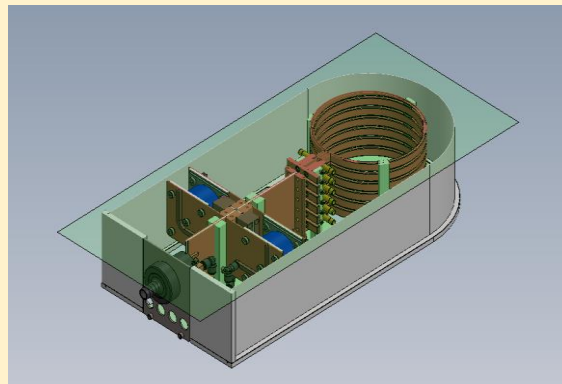


TEMPORÄRE VERFÜGBARKEIT ERNEUERBARER ENERGIEN- EINSATZMÖGLICHKEIT THERMOCHEMISCHER VERFAHREN

Temporäre Verfügbarkeit von Solarenergie und
Windkraft

Induktive Erwärmung



Reduzierende Bedingungen

Oxidierende Bedingungen

Wh

W

5 K

4 K

3 K

2 K

1 K

0 K

20. Sep

1.5 M

1.25 M

1 M

0.75 M

0.5 M

0.25 M

0 M

Jan

Feb

März

Apr

Mai

Jun

Jul

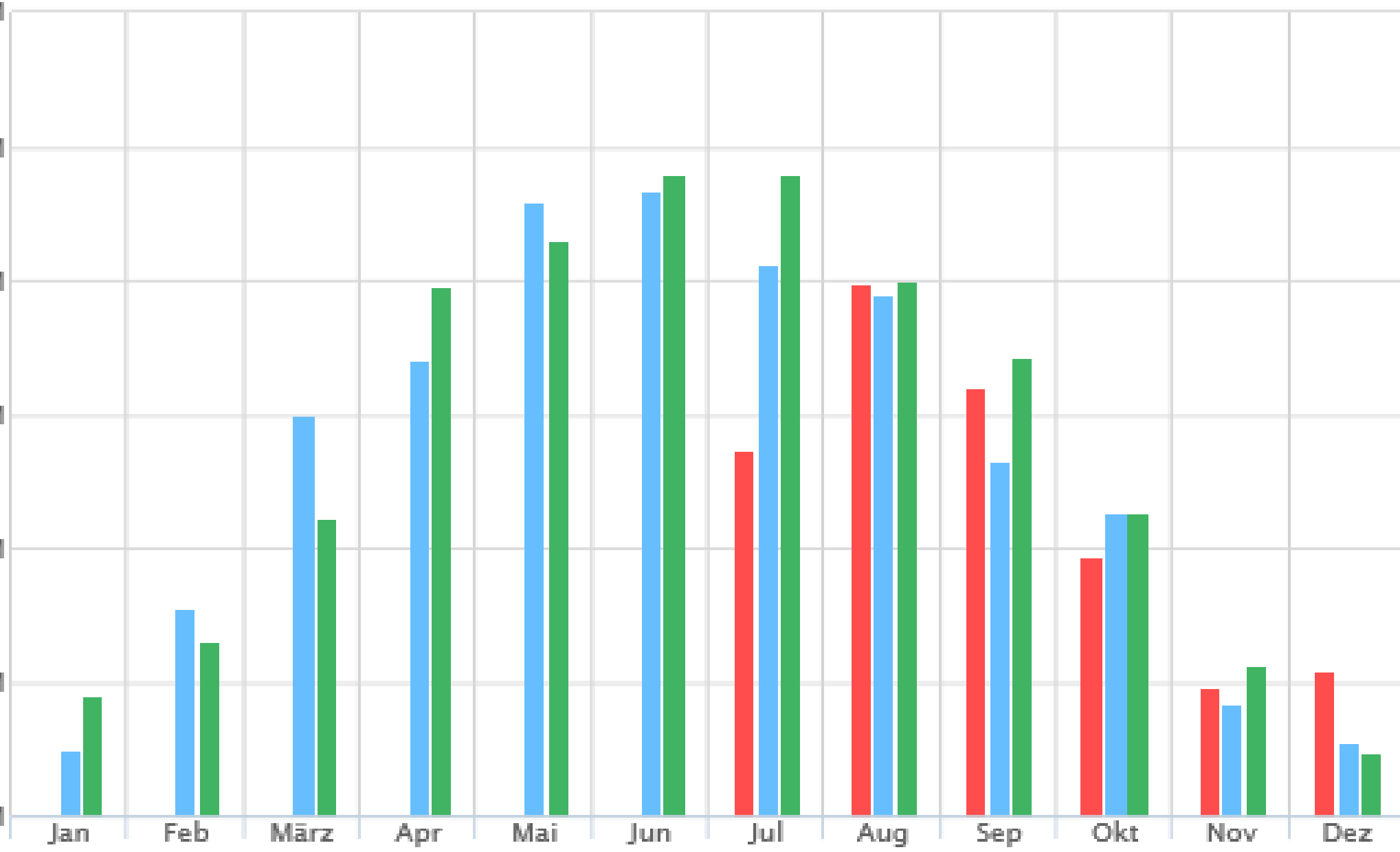
Aug

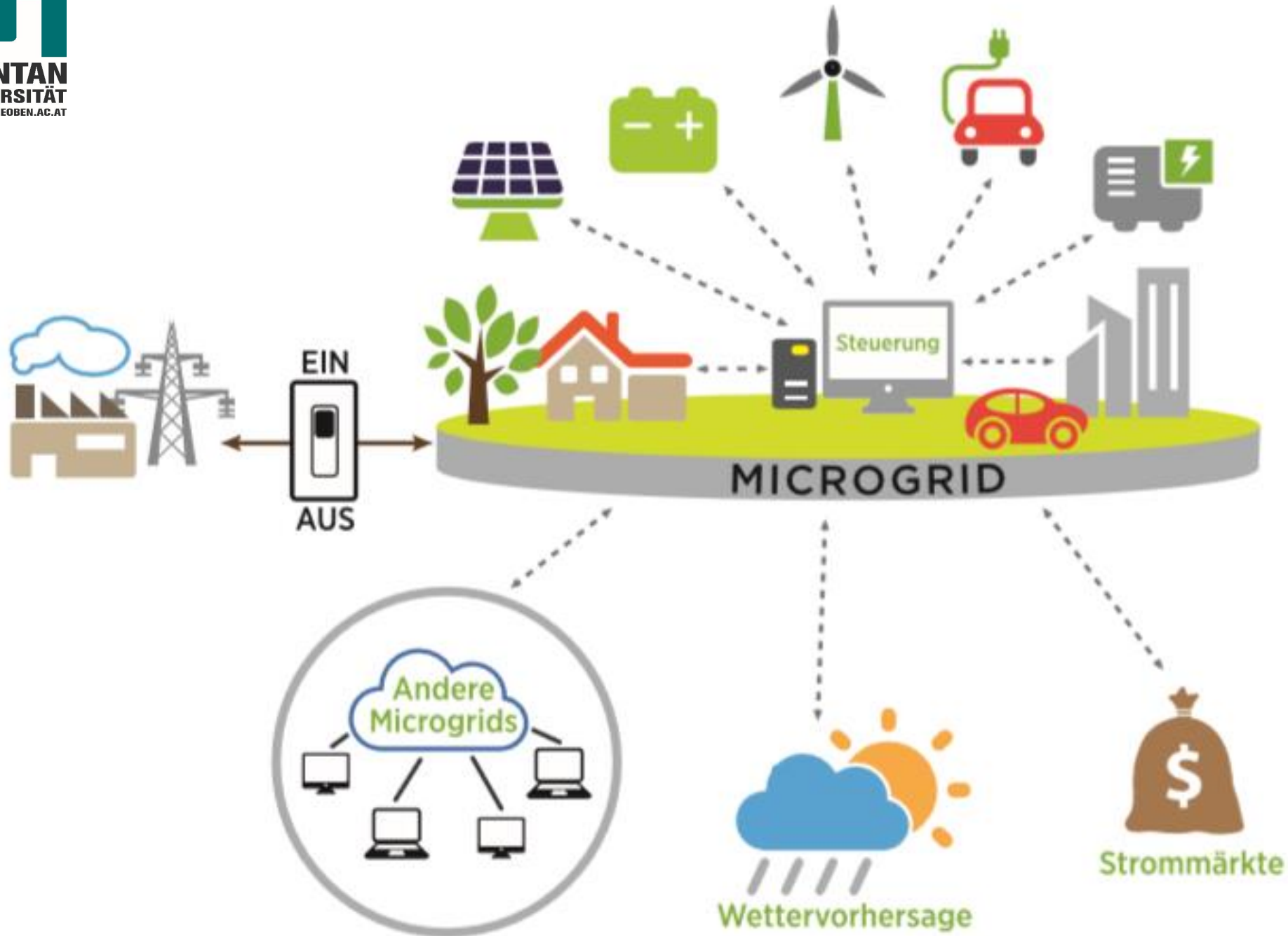
Sep

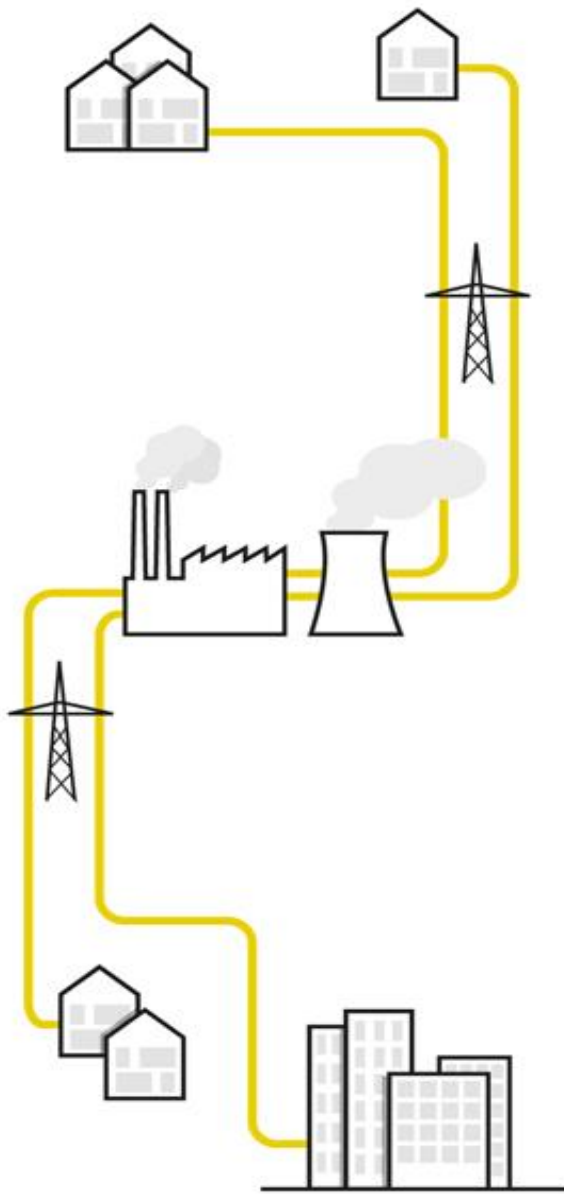
Okt

Nov

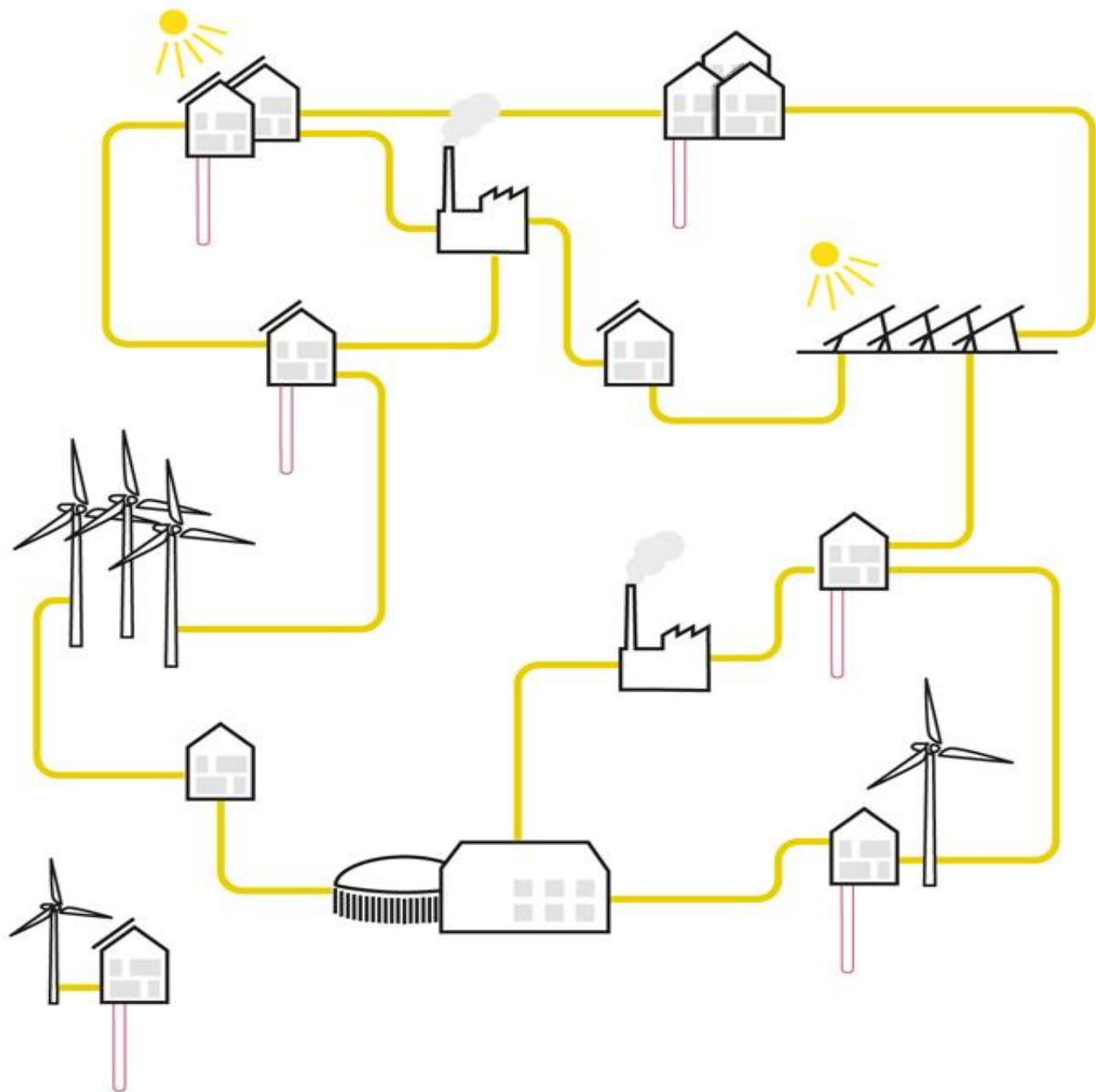
Dez







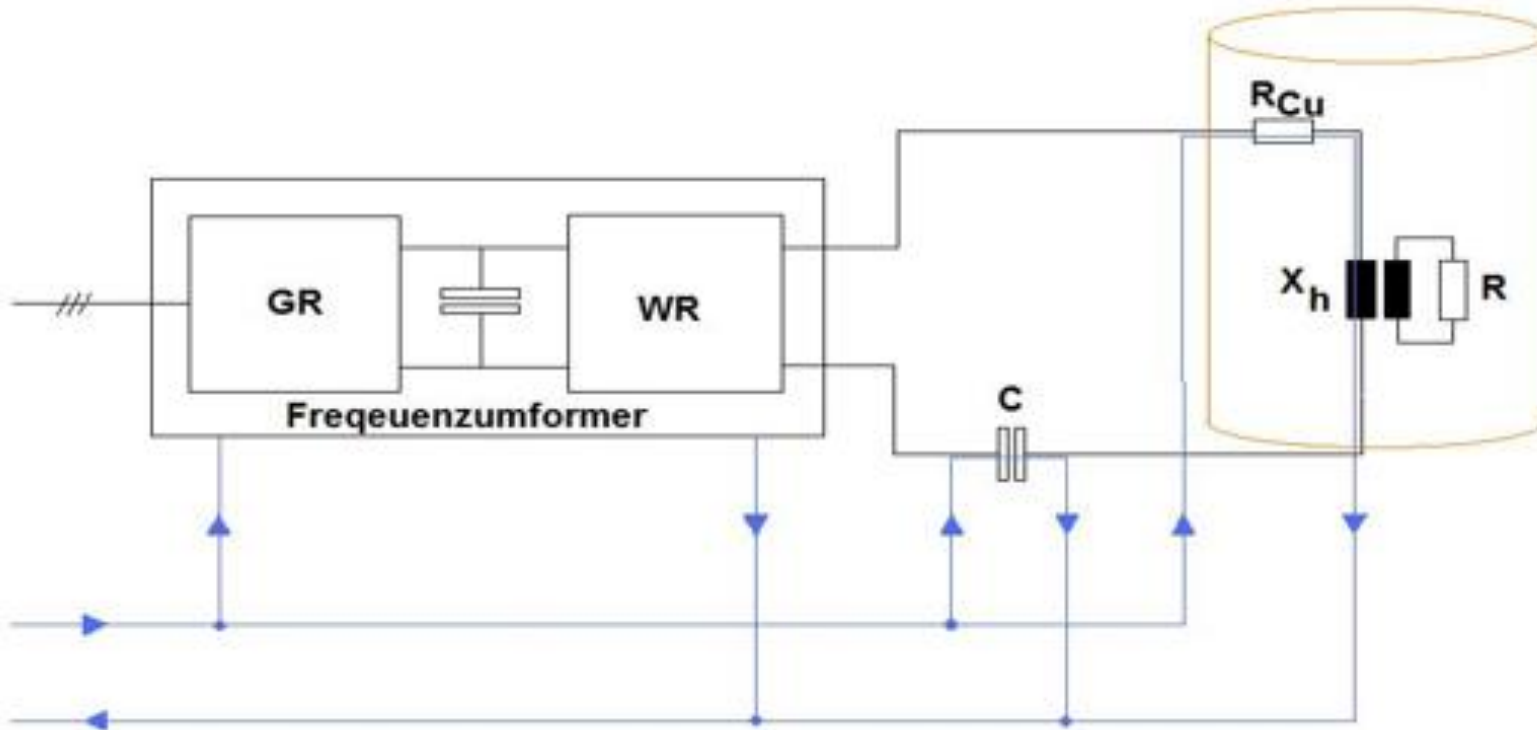
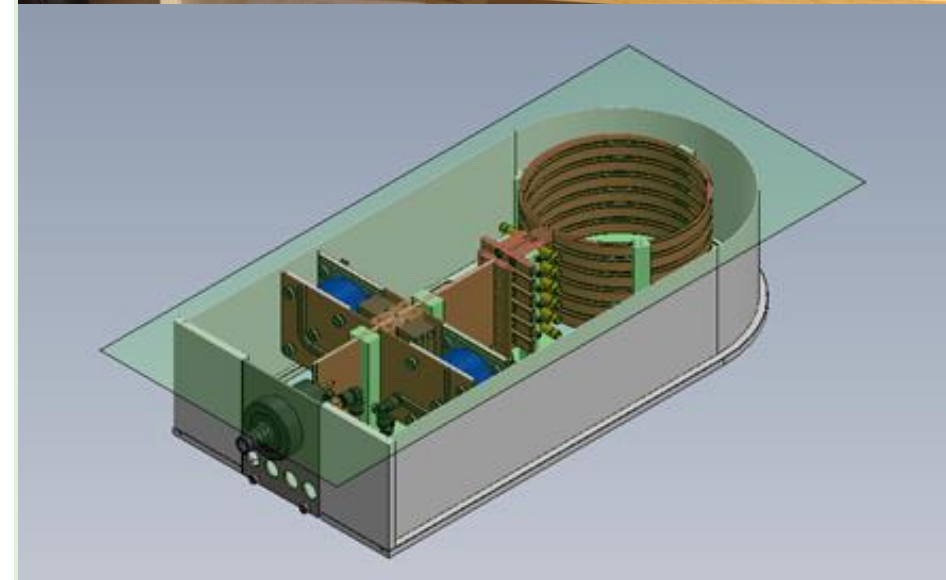
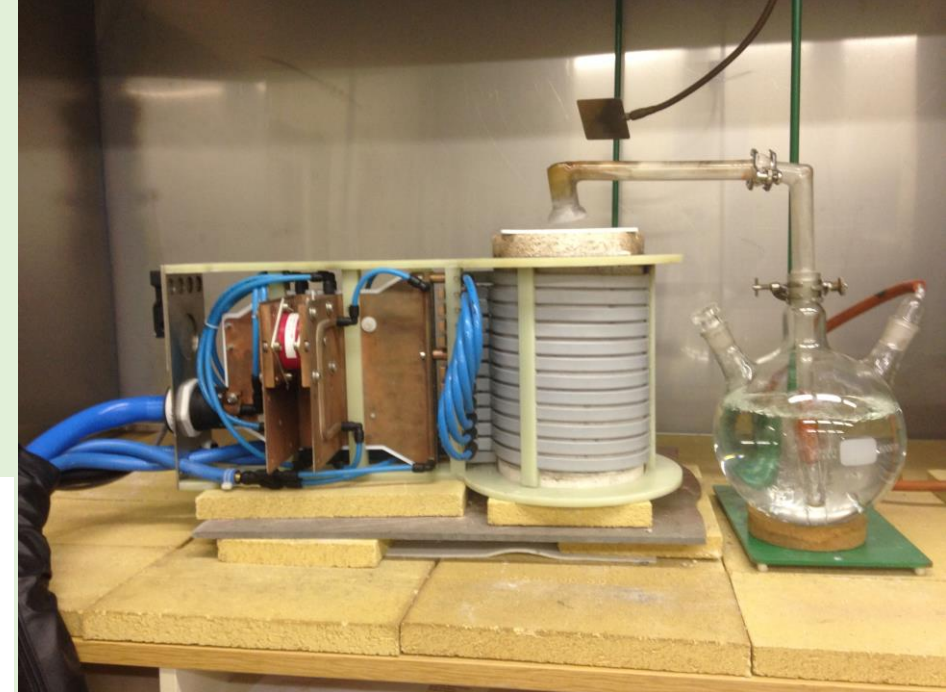
Zentrale Energieversorgung



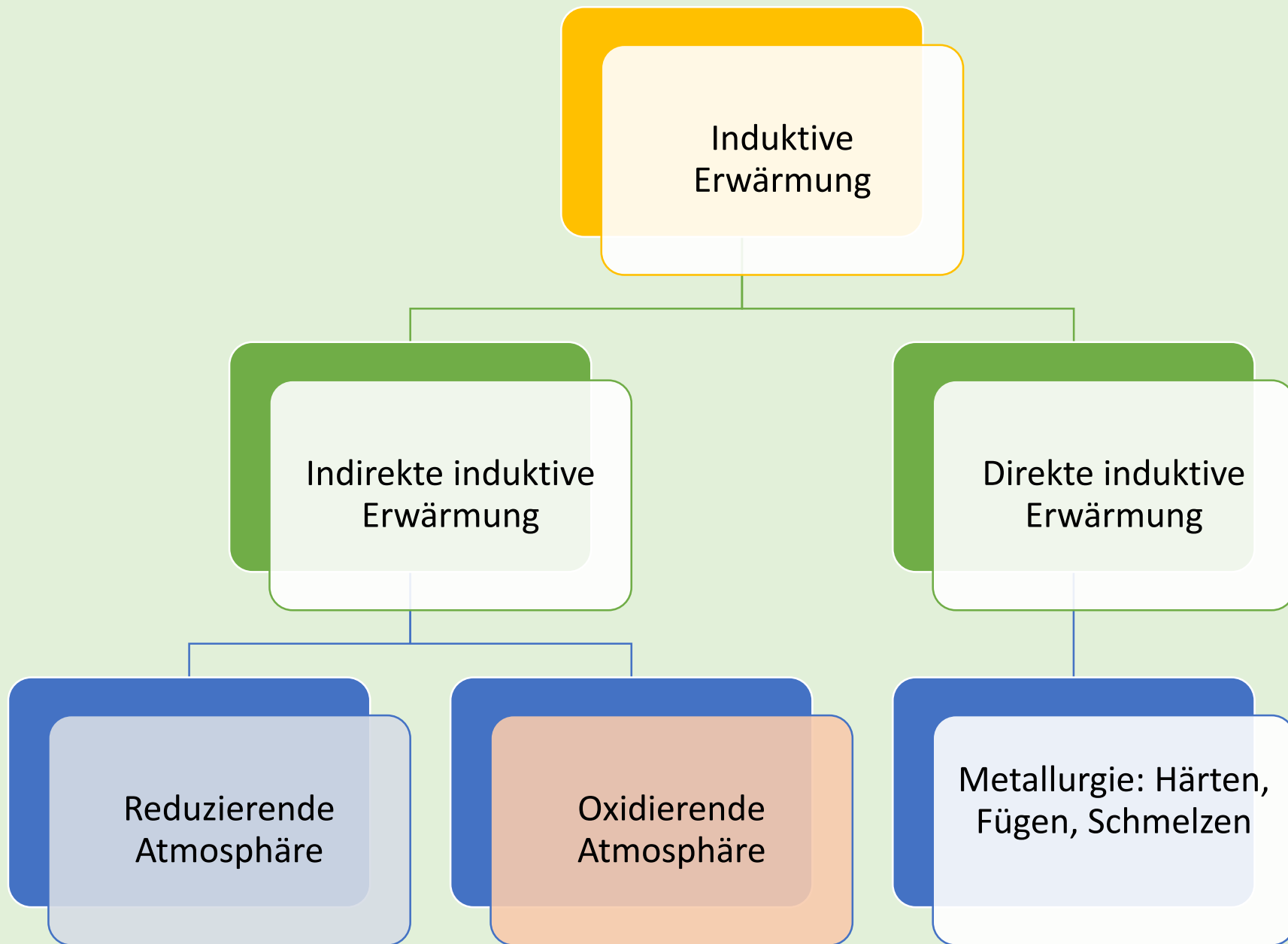
Dezentrale Energieversorgung

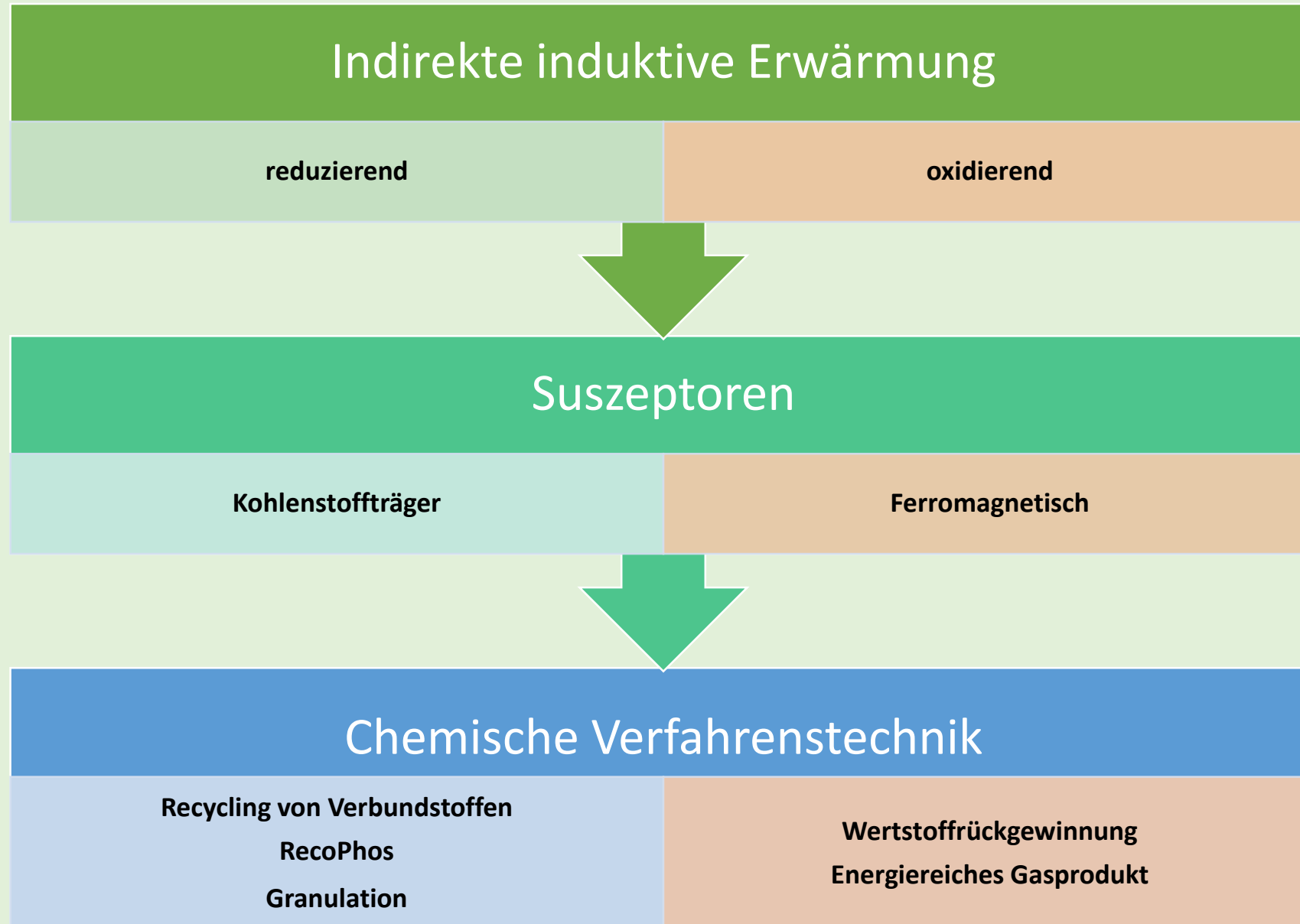
Temporäre Verfügbarkeit in kurzen Zeitintervallen

Induktive Erwärmung 15kW / 1000 A



Quelle: IDEA, Bedienungsanleitung InduCARB
Dornbirn, SolidWorks eDrawings, 204346
InduCARB mit Abdeckung (2013)

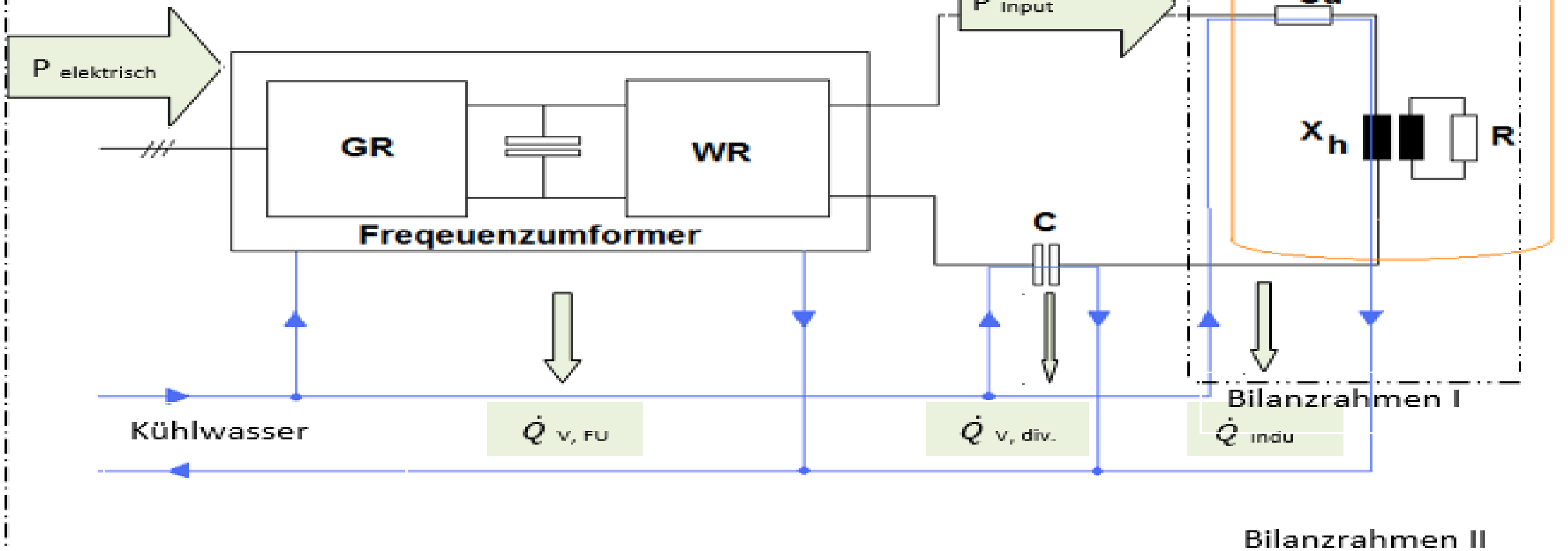






M.I.T. InduCarberl - Dornbirn





Beschreibung Messtechnik

Messgrößen InduCARB online:

- $P_{\text{elektrisch}}$ elektrische Wirkleistung in Prozent; 100% entsprechen 15 kW
- f Frequenz im Serienschwingkreis in kHz
- I Strom in die Induktionsspule in Ampere
- \dot{Q}_{Indu} Durch Wärmedurchgang übertragene Leistung an das Kühlwasser vom Reaktor und Verlustleistung durch ohmschen Widerstand des Induktors in kW
- $\dot{Q}_{\text{V,ges}}$ Gesamte Kühlwasserleistung in kW
- δ Temperatur in Grad Celsius (Wärmebildkamera Optris)

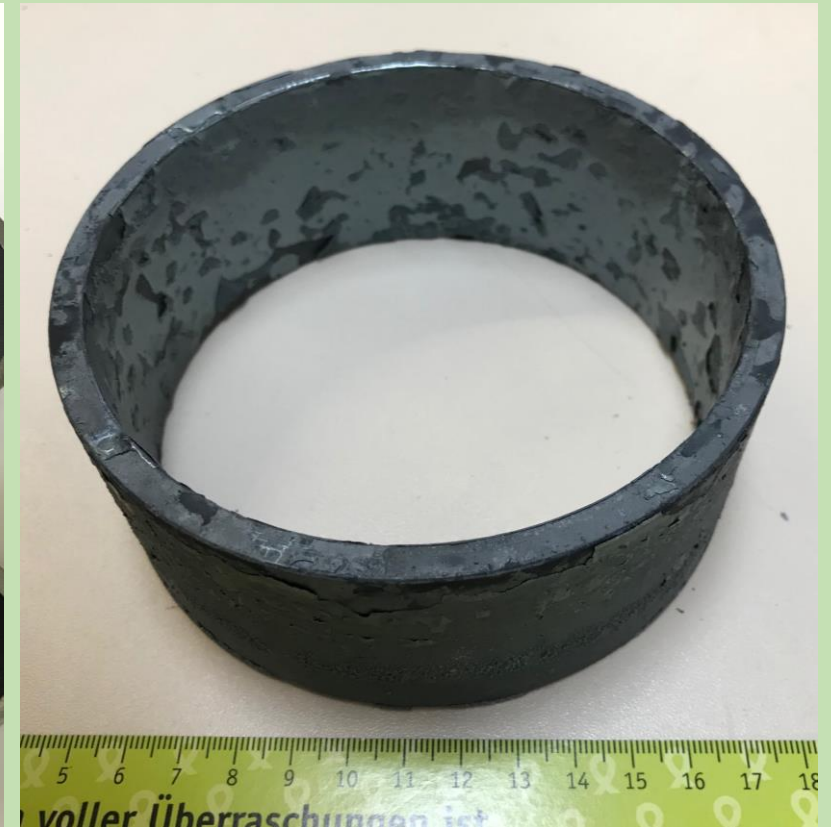
Beschreibung Versuchs- parameter

Variation der Parameter:

- P_{input} Konstante Leistung für eine Versuchsreihe
- f Konstante Frequenz für eine Versuchsreihe
- I Strom in die Induktionsspule in Ampere

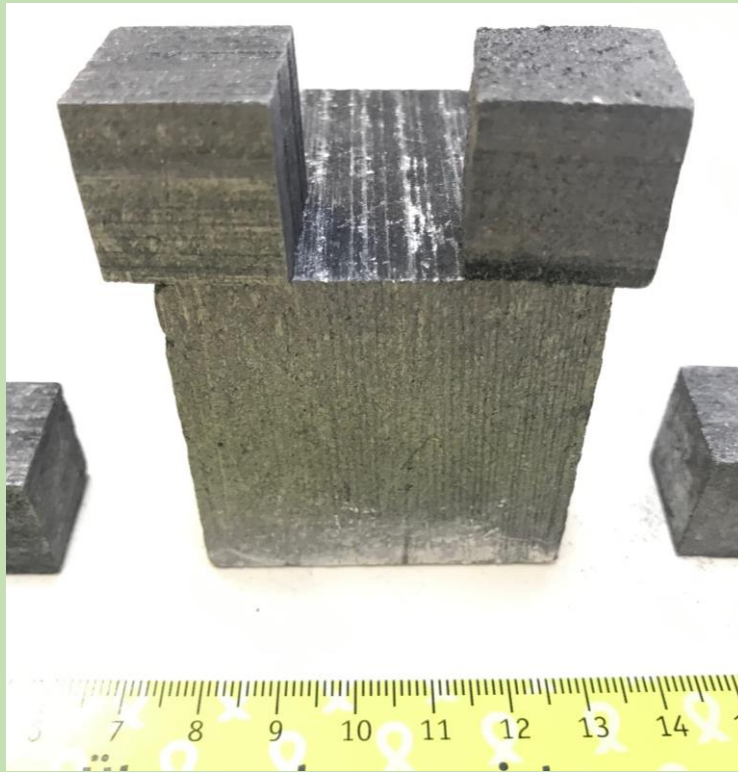
Ergebnisse und Rechengrößen

- δ Temperaturverlauf als Funktion der Versuchsparameter und Wahl und Geometrie der Suszeptoren
- η Thermischer Wirkungsgrad
- R' Maß der magnetischen Einkopplung



Suszeptoren

oxidativ



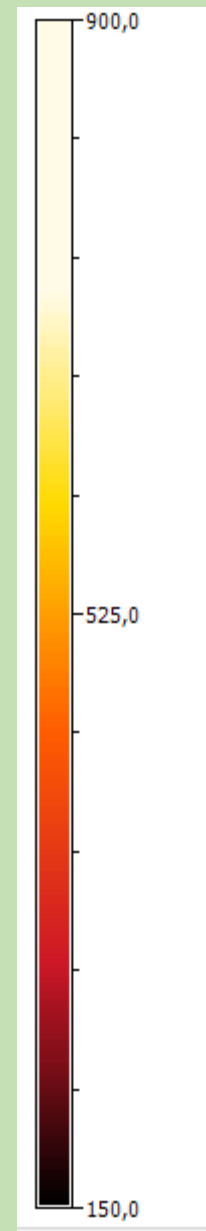
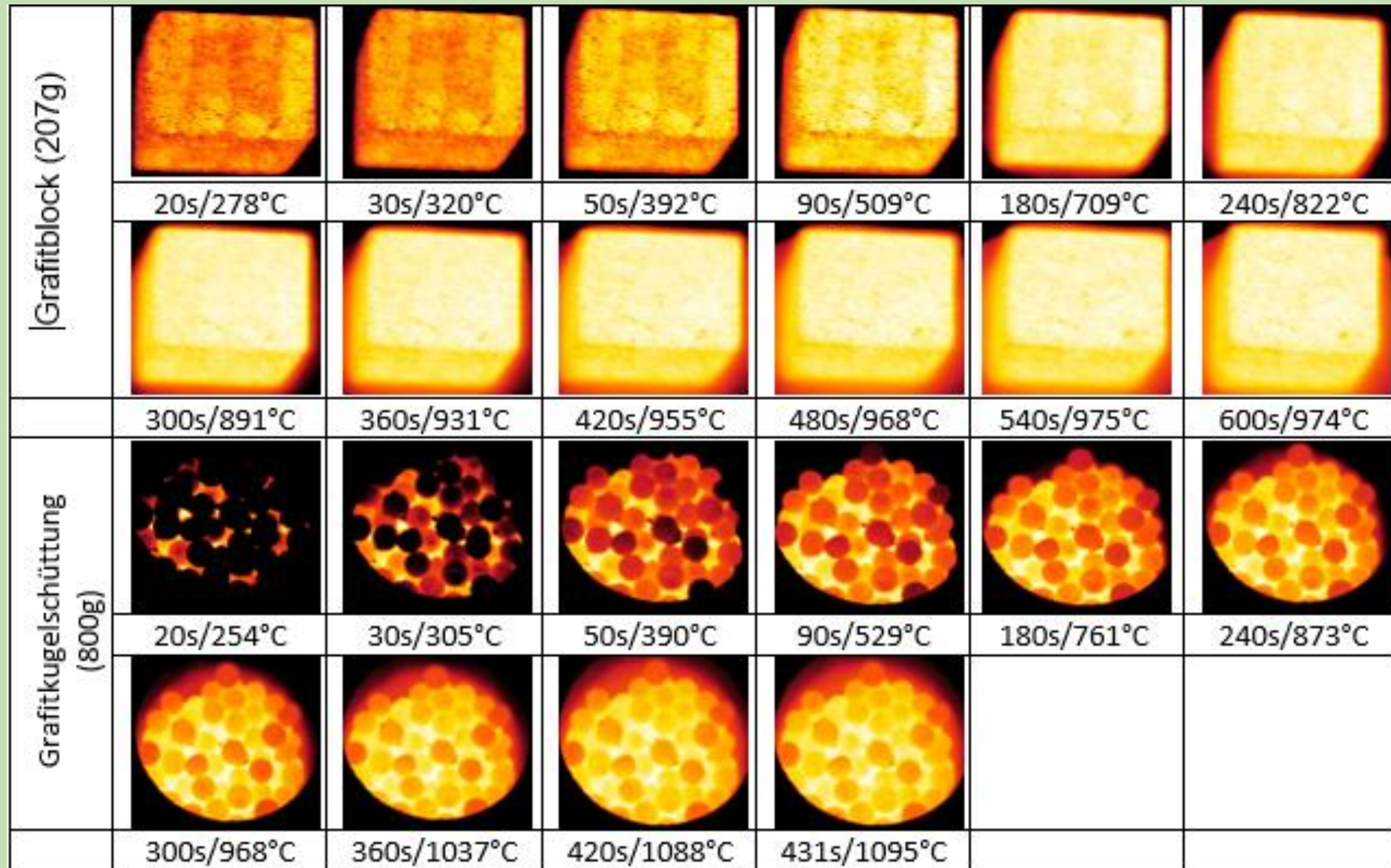
Suszeptoren

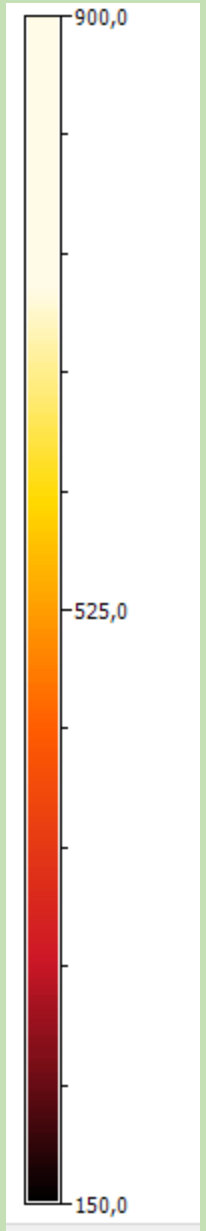
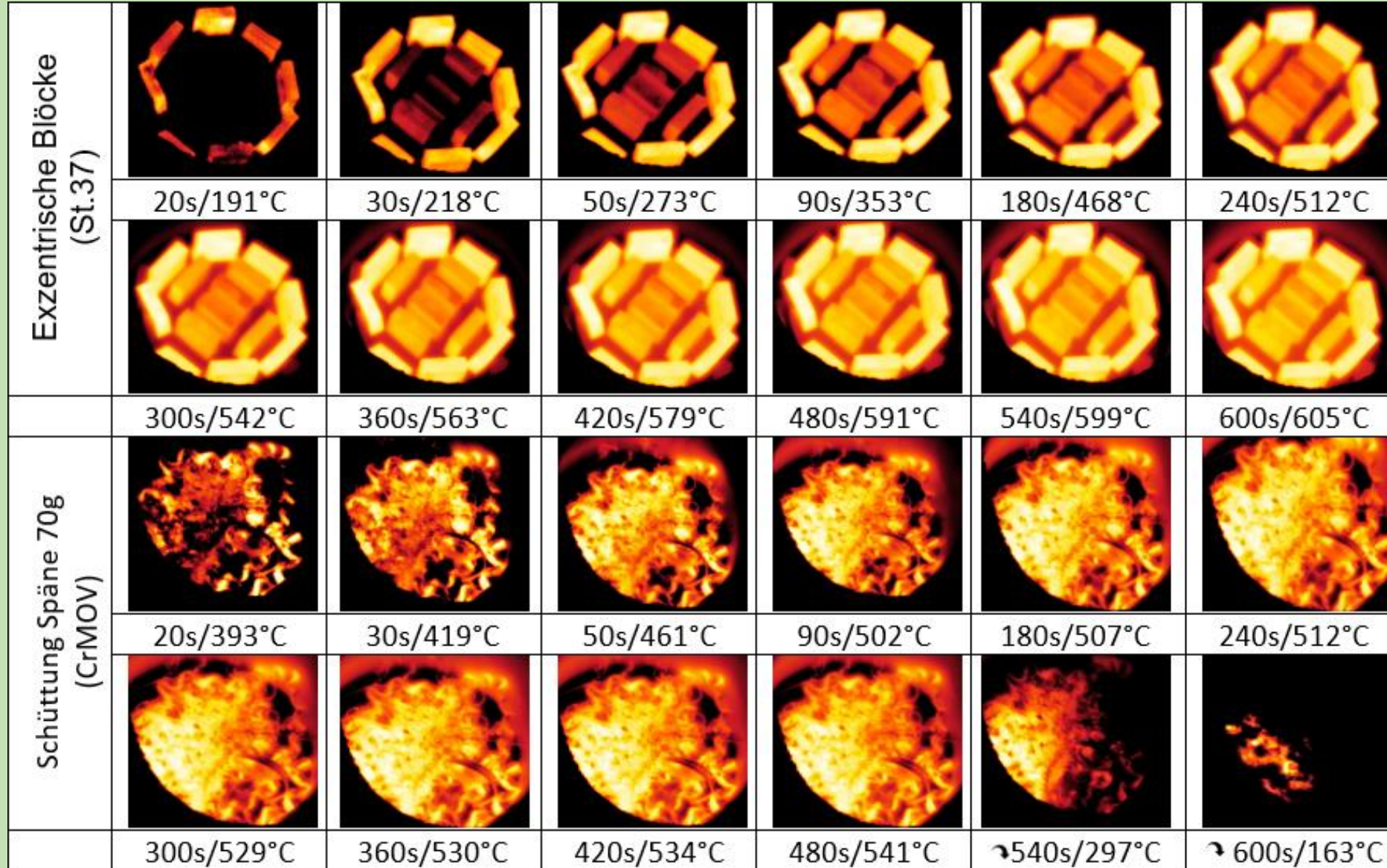
reduktiv

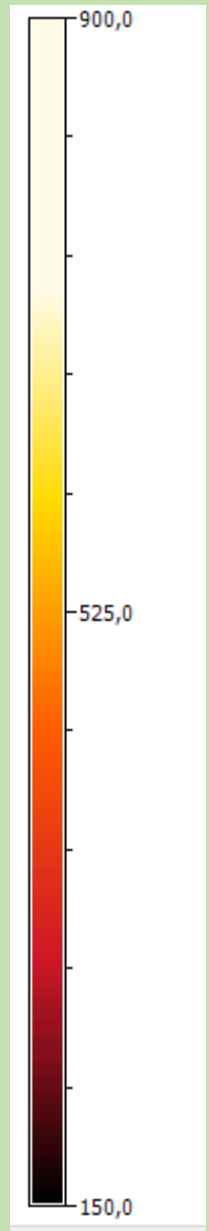
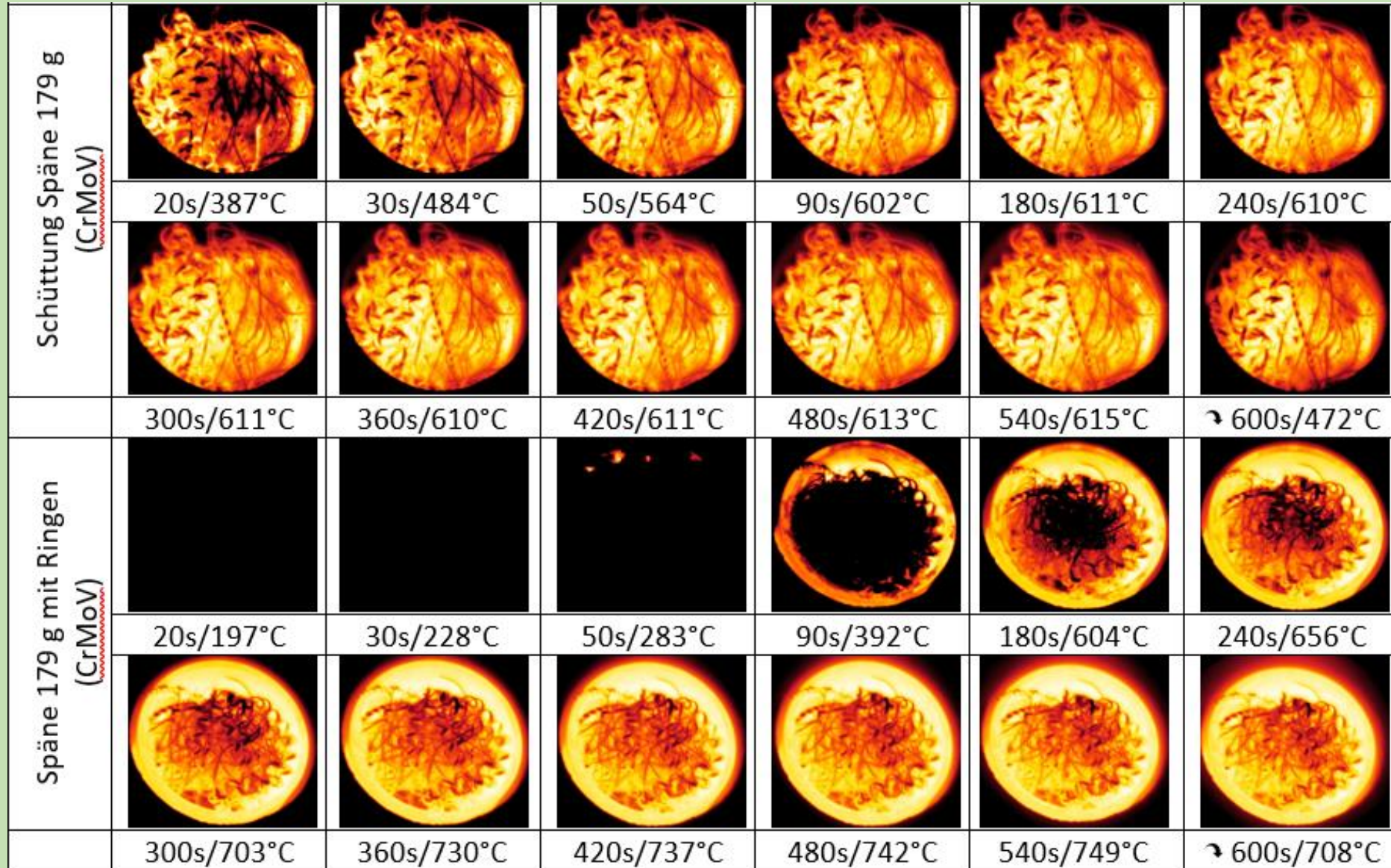


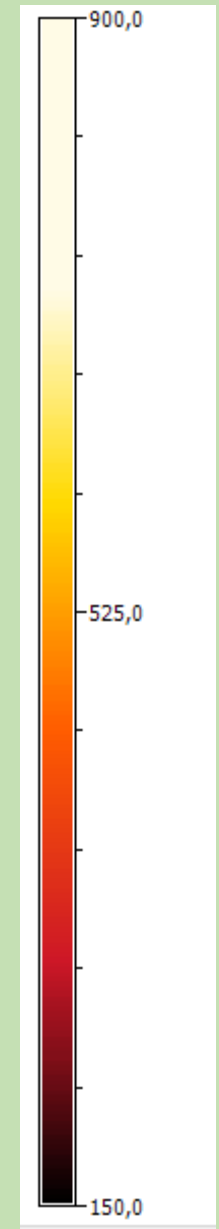
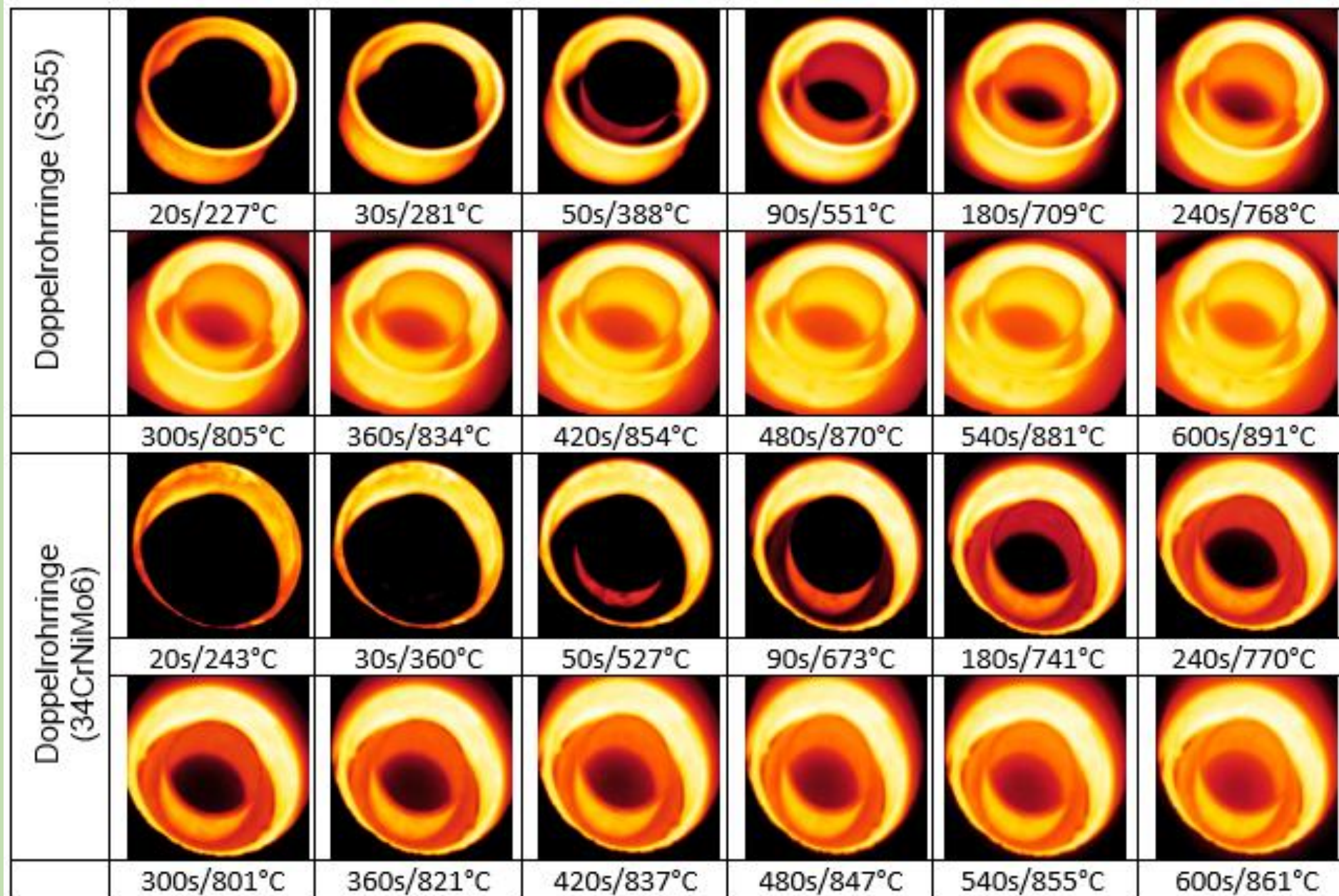
Vom Suszeptor
zum Reaktor







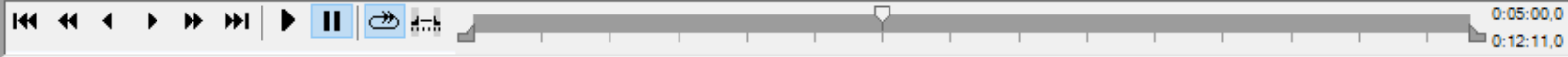
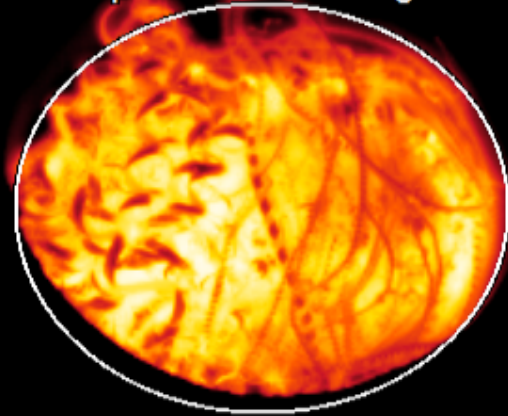




0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360

↑ 613,7°C

Späne CrMoV 179g

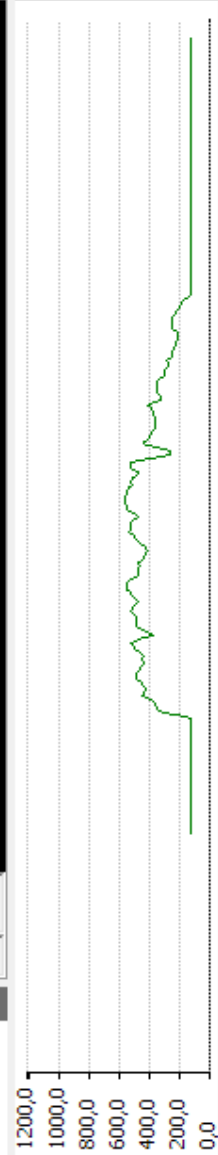


Manuell </> 1σ 3σ OPT

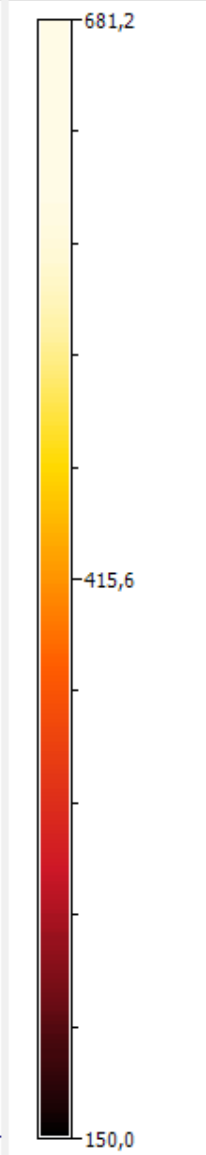
Temperaturprofil (horizontal)



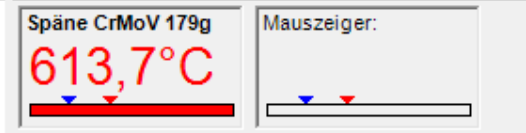
Temperat... ↕ X



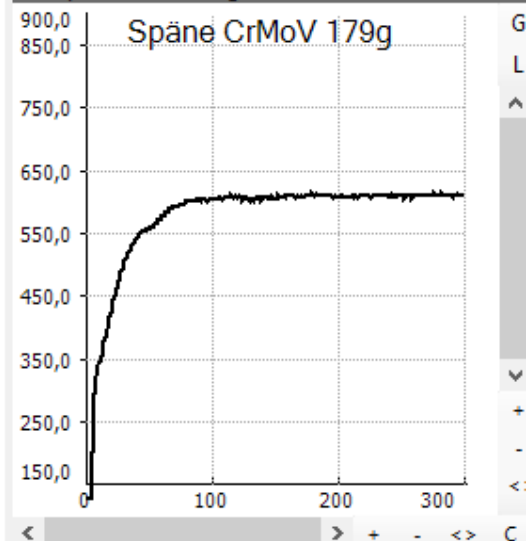
Referenz... ↕ X



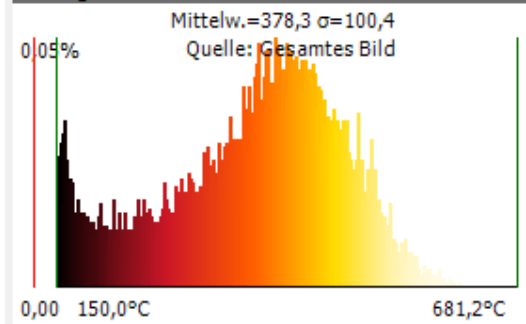
Temperaturen ↕ X



Temperatur-Zeit-Diagramm ↕ X



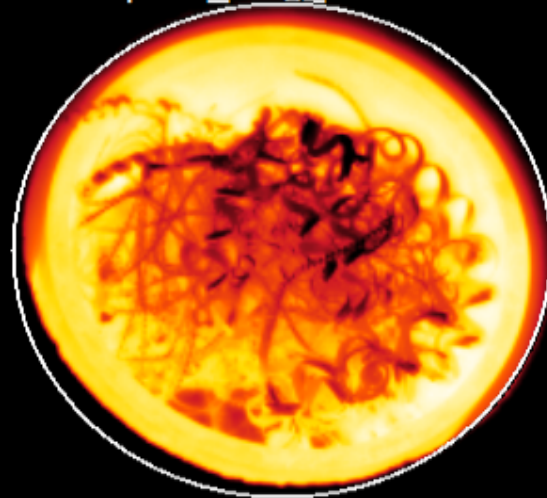
Histogramm ↕ X



0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360

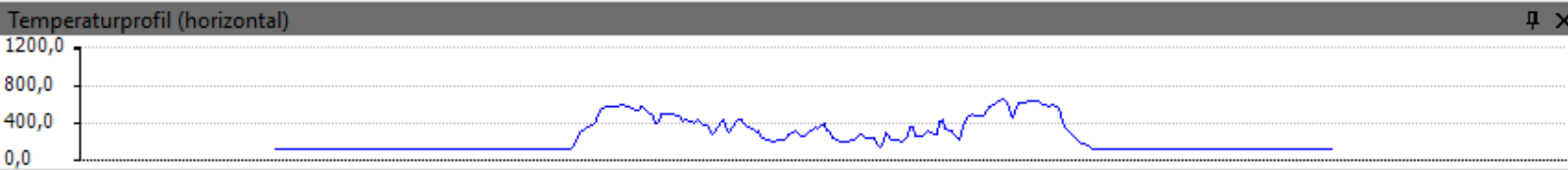
↑ 671,4°C

Späne_Ring_CrMoV

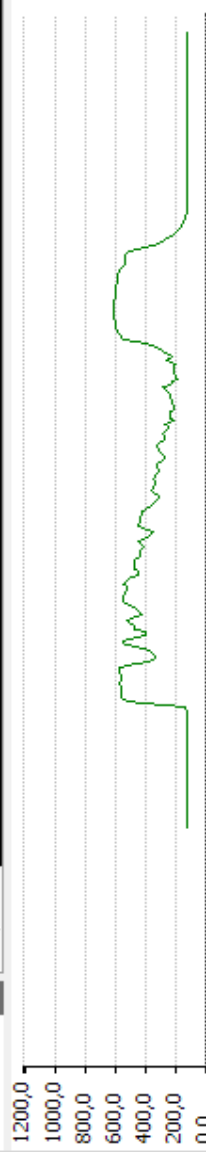


0:05:00.0
0:16:12.0

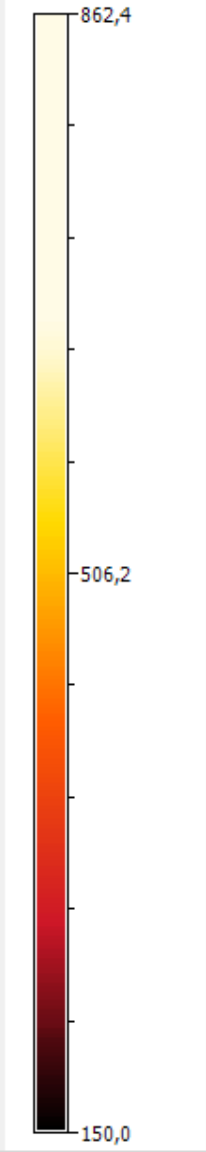
Manuell </> 1σ 3σ OPT



Temperat... X



Referenz... X

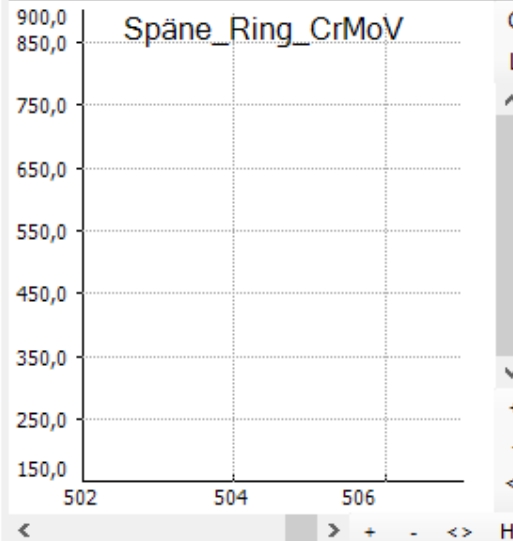


Temperaturen X

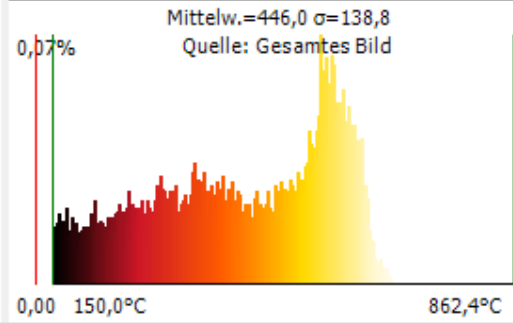
Späne_Ring_CrMoV
671,4°C

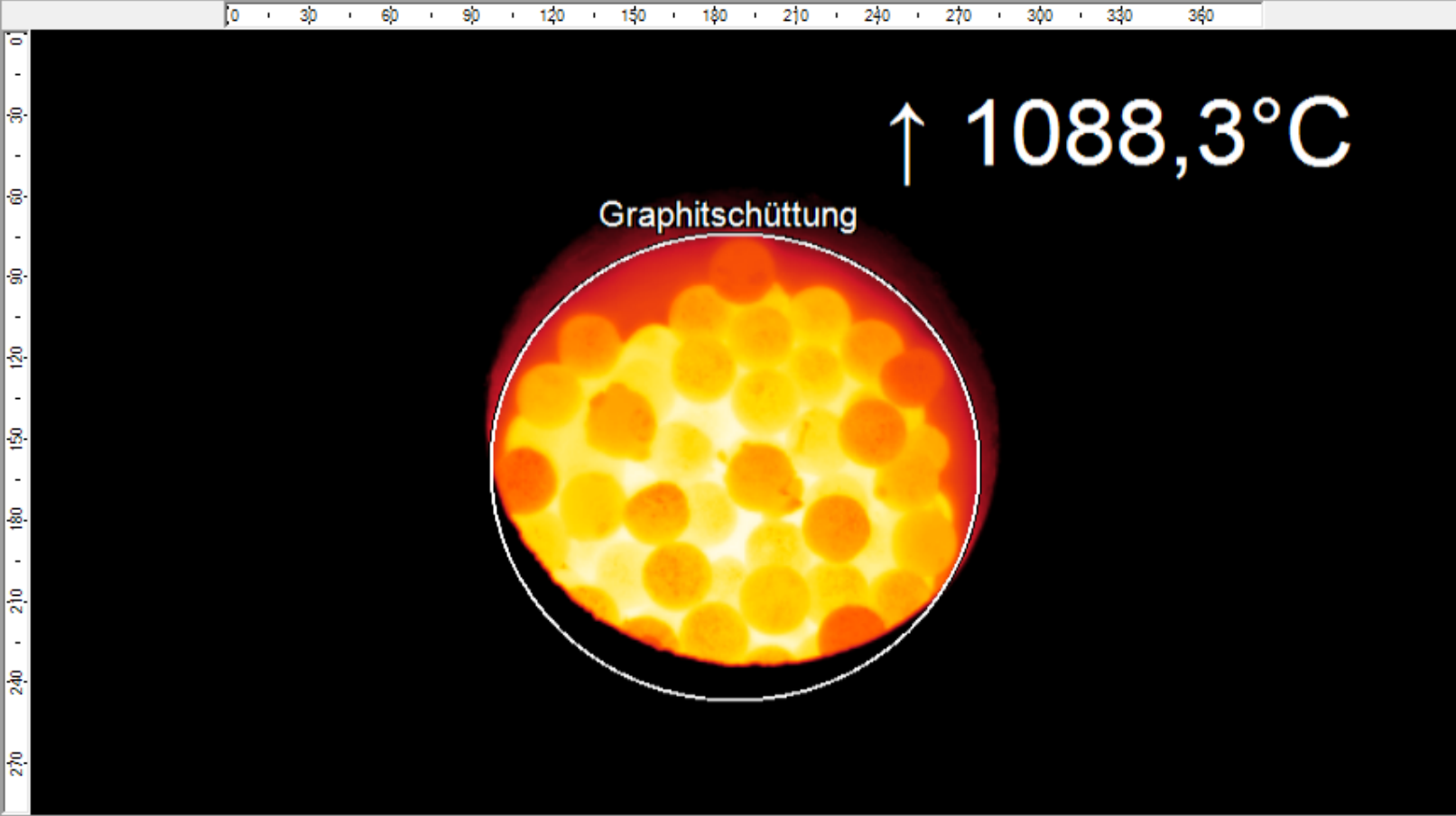
Mauszeiger:

Temperatur-Zeit-Diagramm X



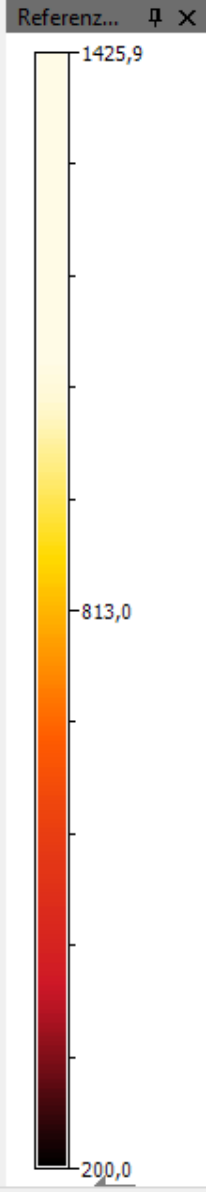
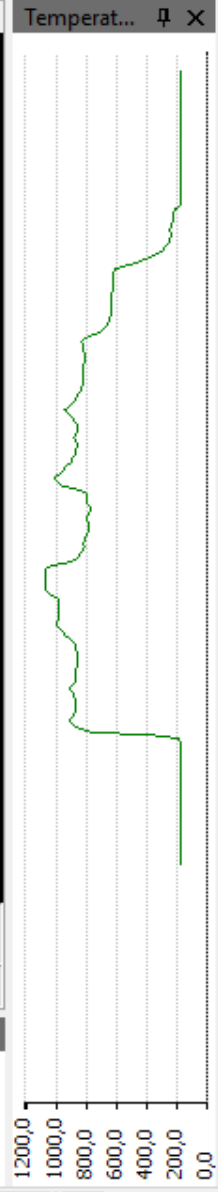
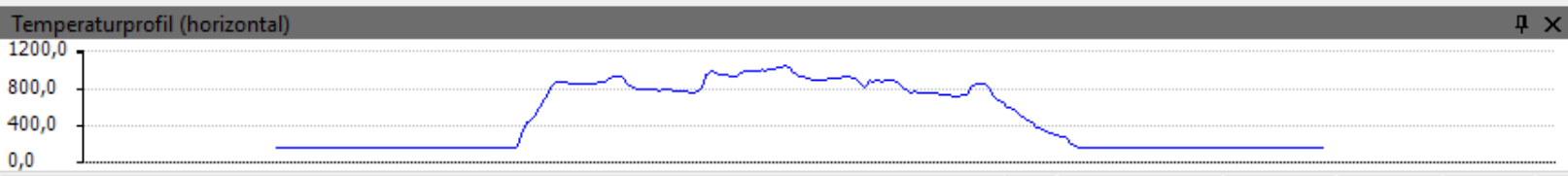
Histogramm X





Manuell </> 1σ 3σ OPT

0:07:00.0
0:07:12.0

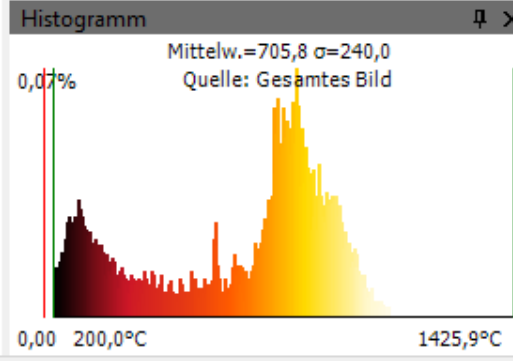
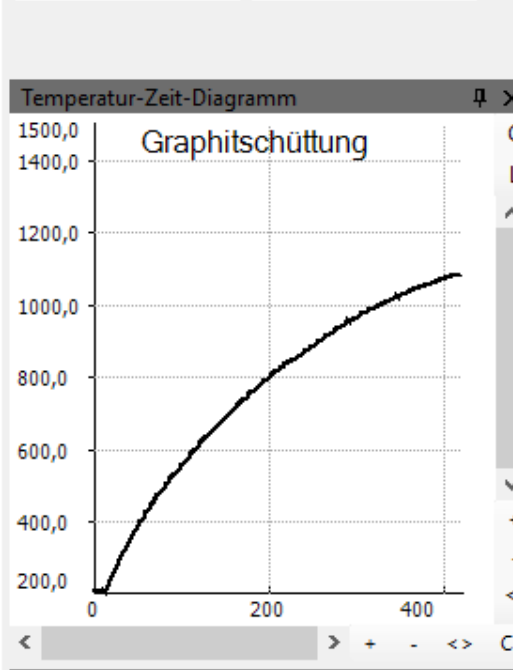


Temperaturen

Graphitschüttung
1088,3°C

Mauszeiger:

The temperature control panel shows the current temperature of the graphite furnace as 1088,3°C. It includes a mouse pointer control.



Aussagen aus den Versuchen mit Schüttungen

CrNiMo Schüttung mit Ring

Grafitkugelschüttung



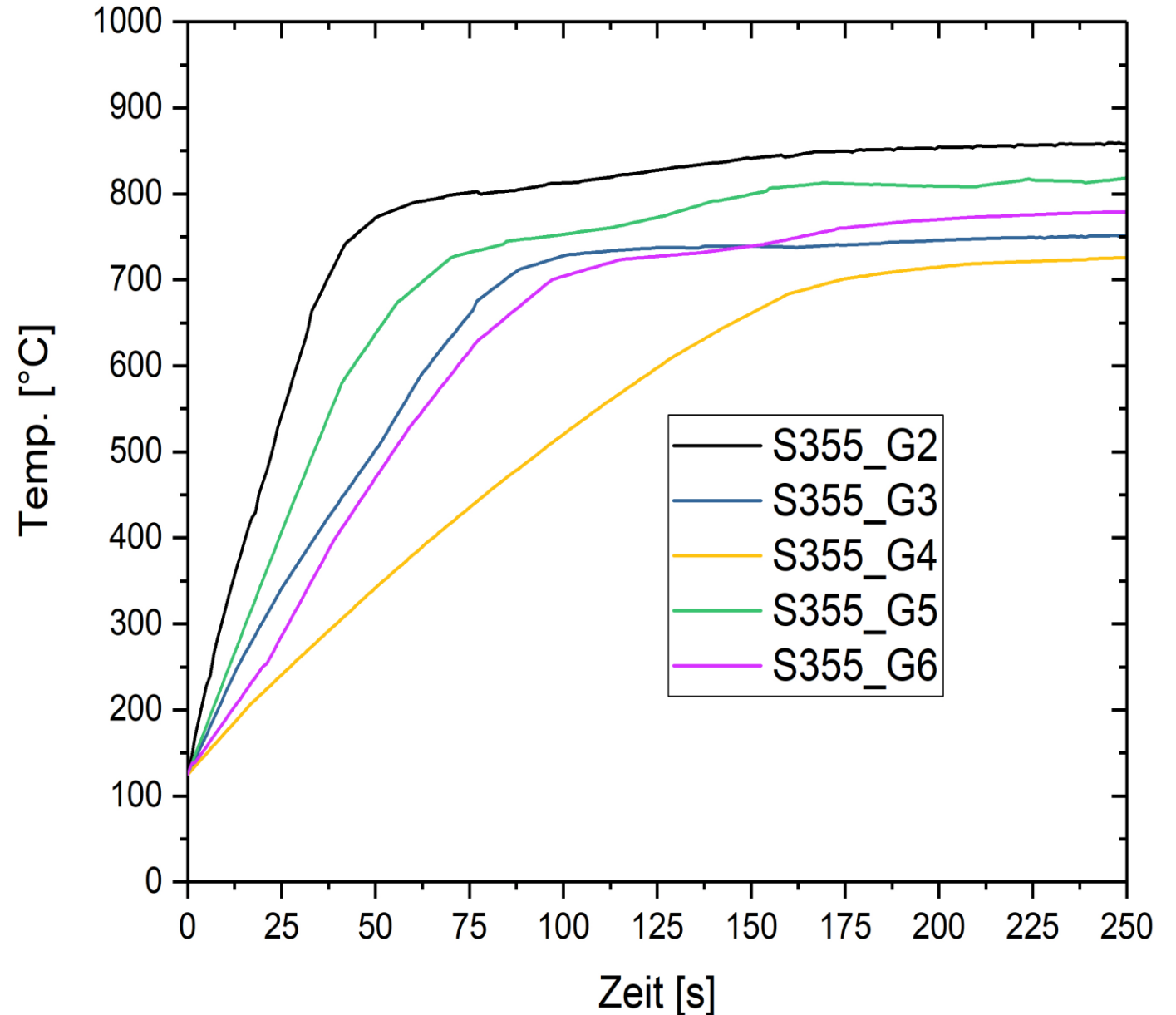
Auswertung Geometrie

- Rohrdurchmesser
- Rohrwandstärke
- Abstand Induktor -
Reaktor

- Frequenz
 - Eindringtiefe
 - Skinneffekt

- Materialwahl
 - Spez. elektr. Widerstand
 - Curietemperatur
 - Permeabilität / Remanenz

Erwärmungskurve S355 Rohre

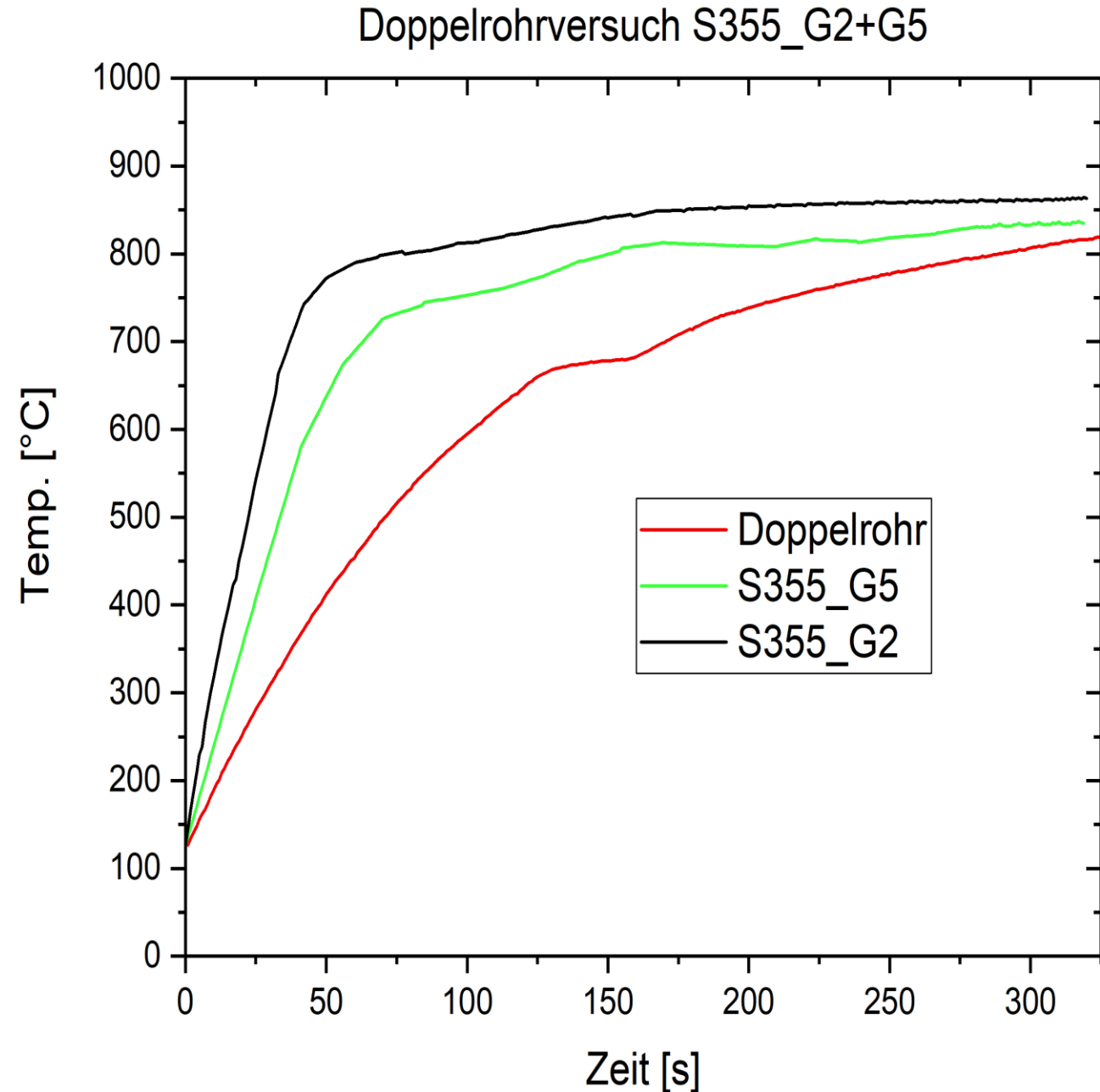


Doppelrohrreaktor

- Kontinuierliche Ringspaltströmung
- Isolierung durch Reaktionsmasse
- Parallelschaltung der magn. Widerstände

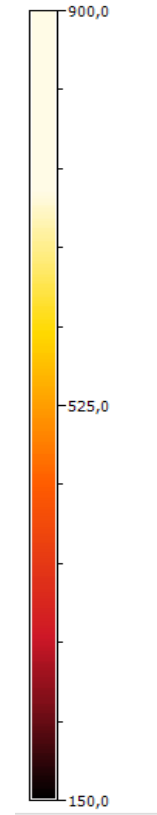
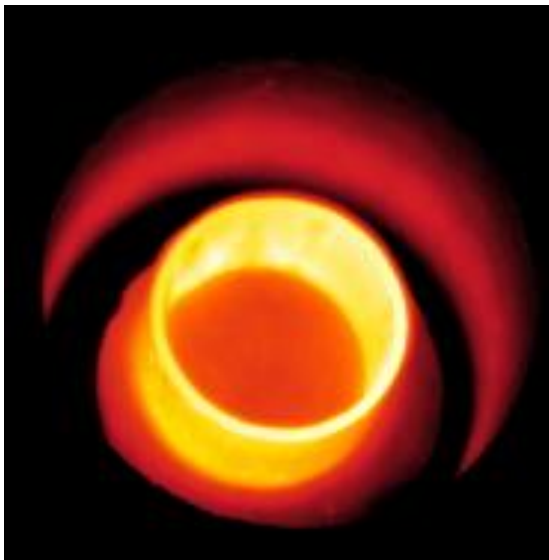
Optimierung:

- Doppelfrequenzverfahren

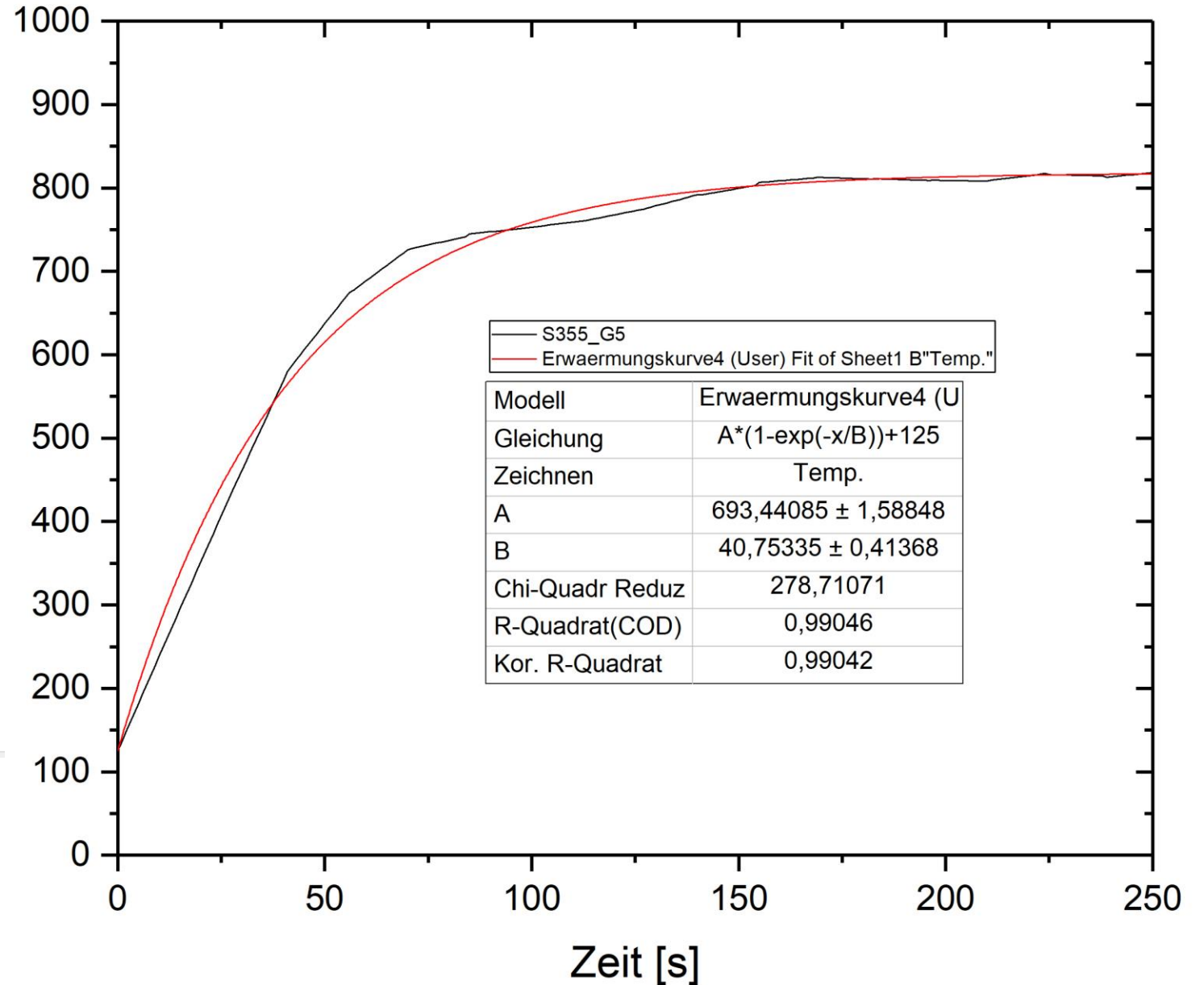


Mathematische Auswertung

- Grafische Darstellung
- Mathematische Lösung
- Grafische Auswertung

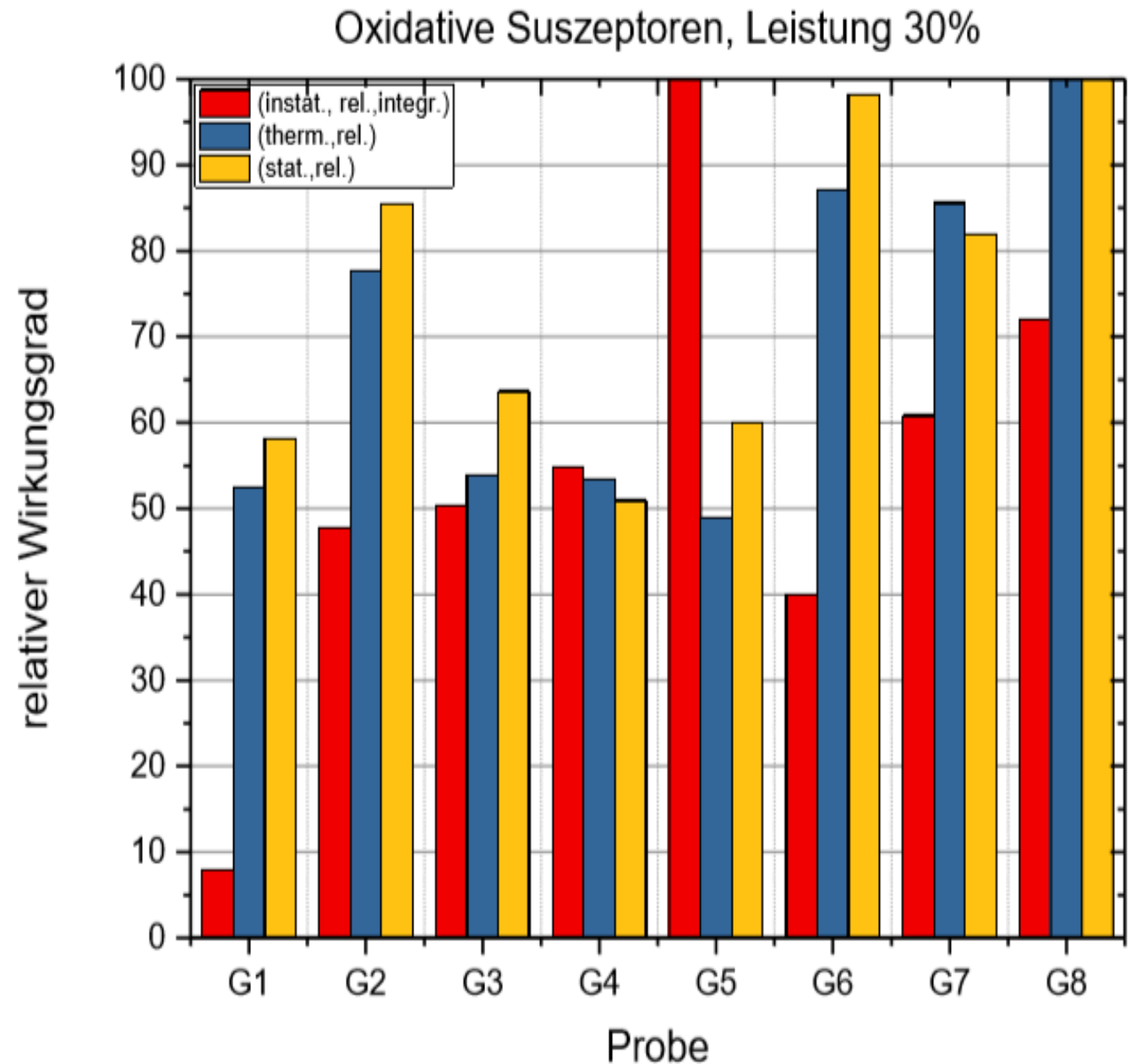


Erwärmungskurve S355_G5



Mathematische Auswertung

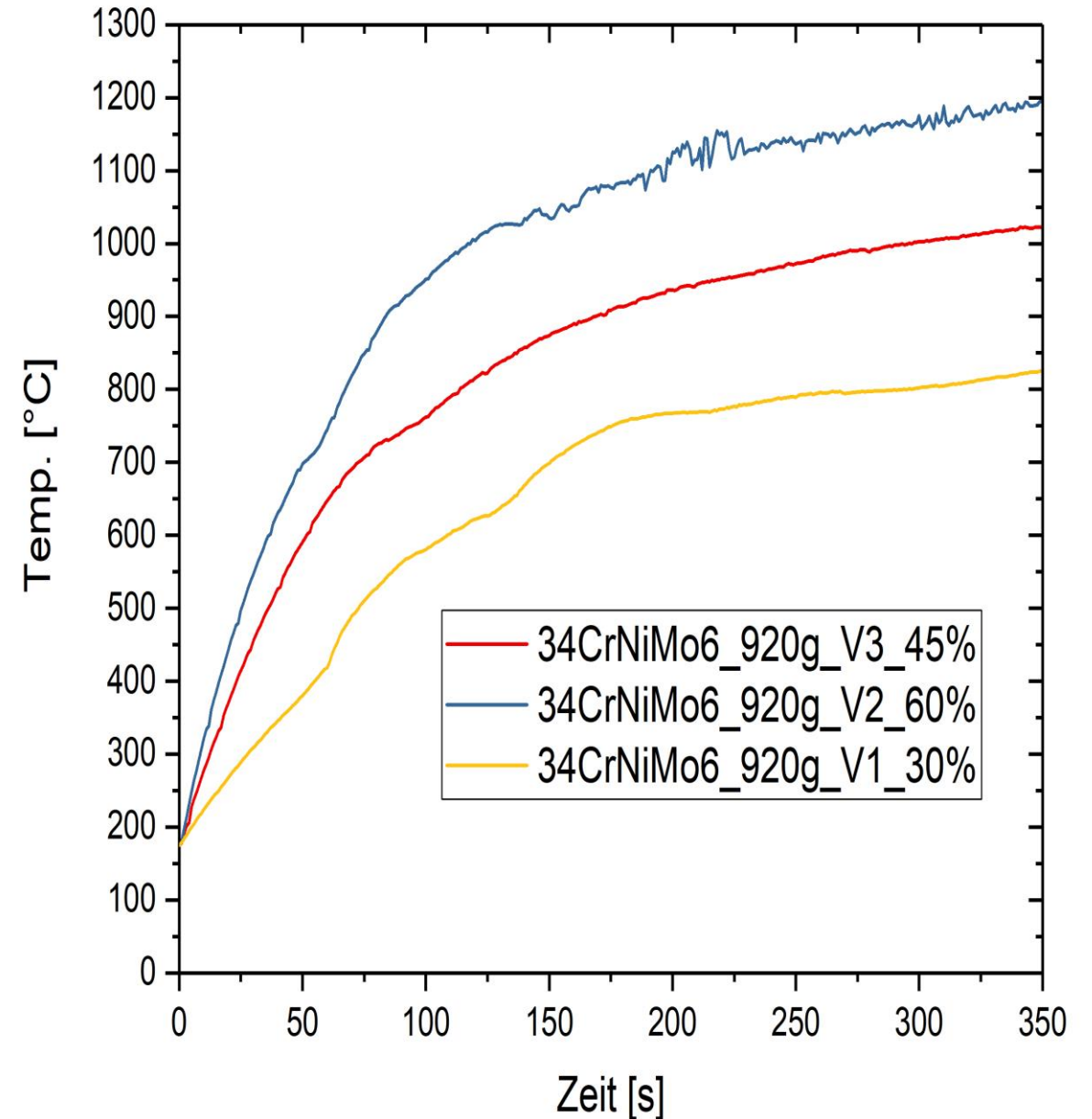
- Mathematische Lösung
 - Instationäre Bereich Bilanzrahmen I
 - Stationärer Bereich Bilanzrahmen II (Beharrungszustand)
 - Kupferverluste
 - Wärmeleitung (Kühlkreislauf)
 - Wärmestrahlung
 - (Konvektion)
- Grafische Gegenüberstellung



Aussagen aus den Effizienzbetrachtungen

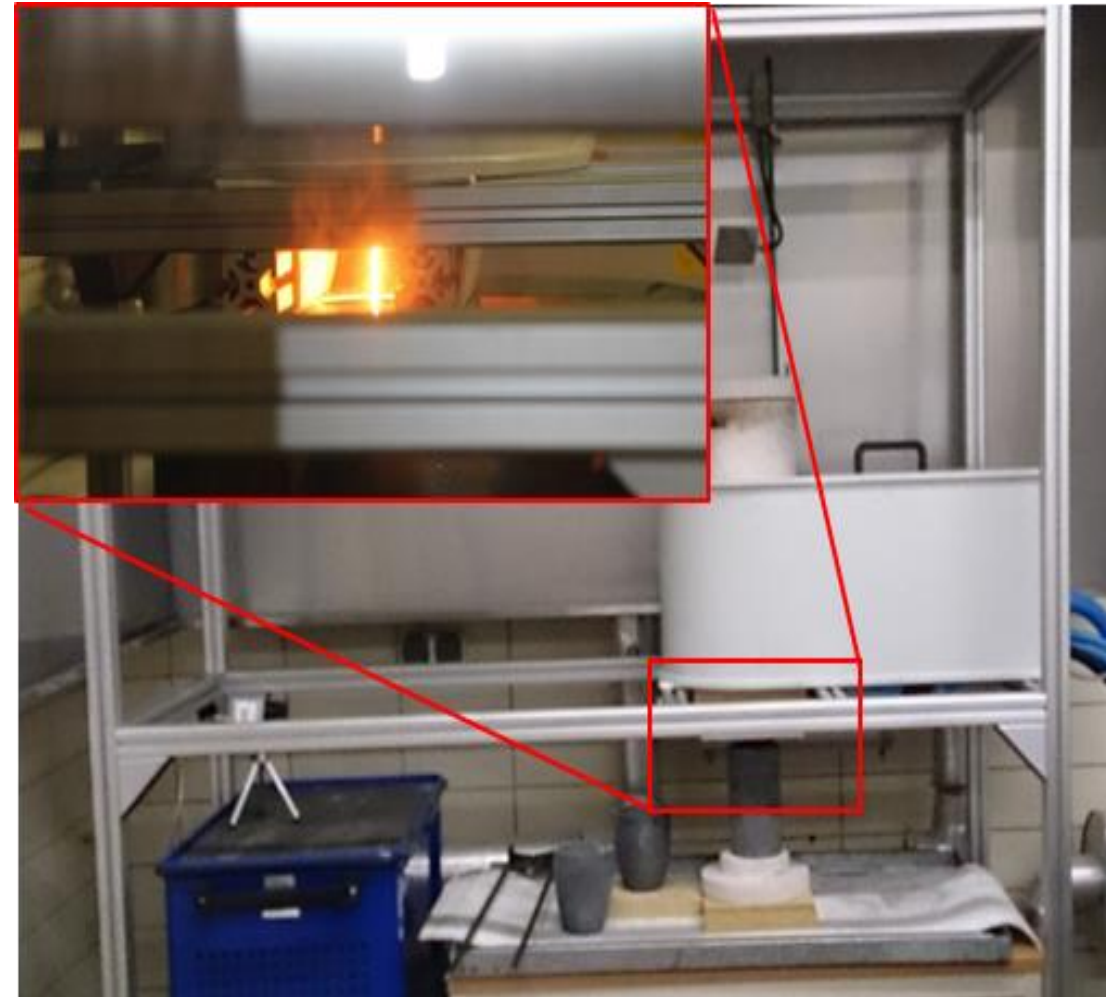
- Geometrische Ähnlichkeit zwischen Induktor und Reaktor
- Geringe Wandstärken bei Frequenzen > 10 kHz
- Erwärmungsgeschwindigkeit ist proportional zur Leistung
- Sehr hohe Leistungsdichte (30.000 W/cm^2)
- Erwärmungsgeschw.: $14,4 \text{ K/s}$ (60%)

Erwärmungskurven mit Variation der Leistung



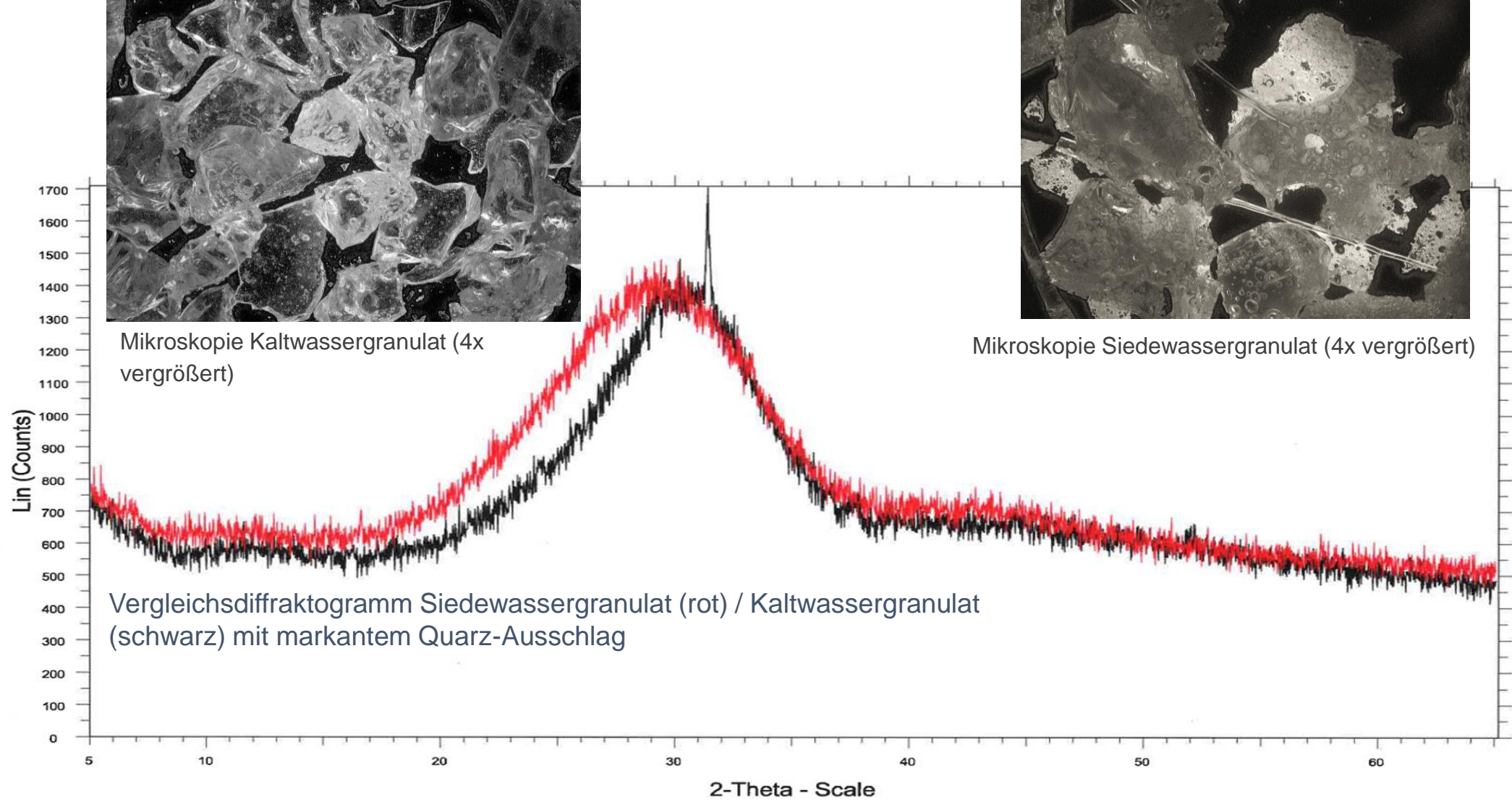


Granulation



Quelle: Moll S., Kemmer A., Diplomarbeit: Selektive Erwärmung mittels Induktionsofen Siedewassergranulation, S26,30 (2014)

Siedewassergranulation von HOS und ZOS



Quelle: Moll S., Kemmer A., Diplomarbeit: Selektive Erwärmung mittels Induktionsofen Siedewassergranulation, S32,30 (2014)

Siedewassergranulation von HOS und ZOS



Energieforschungsgespräche Disentis 2019



Herzlichen DANK für Ihre
Aufmerksamkeit