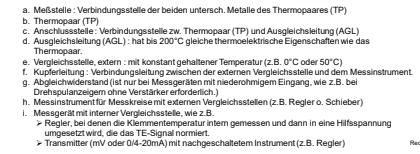


WS 2019/20
DR. DIETER MÜLLER

www.wow.com

- 8.2 Druck
- 8.3 Gaszusammensetzung
 - 8.3.1 Gasfluss
 - 8.3.2 C-Pegel
 - 8.3.3 Ammoniak
 - 8.3.4 Taupunkt
- 9 Anlagentechnik

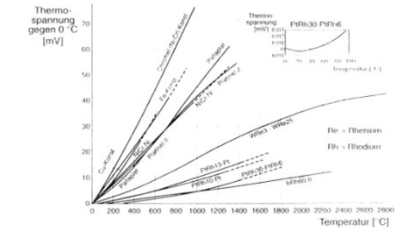


www.wow.com

- 8.1 Temperatur
- 8.2 Druck
- 8.3 Gaszusammensetzung
 - 8.3.1 Gasfluss
 - 8.3.2 C-Pegel
 - 8.3.3 Ammoniak
 - 8.3.4 Taupunkt
- 9 Anlagentechnik



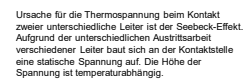
WOW



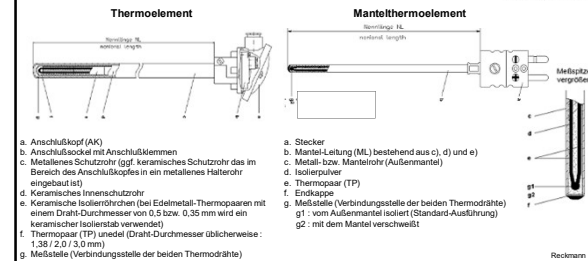
www.wow.com



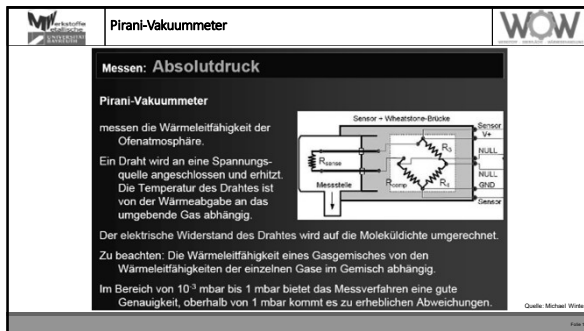
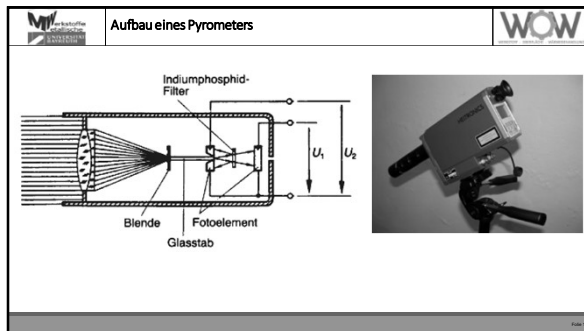
WOW



WOW
WORLD OF WORK



Farbkennzeichnung von Thermoelementen		WOW	
Thermoelement	Ausgangsspannung	Farbkennzeichnungen	
Material	Typ	Farbe	Farbe
1	Fe	Fe	Fe
2	Fe	Fe	Fe
3	Fe	Fe	Fe
4	Fe	Fe	Fe
5	Fe	Fe	Fe
6	Fe	Fe	Fe
7	Fe	Fe	Fe
8	Fe	Fe	Fe
9	Fe	Fe	Fe
10	Fe	Fe	Fe
11	Fe	Fe	Fe
12	Fe	Fe	Fe
13	Fe	Fe	Fe
14	Fe	Fe	Fe
15	Fe	Fe	Fe
16	Fe	Fe	Fe
17	Fe	Fe	Fe
18	Fe	Fe	Fe
19	Fe	Fe	Fe
20	Fe	Fe	Fe
21	Fe	Fe	Fe
22	Fe	Fe	Fe
23	Fe	Fe	Fe
24	Fe	Fe	Fe
25	Fe	Fe	Fe
26	Fe	Fe	Fe
27	Fe	Fe	Fe
28	Fe	Fe	Fe
29	Fe	Fe	Fe
30	Fe	Fe	Fe
31	Fe	Fe	Fe
32	Fe	Fe	Fe
33	Fe	Fe	Fe
34	Fe	Fe	Fe
35	Fe	Fe	Fe
36	Fe	Fe	Fe
37	Fe	Fe	Fe
38	Fe	Fe	Fe
39	Fe	Fe	Fe
40	Fe	Fe	Fe
41	Fe	Fe	Fe
42	Fe	Fe	Fe
43	Fe	Fe	Fe
44	Fe	Fe	Fe
45	Fe	Fe	Fe
46	Fe	Fe	Fe
47	Fe	Fe	Fe
48	Fe	Fe	Fe
49	Fe	Fe	Fe
50	Fe	Fe	Fe
51	Fe	Fe	Fe
52	Fe	Fe	Fe
53	Fe	Fe	Fe
54	Fe	Fe	Fe
55	Fe	Fe	Fe
56	Fe	Fe	Fe
57	Fe	Fe	Fe
58	Fe	Fe	Fe
59	Fe	Fe	Fe
60	Fe	Fe	Fe
61	Fe	Fe	Fe
62	Fe	Fe	Fe
63	Fe	Fe	Fe
64	Fe	Fe	Fe
65	Fe	Fe	Fe
66	Fe	Fe	Fe
67	Fe	Fe	Fe
68	Fe	Fe	Fe
69	Fe	Fe	Fe
70	Fe	Fe	Fe
71	Fe	Fe	Fe
72	Fe	Fe	Fe
73	Fe	Fe	Fe
74	Fe	Fe	Fe
75	Fe	Fe	Fe
76	Fe	Fe	Fe
77	Fe	Fe	Fe
78	Fe	Fe	Fe
79	Fe	Fe	Fe
80	Fe	Fe	Fe
81	Fe	Fe	Fe
82	Fe	Fe	Fe
83	Fe	Fe	Fe
84	Fe	Fe	Fe
85	Fe	Fe	Fe
86	Fe	Fe	Fe
87	Fe	Fe	Fe
88	Fe	Fe	Fe
89	Fe	Fe	Fe
90	Fe	Fe	Fe
91	Fe	Fe	Fe
92	Fe	Fe	Fe
93	Fe	Fe	Fe
94	Fe	Fe	Fe
95	Fe	Fe	Fe
96	Fe	Fe	Fe
97	Fe	Fe	Fe
98	Fe	Fe	Fe
99	Fe	Fe	Fe
100	Fe	Fe	Fe



Pyrometrie
Der schwarze Strahler

Das Modell des schwarzen Strahlers (Planck'sches Strahlungsgesetz):

$$L_{\lambda}(T) = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)}$$

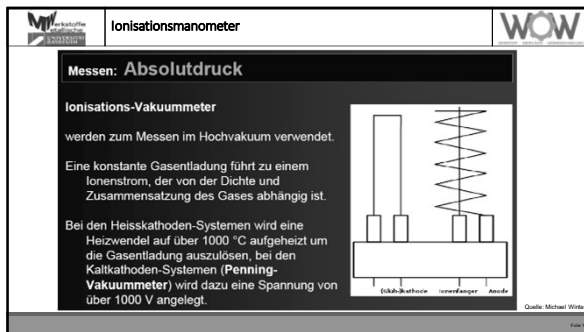
mit: L_{λ} : Strahlungsdichte
 λ : Wellenlänge
 T : absolute Temperatur
 C_1, C_2 : Konstanten für Geometrieinfluss
 $C_1 = 1,9089 \cdot 10^{-16} \text{ Wm}^2\text{sr}^{-1}$
 $C_2 = 1,43883 \cdot 10^{-2} \text{ mK}$

Stefan-Boltzmannsches Strahlungsgesetz eliminiert Abhängigkeit der Wellenlänge durch Integration:

$$L(T) = \int_0^{\infty} L_{\lambda}(T) d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)} d\lambda = \frac{\pi^5 C_1}{15 C_2^5} T^4 = \sigma T^4$$

mit σ : Stefan-Boltzmann-Konstante
 $\sigma = 1,805 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$

	Inhalt Block 7	
8 MESSTECHNIK IN DER WÄRMEBEHANDLUNG 8.1 Temperatur 8.2 DRUCK 8.3 Gaszusammensetzung 8.3.1 Gasfluss 8.3.2 C-Pegel 8.3.3 Ammoniak 8.3.4 Taupunkt 9 Anlagentechnik		





Schwarzer Strahler – realer Strahler



Reale Strahler strahlen bei allen Wellenlängen schwächer als der schwarze Strahler

$$L_{\lambda}(\text{realer Strahler}) < L_{\lambda}(\text{schwarzer Strahler})$$

Emissionsgrad: $\epsilon(T) = \frac{L_{\lambda}(r, S)}{L_{\lambda}(s, S)}$

Adsorptionsgrad: $\alpha(T) = \frac{\text{absorbierte Strahlungsleistung}}{\text{auffallender Strahlungsleistung}}$

Kirchhoffsches Gesetz: $\alpha(T) = \epsilon(T)$

Der Emissionsgrad lässt sich mit Adsorptionsmessungen bestimmen!

Wahre Temperatur T/K				
T_s / K	$\alpha_1 = 0.9$	$\alpha_2 = 0.8$	$\alpha_3 = 0.6$	$\alpha_4 = 0.4$
500	501	503	506	510
1000	1065	1010	1023	1043
1500	1510	1522	1554	1599
2000	2019	2040	2096	2180
2500	2530	2564	2653	2788
3000	3043	3093	3223	3425
4000	4077	4166	4407	4793



	Inhalt Block 7	
8 MESSTECHNIK IN DER WÄRMEBEHANDLUNG 8.1 Temperatur 8.2 Druck 8.3 GASZUSAMMENSETZUNG 8.3.1 GASFLUSS 8.3.2 C-Pegel 8.3.3 Ammoniak 8.3.4 Taupunkt 9 Anlagentechnik		

Durchflussmengen Schwebekörper

Das Prinzip beruht auf einem Körper der in einem sich erweiternden Rohr schwebt. Dabei halten sich die Gewichtskraft und der Auftrieb durch das durchströmende Medium das Gleichgewicht. Die Höhe ist ein Maß für die Durchflussmenge.

Messwert von Schwebekörpern ist abhängig vom

- Druck
- Medium
- Temperatur

Quelle: Wikipedia

C-Pegel Sauerstoffsonde

Messen: Sauerstoffsonde

Messgrößen:
 pO_2 , pH_2O/pH_2 , pCO_2/pCO

Messprinzip:
 Zirkonoxid ist bei hohen Temperaturen durchlässig für Sauerstoffionen. Unterschiedliche Sauerstoffkonzentrationen auf beiden Seiten der Keramik führen zu einer Diffusion der Ionen zur Seite mit der geringeren Konzentration bis sich ein Gleichgewicht aus Ladungsverschiebung und Konzentrationsausgleich einstellt.

Die Ladungsverschiebung erzeugt eine elektrische Spannung proportional zur Differenz der Sauerstoffpartialdrücke von Referenzgas zu Messgas und der Temperatur.

Quelle: Michael Winter

Inhalt Block 7

8 MESSTECHNIK IN DER WÄRMEBEHANDLUNG

8.1 Temperatur

8.2 Druck

8.3 GASZUSAMMENSETZUNG

8.3.1 Gasfluss

8.3.2 C-Pegel

8.3.3 AMMONIAK

8.3.4 Taupunkt

9 Anlagentechnik

Durchflussmengen Thermischer Mass Flow Controller

mass flow controller nutzen den Wärmetransport über ein vorbeistromendes Gas zur Bestimmung der Gasmenge. Sie bestehen aus einer Wärmequelle, welches die Wärme an das vorbeistromende Gas abgibt und aus zwei Thermoelementen vor und hinter dem Heizelement.

Beim thermischen Messverfahren wird über zwei Temperaturmessungen, vor und nach dem Heizelement, der Wärmetransport über das strömende Gas ermittelt.

Dieser ist proportional zur Zahl der geförderten Teilchen pro Zeiteinheit. Die Messung ist in weiten Bereichen unabhängig vom Vordruck, aber sehr wohl abhängig vom Medium.

Quelle: Michael Winter

C-Pegel Sauerstoffsonde

Messen: Sauerstoffsonde

Sonderform Lambda Sonde

ZrO_2 -Element wird außerhalb des Ofens in einem Messblock angebracht.

Das Element wird elektrisch beheizt.

Als Referenz dient Umgebungsluft.

Quelle: Michael Winter

Ammoniakgehalt

Messen: Schüttelflasche

Messgröße:
 Restammoniak, Dissoziation

Messprinzip:

1. Wasser in Zylinder
2. Ofengas in Messzylinder
3. Wasser und Ofengas in Kontakt
4. Reaktion: $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH$
5. Ammoniakanteil ablesen

Quelle: Michael Winter

Inhalt Block 7

8 MESSTECHNIK IN DER WÄRMEBEHANDLUNG

8.1 Temperatur

8.2 Druck

8.3 GASZUSAMMENSETZUNG

8.3.1 Gasfluss

8.3.2 C-PEGEL

8.3.3 Ammoniak

8.3.4 Taupunkt

9 Anlagentechnik

C-Pegel Drahtsensor

Messen: Drahtsensor

Messgrößen: [N]CG, [N]C-Strom, Beta

Messprinzip:
 Eisen hat einen elektrischen Widerstand, der mit der Temperatur ansteigt. Wird Kohlenstoff und / oder Stickstoff in das Eisen eingebracht, kommt es zu einer zusätzlichen Erhöhung des Widerstandes durch Gitterverzerrungen.

Quelle: Michael Winter

Inhalt Block 7

8 MESSTECHNIK IN DER WÄRMEBEHANDLUNG

8.1 Temperatur

8.2 Druck

8.3 GASZUSAMMENSETZUNG

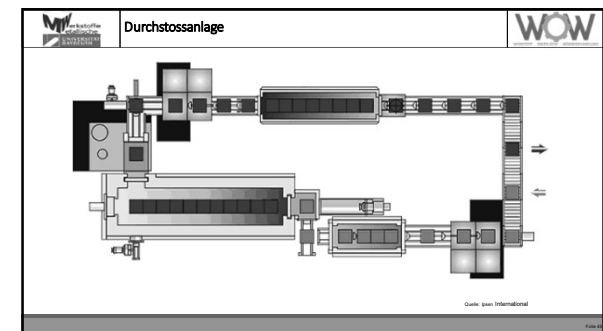
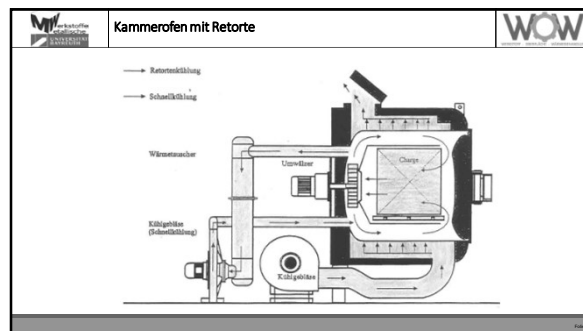
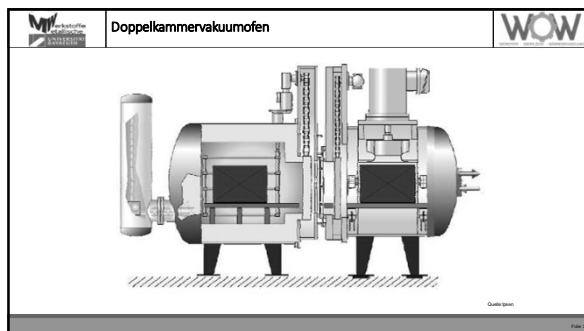
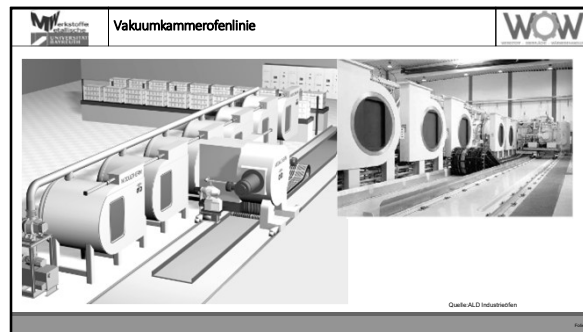
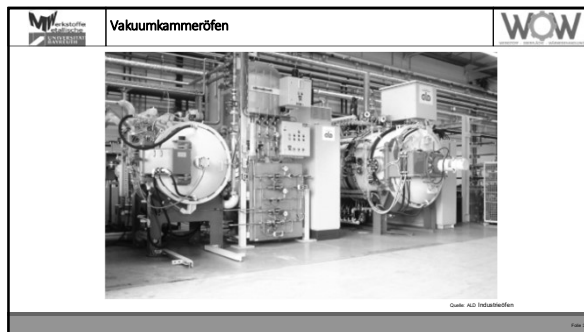
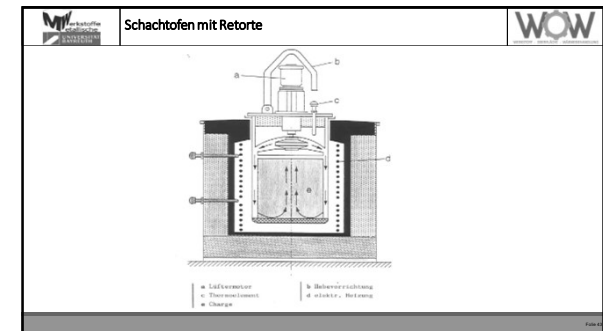
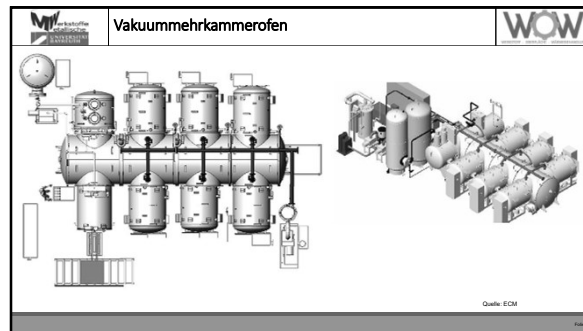
8.3.1 Gasfluss

8.3.2 C-Pegel

8.3.3 Ammoniak

8.3.4 TAUPUNKT

9 Anlagentechnik



Durchstossanlage

Quelle: Ipsen International

H₂-Banddurchlaufofen

Quelle: Müller Industrietechnik

Banddurchlaufofenanlage

Drehherdofen

Quelle: Ipsen International

Exogas-Banddurchlaufofen

Quelle: Müller Industrietechnik

Plasmanitrieranlage

Prinzipieller Aufbau einer Plasmoberflächenbehandlungsanlage

Drehherdofen mit Härtepresse verknüpft

Quelle: Arcteln

Schutzgas-Banddurchlaufofen mit Ölabschreckung

Quelle: Salco