

Energieeffiziente Magnetheizer Projekt RoWaMag

Dr. Veit Große • THEVA Dünnschichttechnik GmbH

Anwendungsbereich

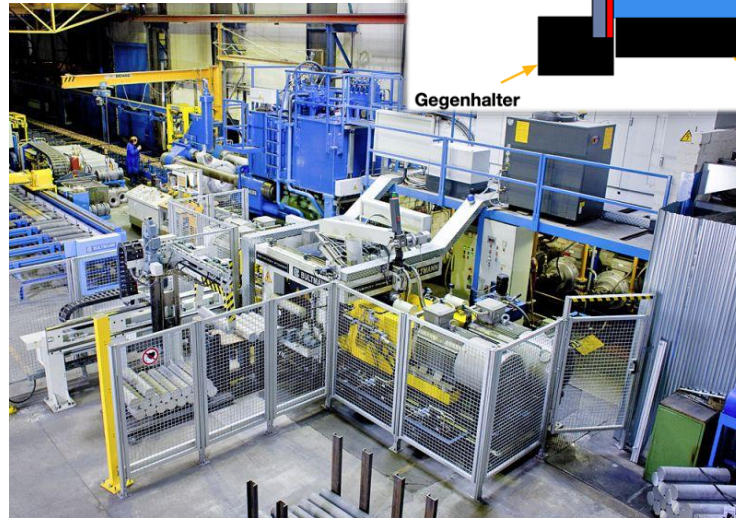
Warmumformung von Nichteisen-Metallen: Strangpressen, Schmieden, Warmwalzen



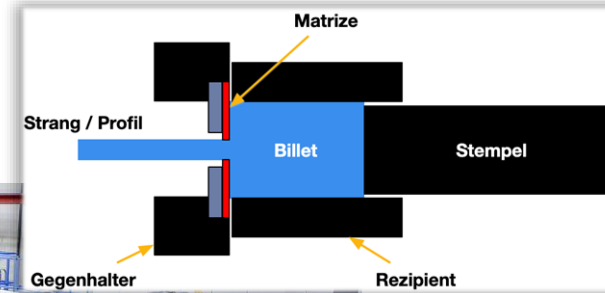
Metallbillet erhitzen

Aluminium: 500°C

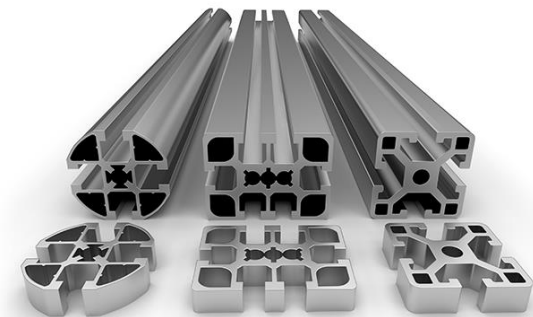
Kupfer: bis 1000°C



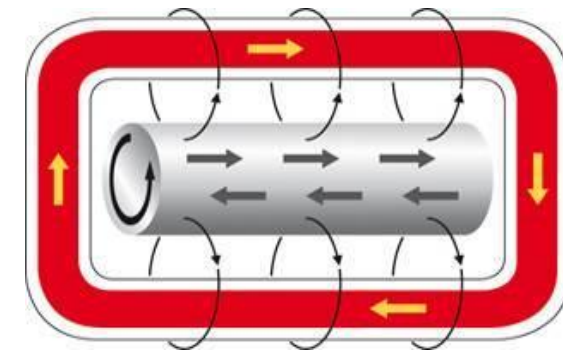
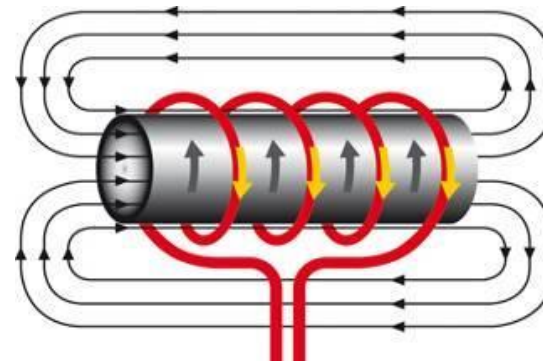
Strangpressen



Aluminiumprofil



Vergleich Heiz-Konzepte

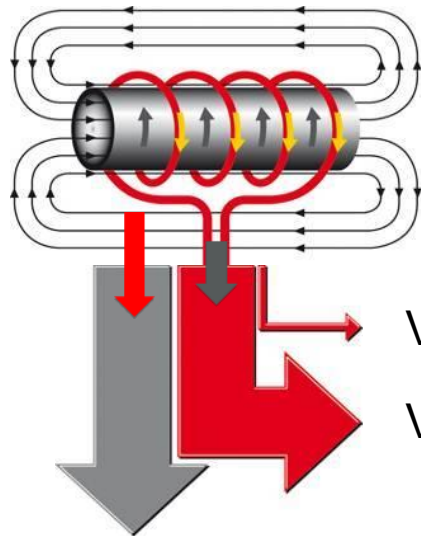


	Ofen für fossile Brennstoffe	Induktionsheizer	Magnetheizer
Wirkungsgrad	20-40%	50-60%	70-80%

Vergleich Heiz-Konzepte

Energieeffizienz

Induktionsheizer

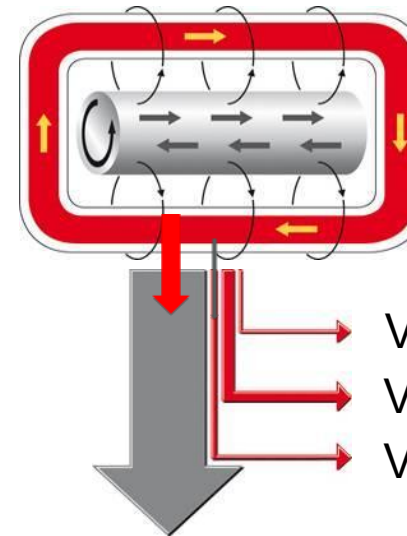


Verluste Elektronik

Verluste Spule

Billet

Magnetheizer mit HTS



Verluste Elektronik

Verluste Antrieb

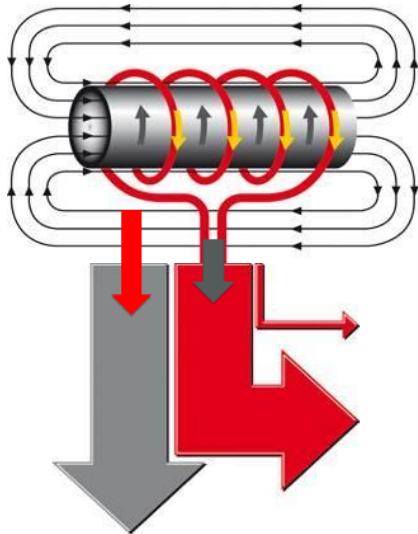
Verluste Spule und Kühlung

Billet

Vergleich Heiz-Konzepte

Energieeffizienz

Induktionsheizer



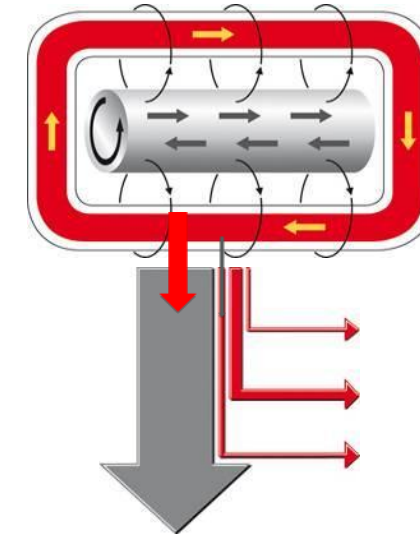
50-60%.

160 Strangpressen in Deutschland verarbeiten **800.000 t** Aluminium jährlich.

Aufwärmen auf 500°C erfordert Wärmeenergie von **97 GWh/a**.

Durch höheren Wirkungsgrad können **55 GWh/a** el. Energie oder **27.500 t** CO₂ eingespart werden.

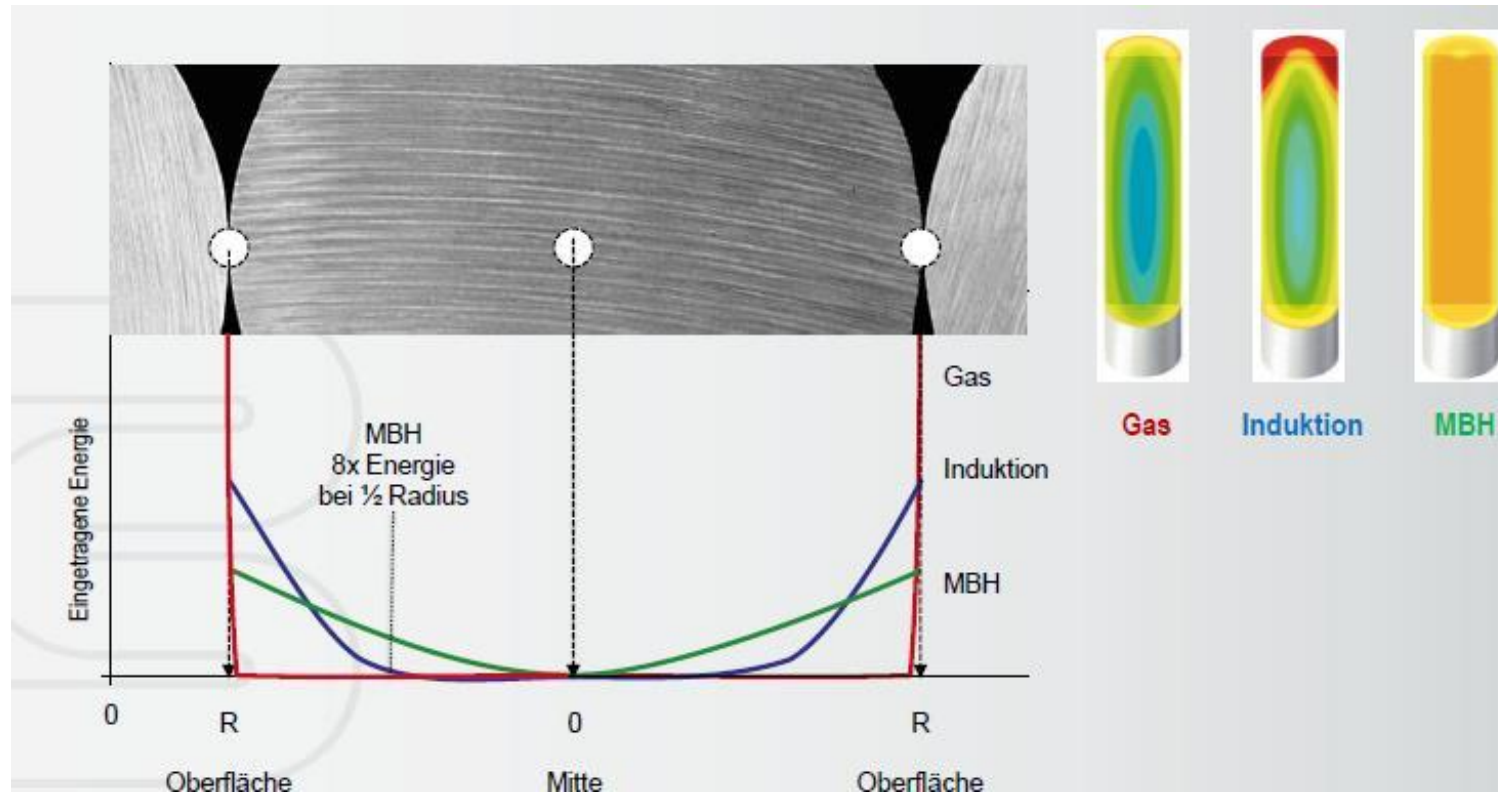
Magnetheizer mit HTS



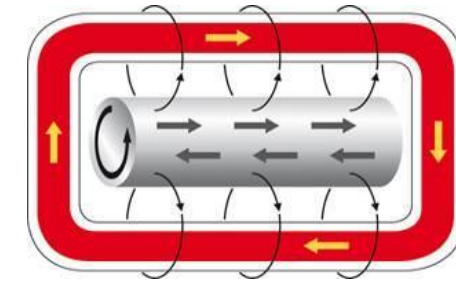
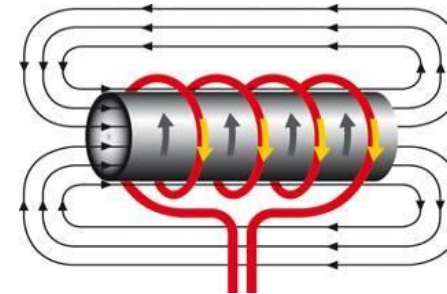
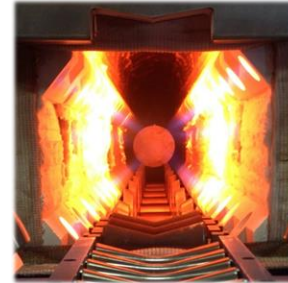
70-80%.

Vergleich Heiz-Konzepte

Temperaturhomogenität



Vergleich Heiz-Konzepte



	Ofen für fossile Brennstoffe	Induktionsheizer	Magnetheizer
Wirkungsgrad	20-40%	50-60%	70-80%
Temperaturhomogenisierung	--	0	+
Heizzeit	30-120 min	wenige Minuten	wenige Minuten
Betriebskosten	+	-	0
Produktivität	-	0	+

Historie

2005-2008

Entwicklung eines Magnetheizers gefördert durch DBU

- Projektpartner: Bültmann GmbH, Zenergy Power GmbH
- Verwendung von 1G-Bandleitern
- Prototyp installiert bei Weseralu GmbH (noch in Betrieb)
- Nachweis des Wirkungsgrades von bis zu 80%
- Hermes Award 2008, Deutscher Umweltpreis 2009, Innovationspreis Klima und Umwelt 2009, Europäischer Umweltpreis 2010

2009ff

Aufbau von vier weiteren Magnetheizern

- Erste kommerzieller Magnetheizer bei Wieland Werke AG im Einsatz (Enderwärmung von Kupfer-Billets)

RoWaMag - Projektziele

Probleme mit bisherigen Magnetheizern

- Lange Stillstandszeiten durch Aufwärm- und Abkühlzeiten, sowie Pumpzeiten während der Wartung
- Teilweise nötige Magnetfeldstärke nicht erreicht

Projektziele

Entwicklung eines HTS-Magneten für Magnetheizer

- Erfüllt Anforderungen an Magnetfeld und Magnetfeldhomogenität
- Hohe Lebensdauer > 10 Jahre
- Möglichst geringer Wartungsaufwand
- Einsatz von 2G-Bandleitern \Rightarrow mittelfristig günstigere Herstellkosten
- Voraussetzungen für eine erfolgreiche Vermarktung schaffen

RoWaMag - Projektpartner



Bültmann GmbH, Beck Maschinenfabrik GmbH

- Maschinenbau - Implementierung des Magneten
- Test der Maschine



KIT

- Projektkoordination
- Kryostat + Kühlung
- Test des Magneten



THEVA

- Bandleiterfertigung
- Spulenpaket

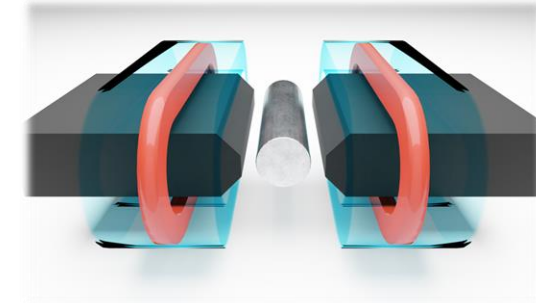
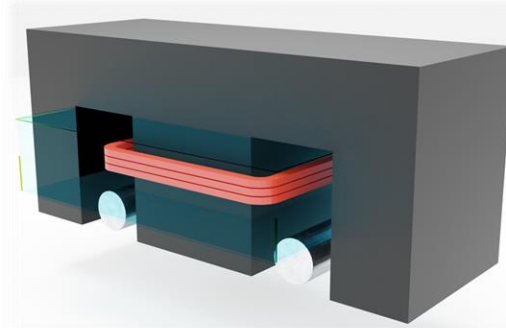


**Robuster und wartungsarmer Magnetheizer mit
Hochtemperatursupraleiter-Spulen für Warmumformprozesse**



Spezifikationen

Vergleich mit SuperCoil Magnetheizer, Korea



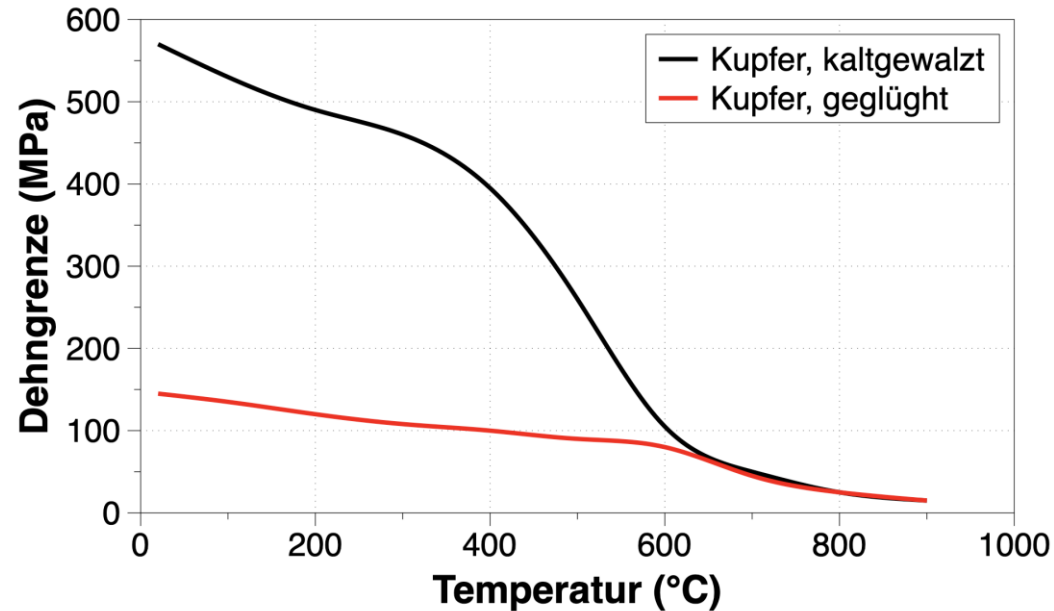
Magnetfeld am Billet	600...700 mT
Magnetfeld am Ende des Billets	500...550 mT
Billet-Länge	220...750 mm
Billet-Durchmesser	<225 mm
Max. Drehzahl	<16 Hz
Heizleistung	2×300 kW
Zwei-Schacht-Betrieb	✓

	<1.300 mT

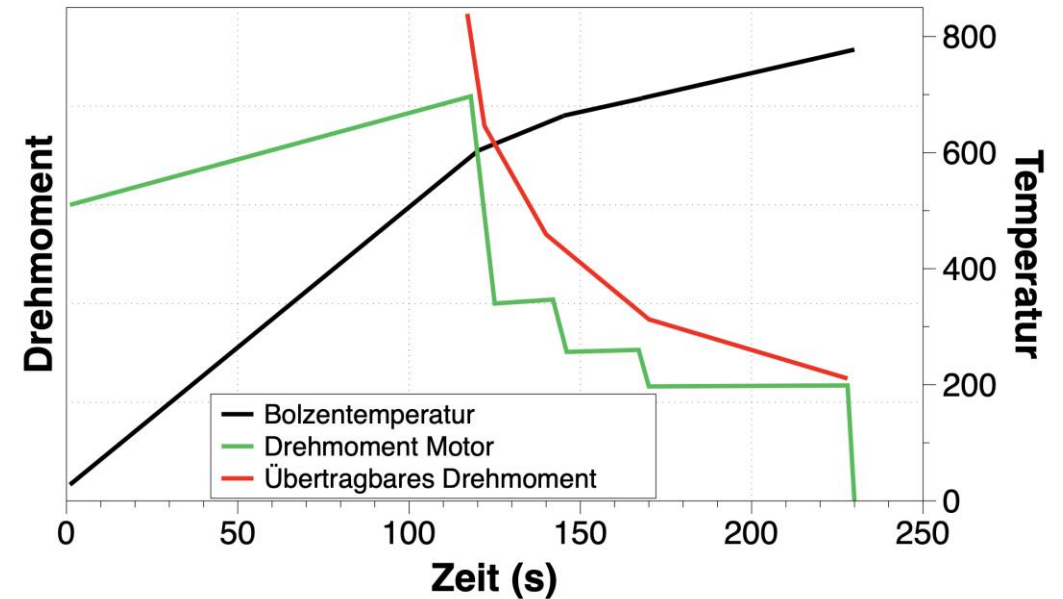
	<700 mm
	<230 mm
	5...10 Hz
	300 kW
	✗

Designparameter Magnetfeld

Übertragbares Drehmoment



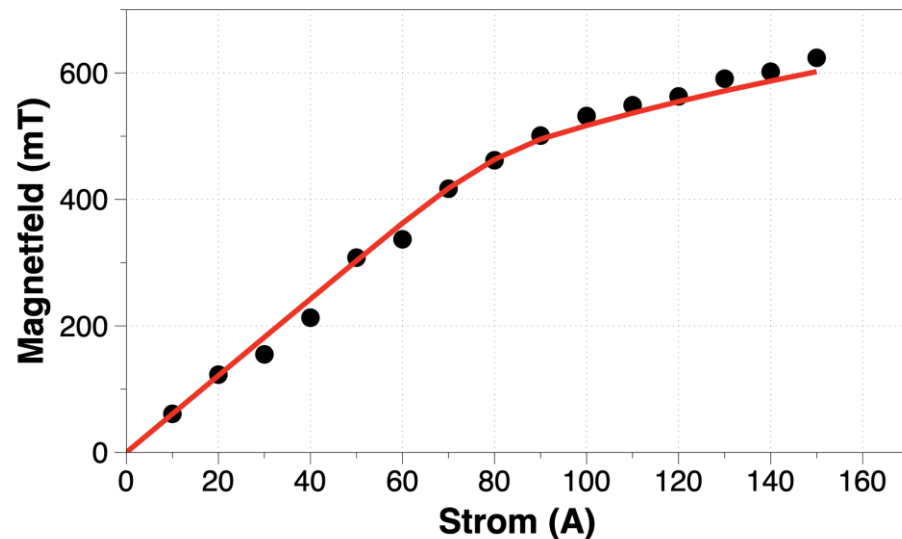
Ab etwa 400°C nimmt Dehngrenze dramatisch ab.



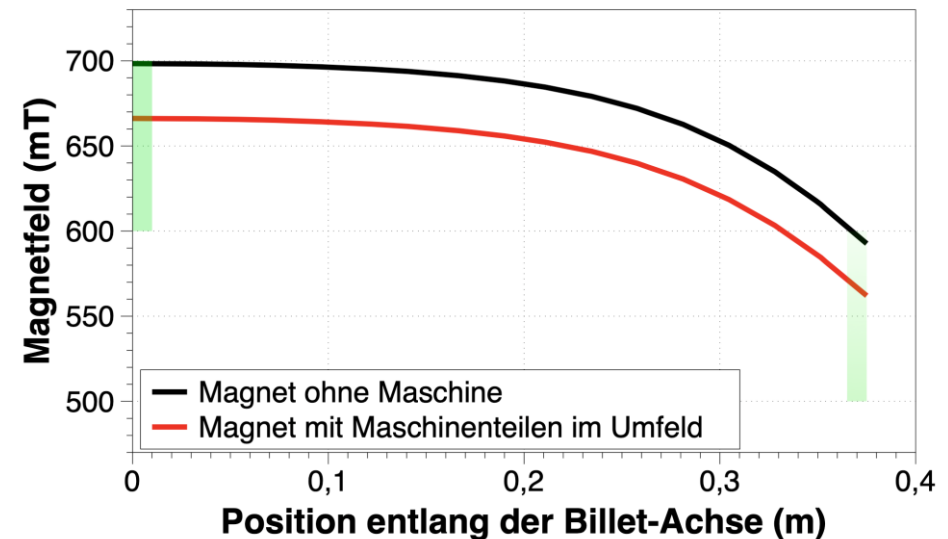
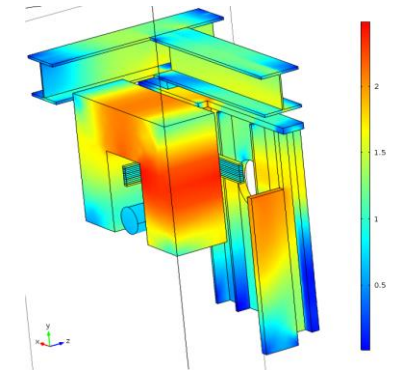
Magnetfeld am Billet wird durch Kippen des Jochs verringert, um Drehmoment zu reduzieren.
⇒ Höhere Magnetfelder als 700 mT nicht sinnvoll.

Auslegung der Spulen

Vergleich der FEM-Simulation mit Messdaten von Bültmann



FEM-Simulation
Magnetheizer RoWaMag



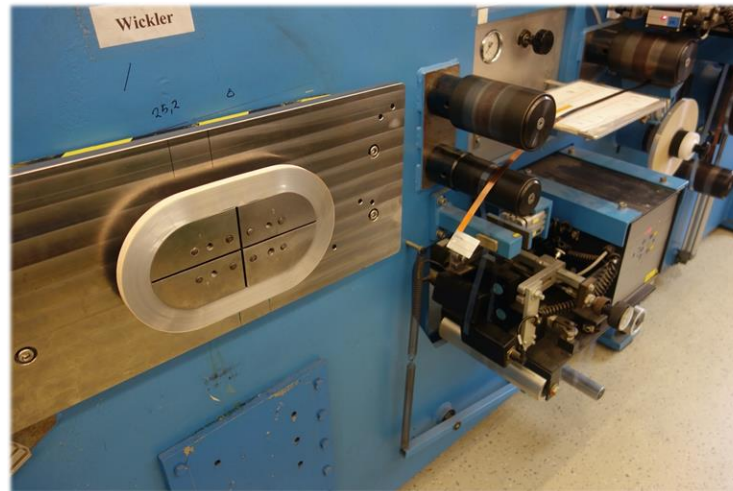
Auslegung der Spulen

	#01	#02	#03	#04
Anzahl Spulen	5	4	4	3
Windungen pro Spule	100	85	100	125
Betriebsstrom	370 A	555 A	470 A	505 A
Max. B-Feld an der Spule	1,9 T	2,3 T	2,0 T	2,6 T
Bandleiterbedarf (I_c @ 77 K, $sf = 360$ A)	4.280 m	2.900 m	3.430 m	3.110 m
Bandleiterkosten	--	+	-	0

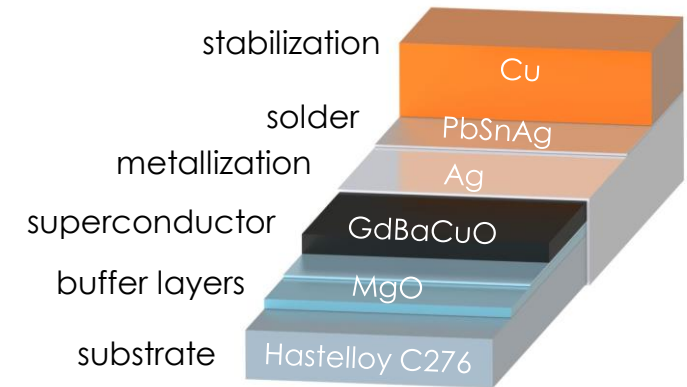
Spulenfertigungstechnologie



Spulenkonstruktion
(Double Pancake)

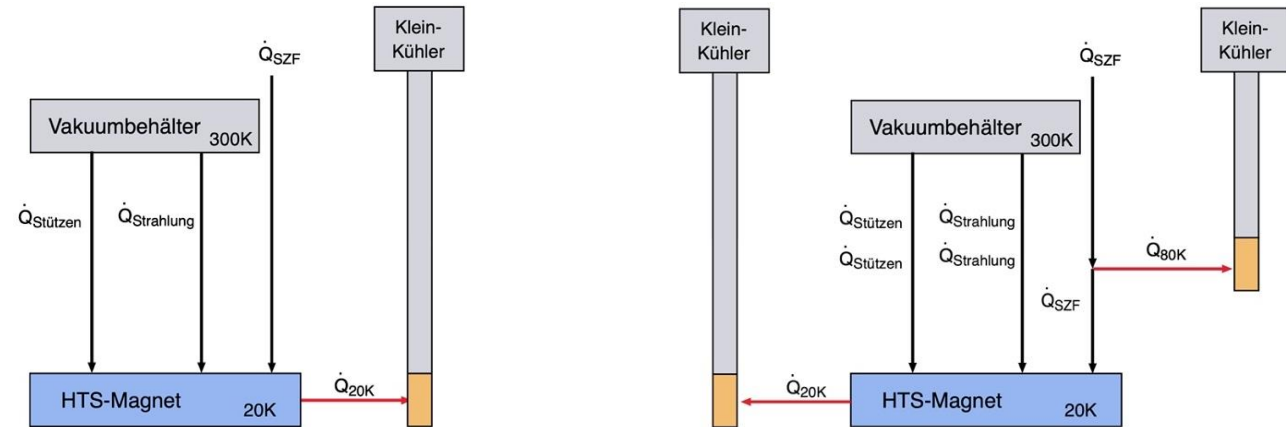


Spulenwicklung
Spulenverguss



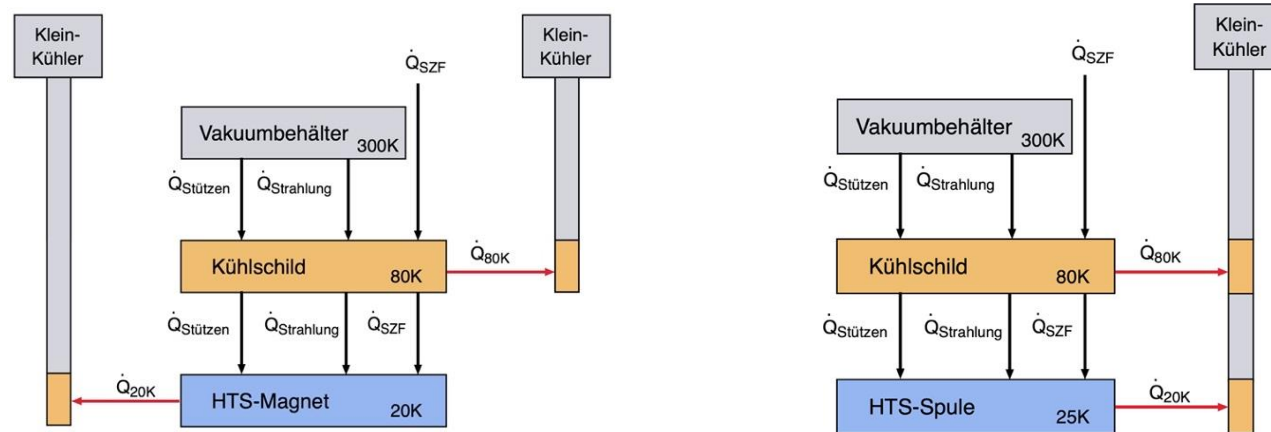
Bandleiter-Laminierung
Bandleiter-Verbindung

Auslegung des Kühlsystems ohne Wärmeschild



	20 K	80 K	20 K	80 K
Strahlungswärme	7 W		7 W	
Wärmeeinfall durch Stützen	20 W		20 W	
Wärme durch Stromzuführungen	50 W		10 W	47 W
Summe	77 W		47 W	47 W
Anzahl Kühler	4+		2+	1

Auslegung des Kühlsystems mit Wärmeschild



	20 K	80 K	20 K	80 K
Strahlungswärme	1 W	7 W	1 W	7 W
Wärmeeinfall durch Stützen	3 W	18 W	3 W	18 W
Wärme durch Stromzuführungen	11 W	47 W	11 W	2 W
Summe	15 W	72 W	15 W	6 W
Anzahl Kühler	1	1	1	

Minimierung des Wartungsaufwandes

Wartungsfreier Magnet

- Quenchresiliente Auslegung des Gesamtsystems
 - Auslegung Bandleiter, Spulen, Stromquelle
 - Qualitätssicherung Spulen
 - Inbetriebnahmetests
- Quench Protection
- Resistent gegen thermisches Zykeln

Wartungsarme Kühlung

- Schneller Austausch des Kühlers am kalten Magneten
- Geringe Erwärmung des Magneten während Wartung

Vakuumsicheres Kryosystem

Ausblick

