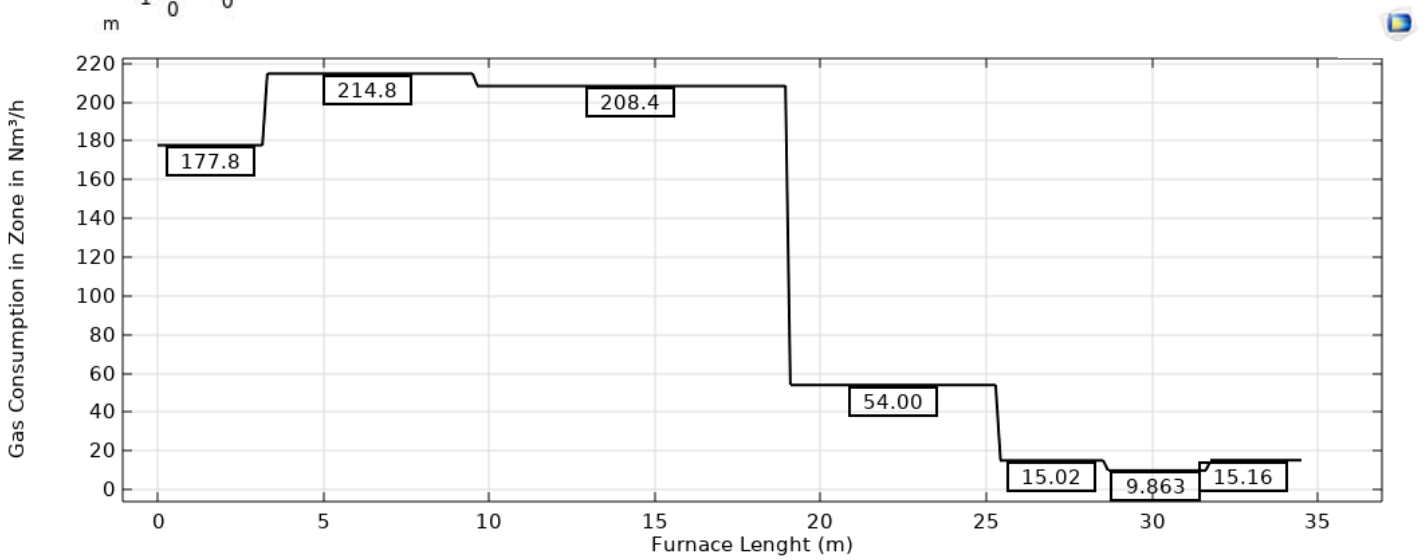


AUSLEGUNG EINES INDUSTRIEOFENS

Applikationen für wärmetechnische Auslegung: Herdwagendurchschubofen für eine Rädervergüteanlage

– 3D-Radgeometrie berücksichtigt
– Temperaturabhängige Materialeigenschaften
– Strahlungsmodell „Surface-to-Surface“
– Massenstrom des Abgases berücksichtigt





ABNAHME EINES INDUSTRIEOFENS

Abnahmekriterien

– Temperaturhomogenität im Ofenraum: **AMS** für Chargenöfen (**A**erospace **M**aterial **S**pecifications)
– Temperaturhomogenität im Material: Schleppversuch (Messblock / Messbramme) für kontinuierlich arbeitende Öfen
– Aufheizgradienten / Ofenleistung
– Spezifischer Energieverbrauch
– Emissionen (CO, NOx, Staub, …)
– Zundermenge
– Ofenverfügbarkeit
– Schallpegel
– Außentemperatur des Ofengehäuses
– Stickstoffverbrauch (bei Schutzgasöfen)

ABNAHME EINES INDUSTRIEOFENS

Abnahme eines Kammerofens: **AMS 2750E** (**A**erospace **M**aterial **S**pecifications)

Grundlagen für eine Zertifizierung nach AMS

Vor dem Anlagendesign klären:

- Benötigte Ofenklasse (Genauigkeit)
- Benötigte Instrumentierung

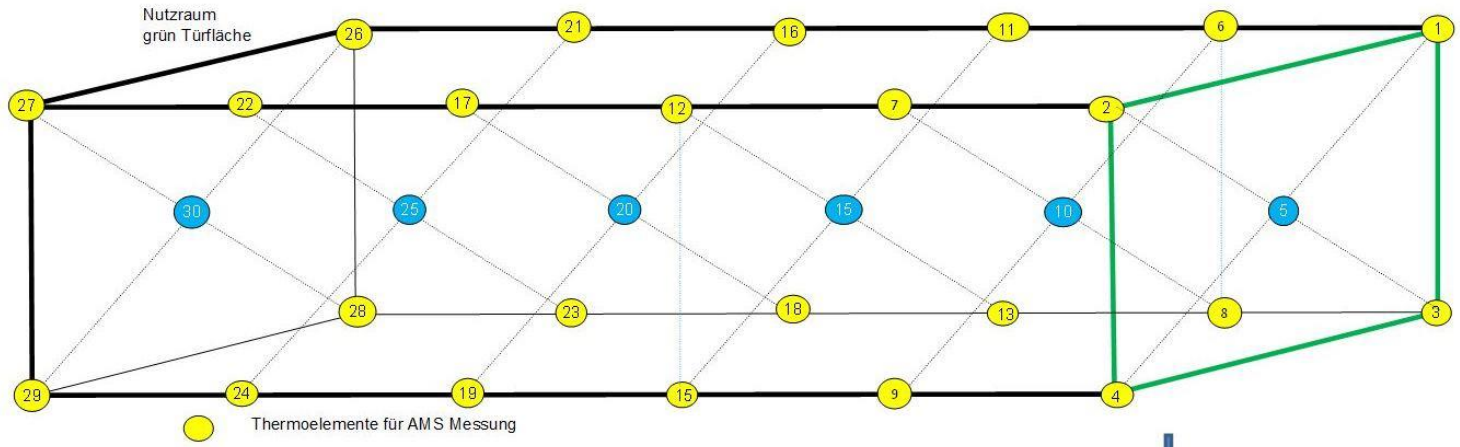
Ofenklasse	1	2	3	4	5	6
	± 3	± 6	± 8	± 10	± 14	± 28

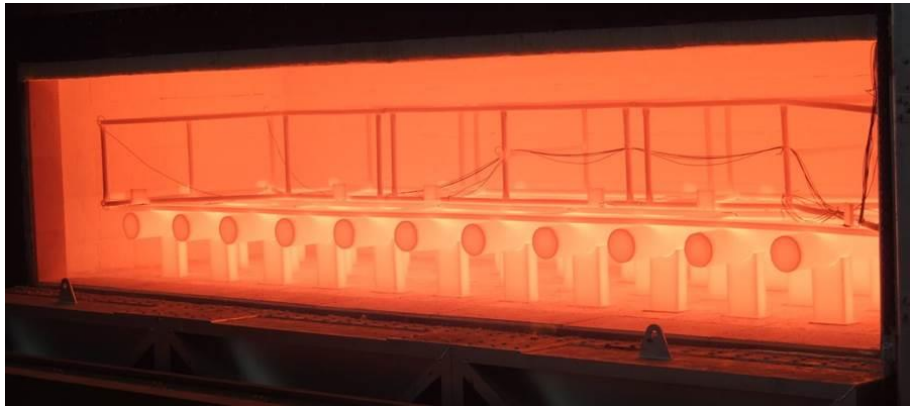
Instrumentierung	Anzahl der Elemente	
A	4	1* Regel, 1* T_{max}, 1* T_{min}, 1* Schlepp
B	3	1* Regel, 1* T_{max},, 1* Schlepp
C	3	1* Regel, 1* T_{max}, 1* T_{min},
D	2	1* Regel, 1* T_{max}
E	1	1* Regelelement

Eine höhere Genauigkeit bedeutet keinen besseren Ofen, es bedeutet drastisch höheren Aufwand für den Betrieb.
Je höher die Genauigkeit, desto öfter muss die Abnahme wiederholt werden. Das ist zeit- und arbeitsaufwändig.
Eine Instrumentierung mit mehreren Elementen pro Zone verkürzt die Kontrollintervalle.
Laufende Kosten für die Kontrolle beachten, auch alle benötigten Geräte müssen regelmäßig kalibriert werden!

ABNAHME EINES INDUSTRIEOFENS

Abnahme eines Kammerofens: **AMS 2750E** (**A**erospace **M**aterial **S**pecifications)





Ofenklasse	Abweich. Grad F	Abweich. Grad C
1	± 5	± 3
2	± 10	± 6
3	± 15	± 8
4	± 20	± 10
5	± 25	± 14
6	± 50	± 28

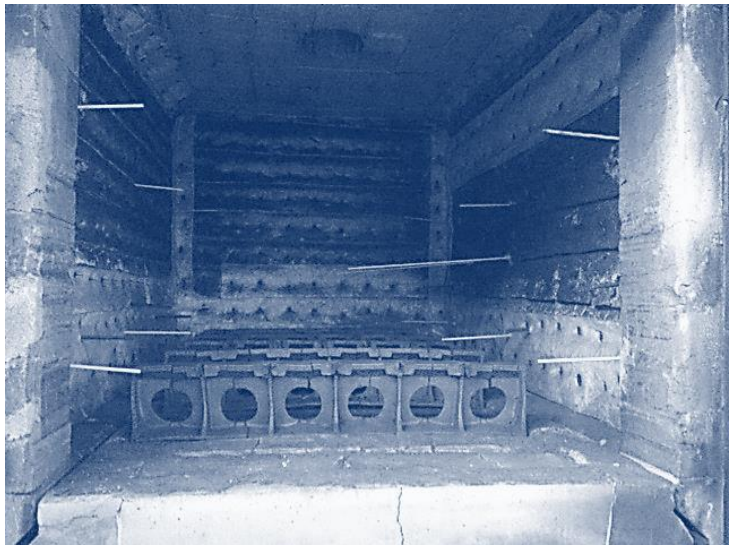
Abmessung	nutzb.	licht
Länge	10.000	11.000
Breite	3.000	3.900
Höhe	1.890	2.900

Angaben in mm
Inhalt [m³] 56,7

Instrumentierung D

Ofenklasse	1	2	3	4	5
	± 3	± 6	± 8	± 10	± 14
A	4	1* Regel, 1* Tmax, 1* Tmin, 1* Schlepp			
B	3	1* Regel, 1* Tmax, 1* Schlepp			
C	3	1* Regel, 1* Tmax, 1* Tmin			
D	2	1* Regel, 1* Tmax			
E	1	1* Regelelment			

Volumen geringer als	3 ft³ 0,085 m³	225 ft³ 6,4 m³	300 ft³ 8,5 m³	400 ft³ 11 m³	600 ft³ 17 m³	800 ft³ 23 m³	1000 ft³ 28 m³	2000 ft³ 57 m³	3000 ft³ 85 m³	4000 ft³ 113m³
Anzahl Messfühler Kl. 1 und 2	5	9	14	16	19	21	23	30	35	40
Anzahl Messfühler Kl 3 bis 6	5	9	12	13	14	15	16	20	23	25



LEGAL DISCLAIMER

© ANDRITZ AG 2021

This presentation contains valuable, proprietary property belonging to ANDRITZ AG or its affiliates (“the ANDRITZ GROUP”), and no licenses or other intellectual property rights are granted herein, nor shall the contents of this presentation form part of any sales contracts which may be concluded between the ANDRITZ GROUP companies and purchasers of any equipment and/or systems referenced herein. Please be aware that the ANDRITZ GROUP actively and aggressively enforces its intellectual property rights to the fullest extent of applicable law. Any information contained herein (other than publically available information) shall not be disclosed or reproduced, in whole or in part, electronically or in hard copy, to third parties. No information contained herein shall be used in any way either commercially or for any purpose other than internal viewing, reading, or evaluation of its contents by recipient and the ANDRITZ GROUP disclaims all liability arising from recipient’s use or reliance upon such information. Title in and to all intellectual property rights embodied in this presentation, and all information contained therein, is and shall remain with the ANDRITZ GROUP. None of the information contained herein shall be construed as legal, tax, or investment advice, and private counsel, accountants, or other professional advisers should be consulted and relied upon for any such advice.

All copyrightable text and graphics, the selection, arrangement, and presentation of all materials, and the overall design of this presentation are © ANDRITZ GROUP 2021. All rights reserved. No part of this information or materials may be reproduced, retransmitted, displayed, distributed, or modified without the prior written approval of Owner. All trademarks and other names, logos, and icons identifying Owner’s goods and services are proprietary marks belonging to the ANDRITZ GROUP. If recipient is in doubt whether permission is needed for any type of use of the contents of this presentation, please contact the ANDRITZ GROUP at welcome@andritz.com.