



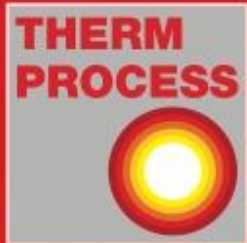
DOMINION

Modernisierung und Optimierung von Winderhitzeranlagen durch Designänderung

Verfasser:
Dipl.-Ing. Jörg Overländer



Juni 2023



Messestand: Halle 10, Stand F 78



WE ARE DOMINION



Wir sind ein **weltweit** tätiges Unternehmen, das Dienstleistungen und End-to-End-Projekte anbietet und mehr als **12.000 Mitarbeiter** in **35 Ländern** beschäftigt.



Unser Ziel ist es, umfassende **Lösungen** anzubieten, die die **Effizienz** von Geschäftsprozessen durch den Einsatz **innovativer Technologie** und einen anderen Ansatz **maximieren**.



Unsere Tätigkeitsbereiche sind in der **Technologie** und der **Telekommunikation**, als auch in der **Industrie** und im **Energiesektor** angesiedelt.



Unser Gesamtumsatz weltweit beträgt mehr als **1,100 €m**.



Wir sind seit 2016 ein börsennotiertes Unternehmen (BME:DOM).

LÄNDER

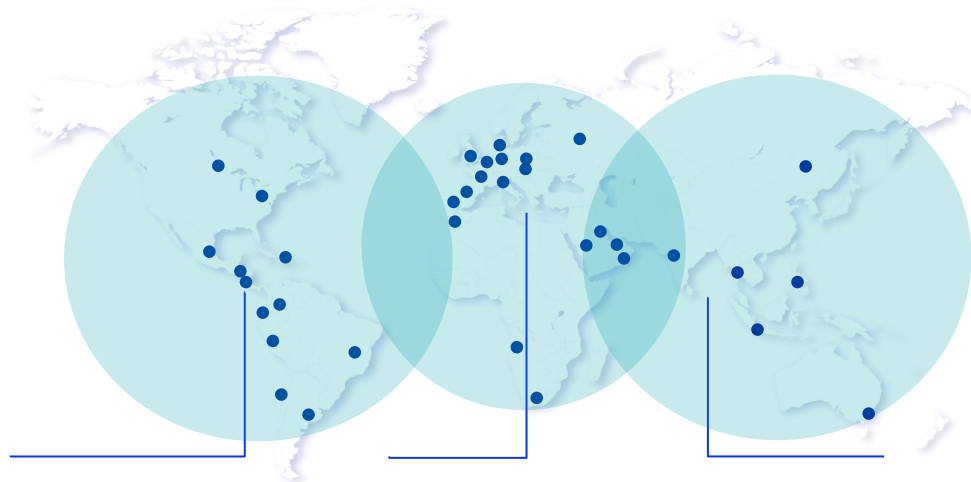
>35

KUNDEN

>1,000

MITARBEITER

> 12,000



AMERIKA

USA	Chile
Canada	Ecuador
Mexico	Haiti
Colombia	Honduras
Peru	El Salvador
Brazil	Dominican Republic
Argentina	

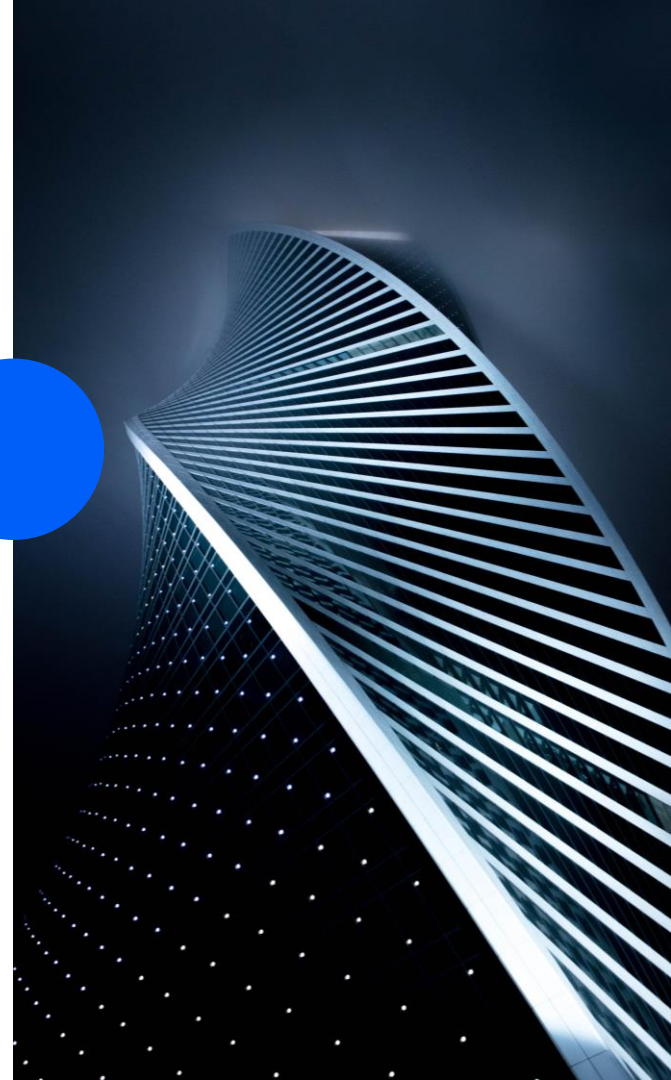
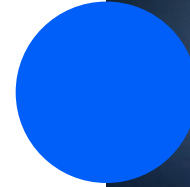
EUROPA & AFRICA

Spain	France
UK	Netherlands
Germany	Slovakia
Italy	Russia
Denmark	Morocco
Portugal	Angola
Poland	South Africa

ASIEN & OZEANIEN

Australia	Oman
China	Qatar
Philippines	United Arab Emirates
Indonesia	Saudi Arabia
Vietnam	Bahrein
India	

Inhaltsübersicht



1

Einleitung

2

Winderhitzer Bauarten

3

Umbau von Bestands - Winderhitzern

3a

Winderhitzer Blechmantel

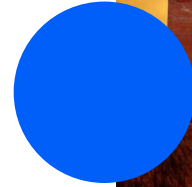
3b

Winderhitzer Besatzsteine

4

Ausblick

1 - Einleitung



Einleitung

Winderhitzer sind industrielle Wärmespeicher, die Hochöfen mit komprimierter und bis auf 1.350°C erhitzter Luft versorgen. Dadurch können bis zu 10% des Energiebedarfs der Hochöfen gedeckt werden.

Aktuell steht die Stahlindustrie vor einer historischen Prozessumstellung. Die klassische Route für die Herstellung von Roheisen in Hochöfen wird umgestellt auf die Erzeugung von Eisenschwamm in Direktreduktionsanlagen mit nachgeschalteten Einschmelzaggregaten. Eine Prozessänderung in diesem Umfang hat es derart noch nie gegeben.

Die Betreiber werden zunächst nicht alle Bestandsanlagen durch neue Anlagen ersetzen können, dieses wird schrittweise erfolgen. Dabei sind sicherlich zwischenzeitliche Ertüchtigungen der vorhandenen Hochofenanlagen erforderlich. Diese können durch entsprechende Zustell- und Reparaturkonzepte realisiert werden. Die umstellungsbedingte Restlaufzeit und die sicherlich notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen müssen entsprechend angepasst werden, wodurch sich auch die Investkosten auf den notwendigen Umfang reduzieren lassen.

Einleitung

Das bedeutet für Winderhitzer, dass diese nicht erneuert werden müssen, sondern durch gezielte Kalt- und Heißreparaturen weiter in Betrieb bleiben können. Bei solchen Maßnahmen kann und sollte auch die Effektivität des Verbrennungsvorganges thematisiert und optimiert werden.

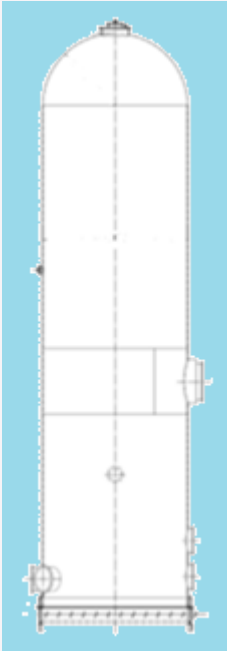
In diesem Beitrag werden erst einmal die verschiedenen Winderhitzer – Bauarten vorgestellt, bevor auf eine Optimierung des Designs eingegangen wird und zwar vor dem Hintergrund, daß die Bestandsanlagen eben mit den notwendigen Optimierungen weiter betreiben werden können.

Leider läßt die zur Verfügung stehende Vortragszeit keine ausgeprägte Detaillierung der noch vorzustellenden Optimierungen zu, da abhängig von dem Einzelaggregat eine Vielzahl von Berechnungen zu erstellen sind, die wiederum in die damit verbundenen wirtschaftlichen Betrachtungen einfließen und diskutiert werden müssen.

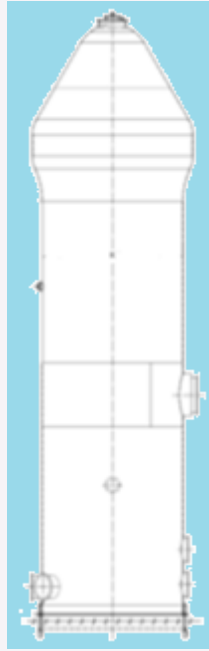
2 - Winderhitzerbauarten



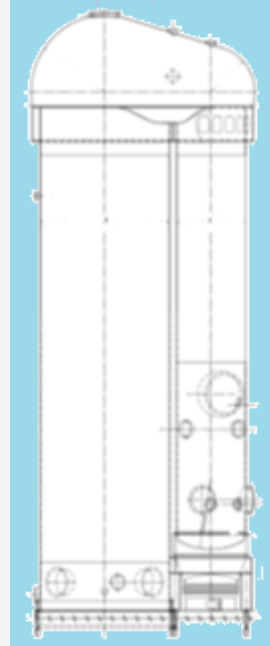
Verschiedene Typen von Winderhitzern



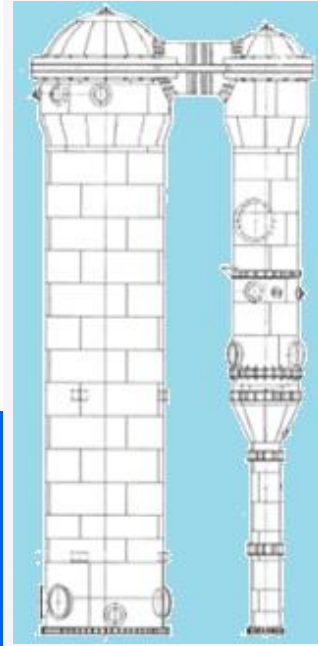
WE mit innenliegenden Brennschacht



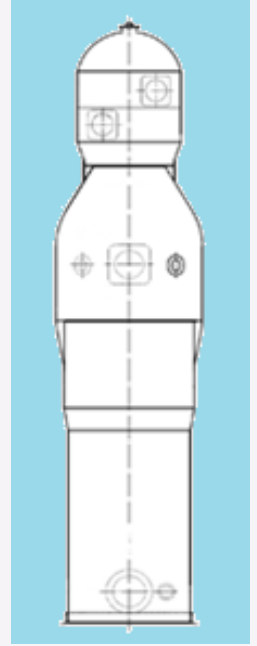
WE mit innenliegenden Brennschacht ("Mushroom")



WE mit außenliegenden Brennschacht (Mohr-Didier)

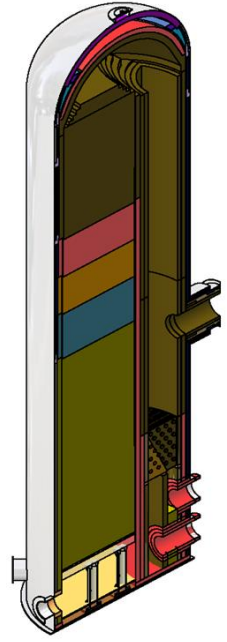


WE mit außenliegenden Brennschacht (KK-Type)



WE brennschachtlos mit Kuppelbrenner
(M&P / Rhein Stahl - US Patent 1969)

Verschiedene Typen von Winderhitzern - Details



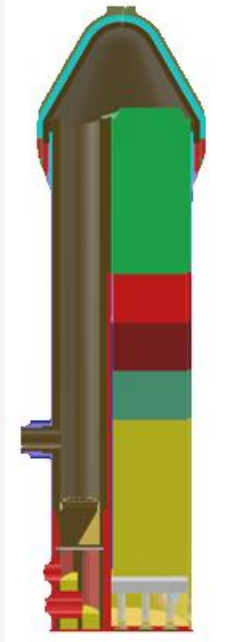
WE mit innenliegenden Brennschacht

WE mit innenliegenden Brennschacht (für HO mittlerer RE-Erzeugung)

Sowohl die Brennkammer als auch der Gitterschacht befinden sich im selben Stahlmantel.

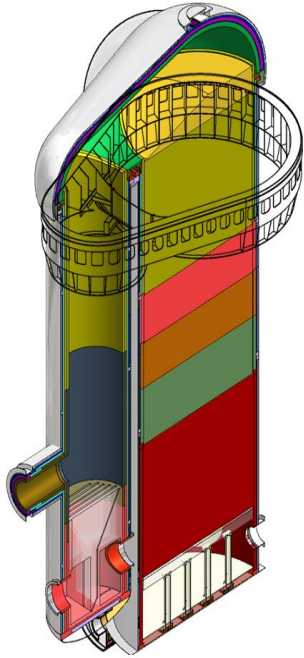
SCHWACHSTELLEN

- Kurzschlüsse zwischen Brennschachtwand und Gitterschacht möglich
- Bananeneffekt => Schiefstellung des kompletten Gefäßes aufgrund ungleichmäßiger Temperaturverteilung im Stahlmantel
- ungleichmäßige Verteilung der Verbrennungsmedien (*Strähnenbildung*), dadurch bedingt schlechtere Abgas – Analyse sowie hohe Abgasverluste
- Thermoschock durch Einbringen von Kondenswasser => Rissbildung im Feuerfestmaterial und Verschlammung von Brennern
- Pulsation / Vibration bedingt durch suboptimale Brenngaszuführung
- anfällig für interkristalline Korrosion (Spannungsriß – Korrosion)
- maximale Mischwindtemperatur zwischen 1.200°C und 1.250 °C



WE mit innenliegenden Brennschacht

Verschiedene Typen von Winderhitzern - Details



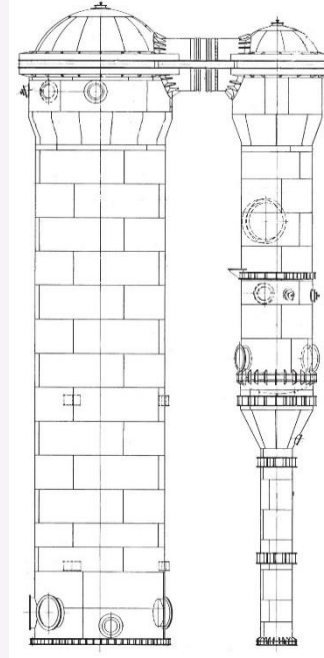
WE mit außenliegenden Brennschacht

WE mit außenliegenden Brennschacht (für HO größerer RE-Erzeugung)

Die Brennkammer als auch der Gitterschacht sind zwei voneinander getrennte Behälter, die mit einer Kuppel untereinander verbunden sind.

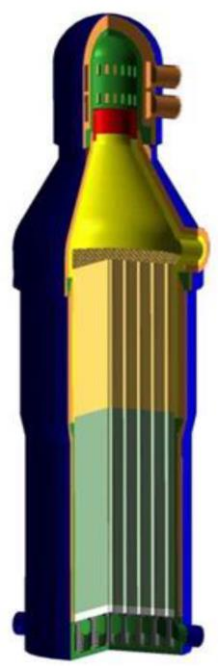
SCHWACHSTELLEN

- kompliziertes Design der Kuppeln => schwere Kuppel - Konstruktionen
- zur Kompensation der unterschiedlichen Dehnungen aus der Temperatur in den beiden Behältern ist ein sehr ausgewogenes Kompensations - System erforderlich
- der Bauraum ist größer => mehr Platz erforderlich
- höheres Liefer- und Montagegewicht => ca. 30% größer im Vergleich mit dem Innenschachter
- ungleichmäßige Verteilung der Verbrennungsmedien (Strahlenbildung), dadurch bedingt schlechtere Abgas – Analyse sowie hohe Abgasverluste
- anfällig für interkristalline Korrosion (Spannungsrisse – Korrosion)
- maximale Mischwindtemperatur liegt bei ca. 1.250 °C



WE mit außenliegenden Brennschacht

Verschiedene Typen von Winderhitzern - Details



WE brennschachtlos
mit Kuppelbrenner

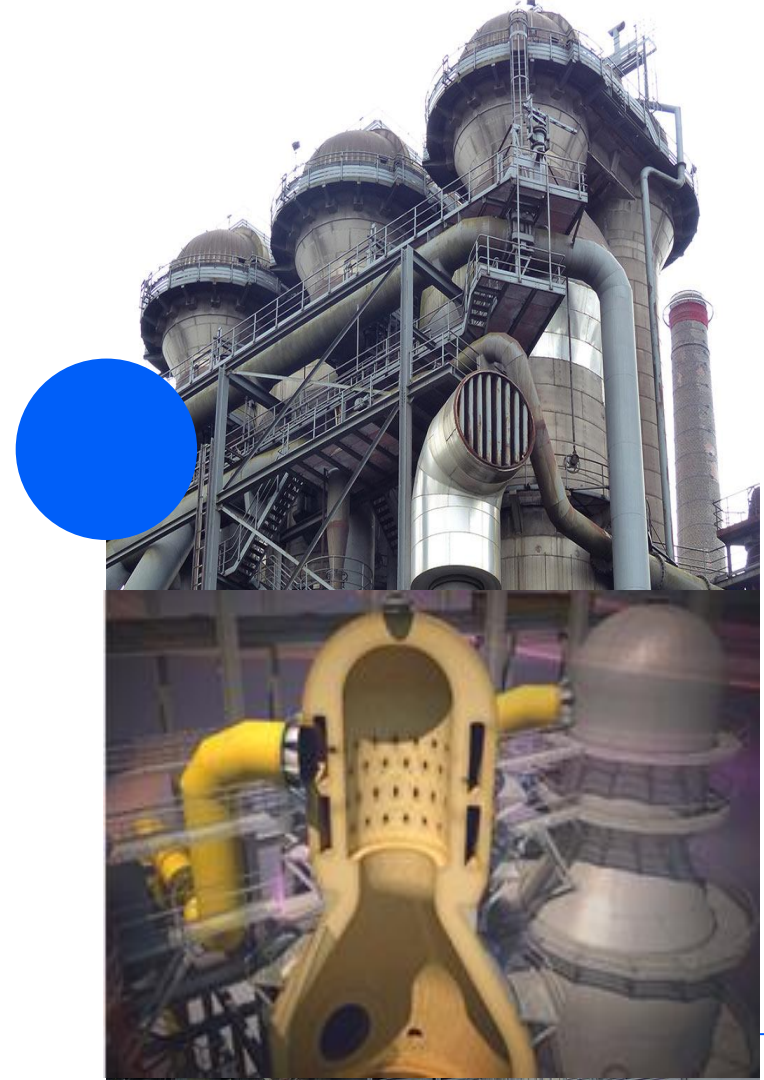
WE – Brennschachtlos mit Kuppelbrenner

Diese Bauart kommt ohne einen Brennschacht aus, da der Brenner in der oberen Kuppel integriert ist. Dieser WE- Type ist eher weniger verbreitet in Europa, dafür aber in Asien und Südamerika auf dem Vormarsch.

BESONDERHEITEN

- einfaches Design, lässt sich sehr gut in Bestandsanlagen integrieren, gerade vor dem Hintergrund von Modernisierungen
- Spannungsrißkorrosion u. Schiefstellungen des Blechmantels nicht bekannt
- keine Kurzschlüsse zwischen Brennschacht und Gitterschacht möglich
- im Vergleich mit den anderen Bauarten ist die Abgasanalyse um ein vielfaches besser
- gleichmäßige Verteilung des Abgases über das Gitterwerk ist gewährleistet, da keine Richtungsänderung notwendig ist
- defekte Heißwindschieber verursachen bei unentdeckten Wasserverlust Schäden im Gitterwerk => Thermoschock
- maximale Mischwindtemperatur liegt bei ca. 1.400 °C

3 - Umbau von Bestands - Winderhitzern



Vorwort zum Umbau

Vorgestellt wird hier der prinzipielle Umbau von Bestands - Winderhitzern.

Dazu werden die Umbaumaßnahmen aufgeteilt in die Teilbereiche:

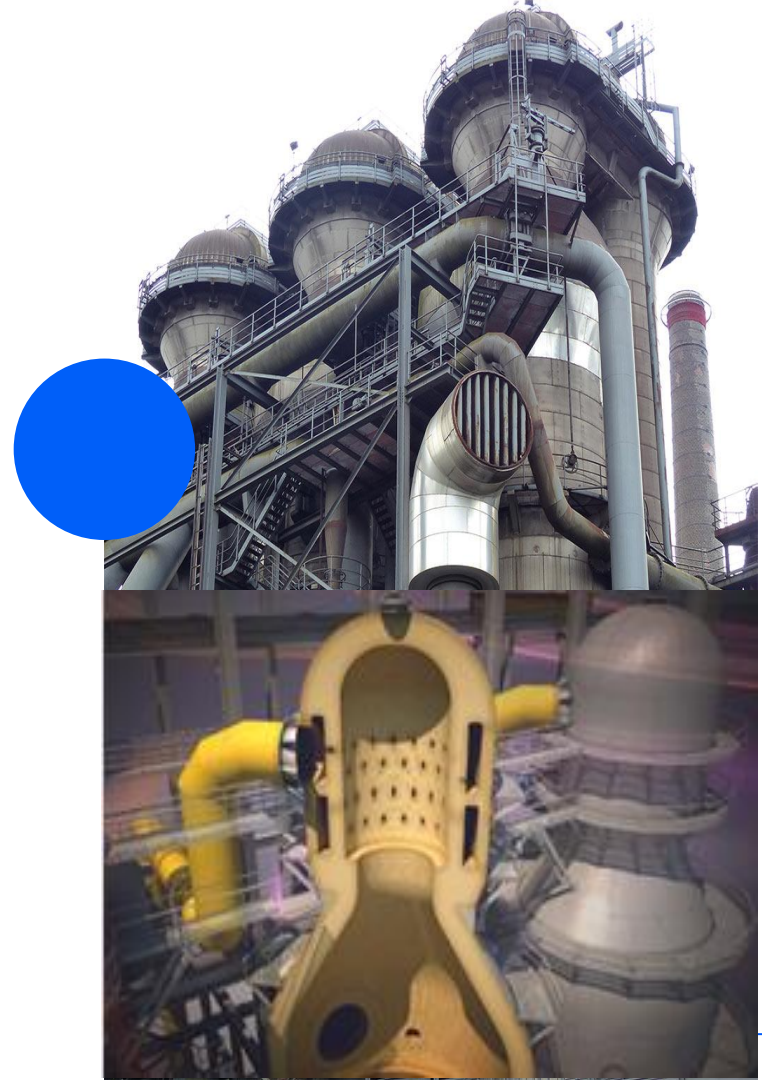
- Stahlbau sowie
- Erneuerung der Besatz – Steine (*damit ist die Gitterung gemeint*)

Zum Teilbereich Stahlbau wird nur schematisch die Möglichkeit aufgezeigt, wie Behälter umgebaut werden können. Die in diesem Zusammenhang erforderlichen Erweiterungen und Umbauten werden nicht weiter vertieft, da Rohrleitungen und Stahlbauerweiterungen hier von untergeordneter Bedeutung sind.

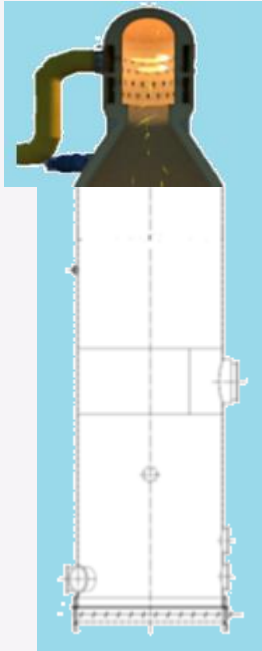
Großes Potenzial bietet die Erneuerung der Besatz – Steine. Durch Verwendung von Gittersteinen mit einer genügend großen Anzahl an Kanälen sowie einer ausgeprägten Heizflächendicke kann aus wärmetechnischer Sicht eine starke Verbesserung hinsichtlich der zu speichernden Energie herbeigeführt werden.

3a

- Winderhitzer Stahlbau



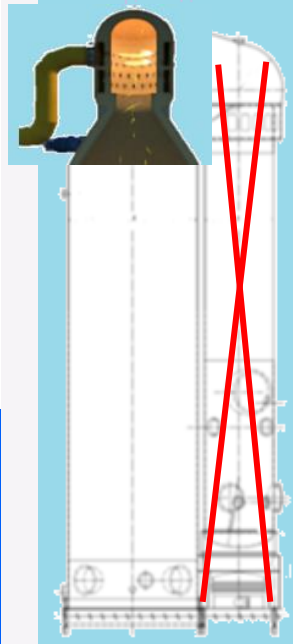
Verschiedene WE - Bauarten mit umgebauer Kuppel



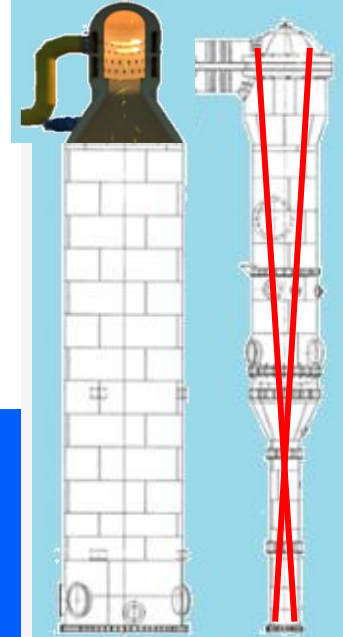
WE mit innenliegenden Brennschacht



WE mit innenliegenden Brennschacht ("Mushroom")

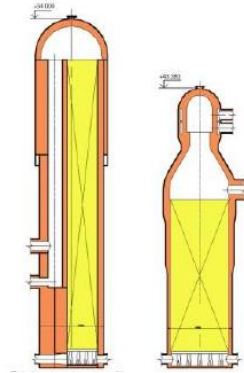
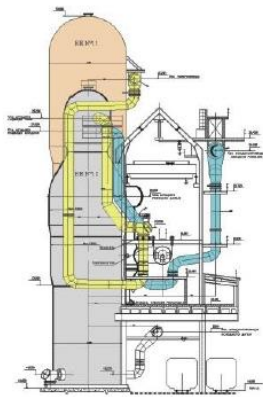


WE mit außenliegenden Brennschacht (Mohr-Didier)

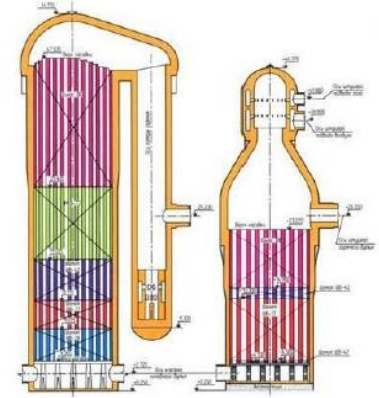
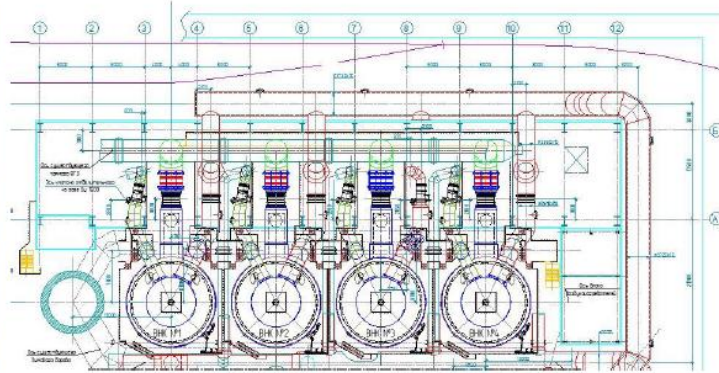


WE mit außenliegenden Brennschacht (KK-Type)

Innenschachter Umbau – West Siberian – Novokuznetsk



Beispiel eines WE – Außenschachter Umbau – Sever Stal – Cherepovets



Innenschachter Umbau – Trinecke Zelezarny – Trinec



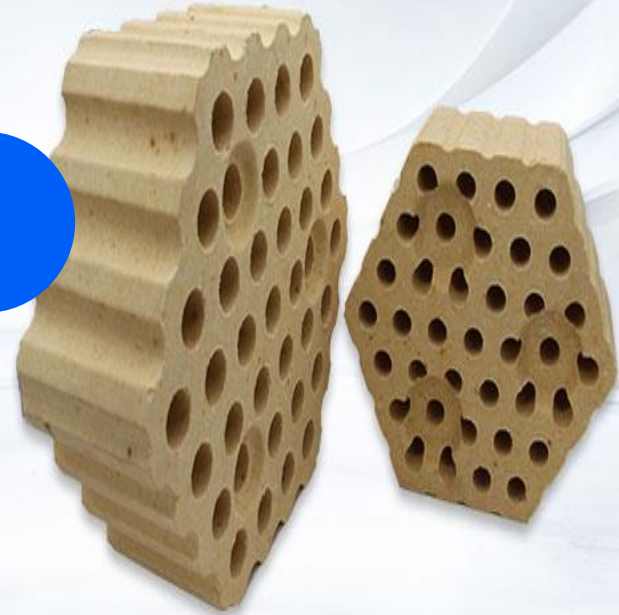
Construction



Operation

3a

- Winderhitzer Besatzsteine



Allgemein

In einem Winderhitzer, unabhängig von der Bauart, werden verschiedene feuerfeste Materialien verbaut.

Im Brennschacht oder Brennraum – ohne Berücksichtigung des Brenners - werden hauptsächlich Isolier- und Schwersteine eingesetzt, wie zum Beispiel die Qualitäten für

- Isoliersteine
 - ✓ FL 23, FL 26, FL 28, FL 30, FL 32

- Schwersteine
 - ✓ AL 75, AL 65, AL 55, AL 45

Im Gitterschacht werden Steine eingesetzt, die einerseits eine bestimmte Masse zur Speicherung der Energie haben müssen, aber auch für die unterschiedlichen Temperaturzonen entsprechende physikalische und chemische Eigenschaften besitzen müssen.

Allgemeines zum Vergleich von Gitterwerken

Der Wärmeaustausch zwischen dem Rauchgas und den feuerfesten Gitter-Steinen findet ja in einem Hochtemperaturprozess statt. Die Gittersteine werden durch das Rauchgas erhitzt und geben dann die Wärme an dem später eingeleiteten Kaltwind ab.

Die Leistung hinsichtlich der Energieaufnahme hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie zum Beispiel dem Durchflussquerschnitt, dem Umfang der Kanäle und der Steinquerschnittsfläche. Diese Parameter beeinflussen die Geometrie des gesamten Gitter-Steins, die wiederum die Wärmeübertragung beeinflusst.

Wenn die Parameter des hydraulischen Kanaldurchmessers (d_h), die freie Fläche Φ (ϕ) und für die Heizflächendicke (X) für zwei Gitterungen gleich sind, dann ist auch ihre Leistung bezogen auf die Speicherung der Wärme gleich.

Zur Beurteilung der Wärmeübergabe aus dem Rauchgas an die Gitterung kann die Aussage aufgestellt werden, dass die übergehende Wärme je m^3 Gitterraum gleich ist, wenn auch das Speichervermögen gleich ist.

Was diese Aussage in Bezug auf einen Winderhitzer – Umbau bedeutet, wird zum Schluss an einem Beispiel erläutert.

Allgemeines zum Vergleich von Gitterwerke

Es gelten die folgenden Beziehungen:

Freie Fläche

(Verhältnis des Durchflussquerschnittes aller freien Kanalquerschnitte zur Gesamtfläche des Gittersteines ohne Kanäle)

$$\beta = \frac{F}{(F+S)} \quad [\text{m}^2/\text{m}^2]$$

hydr. Durchmesser

(Verhältnis des vierfachen Durchflussquerschnittes aller freien Kanalquerschnitte zum Umfang aller Kanäle)

$$dh = \frac{4 * F}{U} \quad [\text{m}]$$

Heizflächendicke

(Verhältnis der Steinfläche ohne Kanäle zum Umfang aller Kanäle)

$$X = \frac{S}{U} \quad [\text{m}]$$

Kanalquerschnitt

(Verhältnis des Umfang aller Kanäle zur Gesamtfläche des Steins)

$$f = \frac{U}{(F+S)} \quad [\text{m}/\text{m}^2]$$

Allgemeines zum Vergleich von Gitterwerken

Setzt man nun in die Ausdrücke für ϕ und f die aus den übrigen Beziehungen abgeleiteten Werte von F und S ein, ergeben sich folgende weitere Beziehungen:

$$\mathbf{p} = \frac{F}{(F+S)} = \frac{F}{(F + U * X)} = \frac{1}{[1 + (\frac{U}{F}) * X]} = \frac{dh}{dh + 4 * X}$$
$$\mathbf{f} = \frac{U}{(F+S)} = \frac{U}{(F + U * X)} = \frac{1}{[(\frac{F}{U}) + X]} = \frac{dh}{dh + 4 * X}$$

Die vier maßgeblichen Größen ϕ , f , dh und X sind voneinander derart abhängig, dass nur zwei freie Größen wählbar sind:

- Kanaldurchmesser (dh) und
- Heizflächendicke (X)

Vergleich von Gittersteinen

Im Folgenden werden die geometrischen und wärmetechnisch relevanten Daten von einigen Gittersteinen verglichen, wobei auf die Nennung von Markenbezeichnungen verzichtet wird.

Werte / Type

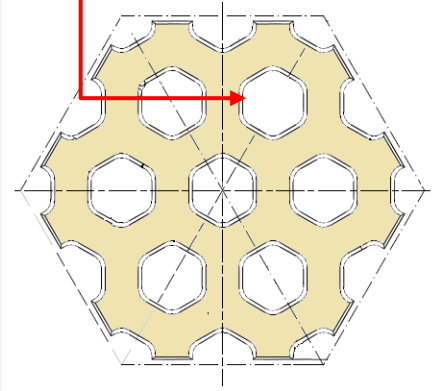
		GS 1	GS 2	GS 3	GS 4	GS 5
Steinmaß ("Schlüsselweite")	[mm]	184,5	184,5	238	215	226
hydraulischer Kanaldurchmesser	[mm]	35	30	25	15	20
Anzahl der Kanäle	[Stück]	7	7	19	61	37
Steinhöhe	[mm]	180	180	120	120	120
Freie Querschnittsfläche	[%]	40,5	29,75	34,6	45,87	32
Lochumfang U pro Stein	[mm]	769,3	659,4	1491,5	2873,1	2323,6
Heizfläche	[m ² / m ³]	46,2	39,7	55,36	88,31	64
Heizflächendicke	[mm]	12,9	17,7	11,81	15,23	15,23
Steinvolumen	[dm ³]	3,28	3,87	3,24	3,2	3,31

Def.: GS = Gitterstein

Vergleich von Gittersteinen

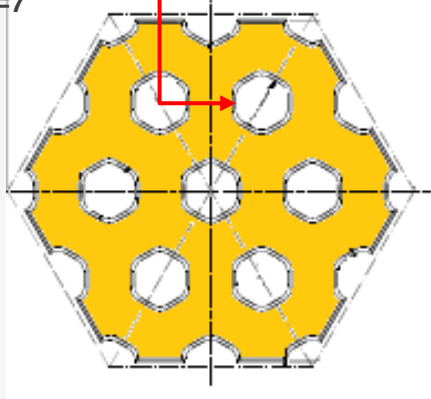
GS 1

$D_h=35\text{mm}$
 $n=7$



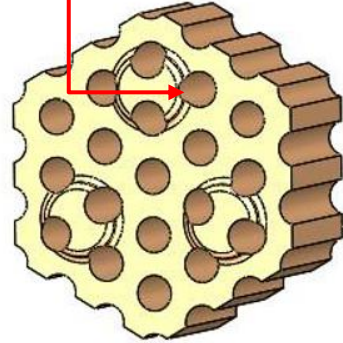
GS 2

$D_h=30\text{mm}$
 $n=7$



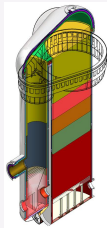
GS 3

$D_h=25\text{mm}$
 $n=19$



Vergleich von Gittersteinen für eine ausgewählte Besatzhöhe

Vergleich auf Basis eines WE mit außenliegendem Brennschacht / Umbau zu einem brennschachtlosen WE



a) WE - mit Außenbrennschacht

Gittersteintyp	Steinvolumen [dm³]	Besatzhöhe [m]	Durchmesser Gitterschacht [mm]	Besatzfläche [m²]	Besatzvolumen [m³]	Anzahl Steine [St / m²]	Heizfläche [m² / m³]	Zonen - Heizfläche [m²]
GS 1	3,28	10.800	7.694	46,49	502,13	176,74	46,2	23.198,50
GS 1	3,28	2.700	7.536	44,60	120,43	176,74	46,2	5.563,88
GS 1	3,28	2.000	7.536	44,60	89,21	176,74	46,2	4.121,39
GS 1	3,28	2.300	7.450	43,59	100,26	176,74	46,2	4.632,04
GS 2	3,22	8.250	7.358	42,52	350,80	212,09	39,7	13.926,88
GS 2	3,22	3.000	7.358	27,30	81,90	212,09	39,7	3.251,43

Total

29.050

54.694

**Gesamt –
Heizfläche**

54.694

b) WE - Außenbrennschacht-Umbau zum brennschachtlosen WE

Gittersteintyp	Steinvolumen [dm³]	Besatzhöhe [m]	Durchmesser Gitterschacht [mm]	Besatzfläche [m²]	Besatzvolumen [m³]	Anzahl Steine [St / m²]	Heizfläche [m² / m³]	Zonen - Heizfläche [m²]
GS 3	3,24	10.800	7.694	46,49	502,13	197,31	55,36	27.798,03
GS 3	3,24	2.700	7.536	44,60	120,43	197,31	55,36	6.667,02
GS 3	3,24	2.000	7.536	44,60	89,21	197,31	55,36	4.938,53
GS 3	3,24	2.300	7.450	43,59	100,26	197,31	55,36	5.550,43
GS 3	3,24	8.250	7.358	42,52	350,80	197,31	55,36	19.420,46
GS 3	3,24	3.000	7.358	27,30	81,90	197,31	55,36	4.533,98

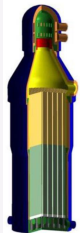
Total

29.050

68.908

25%

68.908



4 - Ausblick



Ausblick

- da aufgrund der Umstellungen in der europäischen Stahlindustrie große Investitionen in Bestandsanlagen reduziert werden, bieten Umbauten von Winderhitzern, hier sei der Stahlmantel mit den relevanten Stahlbauten genannt in Kombination mit dem Einsatz von Gittersteinen mit optimierten Eigenschaften, eine technische und kommerzielle Lösung dar, um die Lebensdauer des Aggregats für die Restlaufzeit zu verlängern
- durch Umbauten besteht auch die Möglichkeit, Kohlendioxid – Emissionen zu reduzieren
- neben den vorgestellten Umbauten haben wir auch mit Untersuchungen begonnen, die Verbrennung in einem Winderhitzer unter Druck stattfinden zu lassen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

(DOMINION - Messestand: Halle 10, Stand F 78)

We help our clients transform to become more efficient.

We apply technology to make this happen.

WE ARE DOMINION.



Headquarters Europe:

DE-40885 Ratingen (Germany)

Breitscheider Weg 34

Phone: +49 (0) 2102 938 0

SP-48009 Bilbao (Spain)

Plaza de Pio Baroja, 1ª Planta

Phone: +34 (0) 944 793 787

www.dominion-global.com