

Effizienzmaßnahmen in Thermoprozessanlagen und Trocknungsprozessen

*Für die Vortragsreihe der
thüringischen Energie- und GreenTech Agentur*

Dekarbonisierung von Trocknungsprozessen

am 16.05.2024

Therm-Process-Consulting,

Dr.-Ing. Jens Strack

Halsbrücker Str. 34

09599 Freiberg,

Telefon: 03731 / 773 13 25

Mobil: 0173 / 372 33 63

Email: strack@thermpro.de



Therm-Process-Consulting

Ingenieurbüro für Prozessanalyse, Anlagenoptimierung und Energieberatung

Kompetenzen:

- + Ingenieure der Thermoprozesstechnik und Maschinenbaus
- + Six Sigma Black Belts
- + zertifizierter Gewerbe-Energieberater für die sächs. Energieagentur SAENA
- + KfW / BAFA – Berater, für Energieeinsparkonzepte zugelassen
- + Auditor für Energiemanagementsysteme (SpaEfV, DIN 16.247, ISO 50.001)
- + Ihre Energie- und Prozessspezialisten seit 2012

Leistungen:

1. Allgemeine Energieberatung (Industrie + Gewerbe)
2. **Energetische Konzeptentwicklung**
3. **Prozessoptimierungen (u.a. Six Sigma)**
4. Betriebliche Messungen (Temperatur, Strömung, Strom, Energieverbraucher, uvm.)
5. **Ofenanalysen**
6. Energieeinsparkonzepte für die Beantragung von Fördermitteln (z.B. Modul 4, BAFA; Kredit 295 KfW; RL Energie 2023, SAB)
7. Erstellen von Energiemanagementsystemen (ISO 50.001)

Prozess vorgelagert

- Wegfall von Prozessstufen
- Ersatz energieintensiver Prozesse
- Vortrocknung
- Einsatz von Abwärme

Prozessbegleitend

- Verminderung des Ausschusses
- Transparente Prozessgestaltung für Anlagenfahrer (Prozessführung)
- Optimierung von Steuerung und Regelung
- (Verringerung der Energiekosten)

Prozesseingreifend

- Optimierung der Verfahrensparameter
- Reduzierung der Ausfahrverluste
- Reduzierung von Falschluff
- Verringerung der Temperatur
- Verbrennungsluftvorwärmung
- Reduzierung der Wandverluste
- Erhöhung des Durchsatzes
- Vorwärmen der Trocknungsluft
- Neue Regelungsansätze, zb. Regelung nach Zielfeuchte

Prozess nachgelagert

- Abwärmenutzung



Prozess vorgelagert

- Wegfall von Prozessstufen
- Ersatz energieintensiver Prozesse
- **Vortrocknung**
- **Einsatz von Abwärme**

Prozessbegleitend

- Verminderung des Ausschusses
- **Transparente Prozessgestaltung für Anlagenfahrer (Prozessführung)**
- **Optimierung von Steuerung und Regelung**
- (Verringerung der Energiekosten)

Prozesseingreifend

- **Optimierung der Verfahrensparameter**
- Reduzierung der Ausfahrverluste
- Reduzierung von Falschluff
- **Verringerung der Temperatur**
- Verbrennungsluftvorwärmung
- Reduzierung der Wandverluste
- **Erhöhung des Durchsatzes**
- **Vorwärmen der Trocknungsluft**
- **Neue Regelungsansätze, zb. Regelung nach Zielfeuchte**

Prozess nachgelagert

- **Abwärmenutzung**

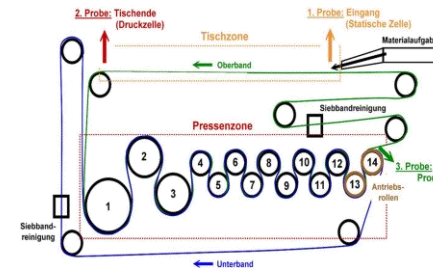


Feuchtigkeit, die schon vor dem Prozess entfernt werden kann, bedarf keinem Energieeinsatz zur Trocknung mehr.

Beispiele:



Schleudern vor dem Wäschetrocknen



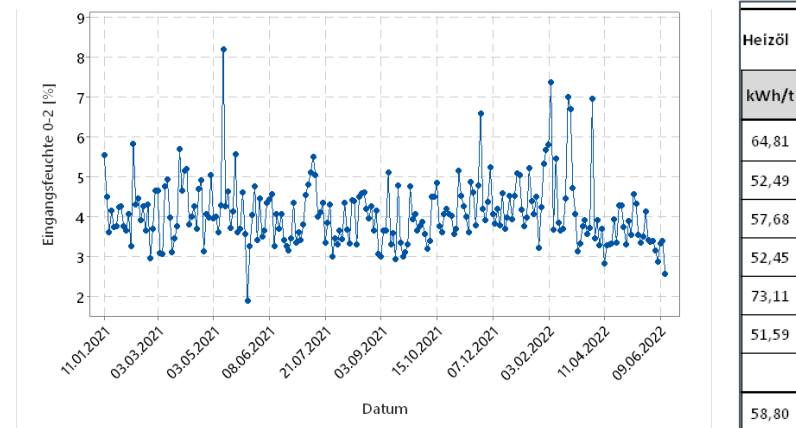
Pressen vor der Schlamm-trocknung

Technologieauswahl



Lagern vor dem Sand-trocknen

Prozessoptimierung

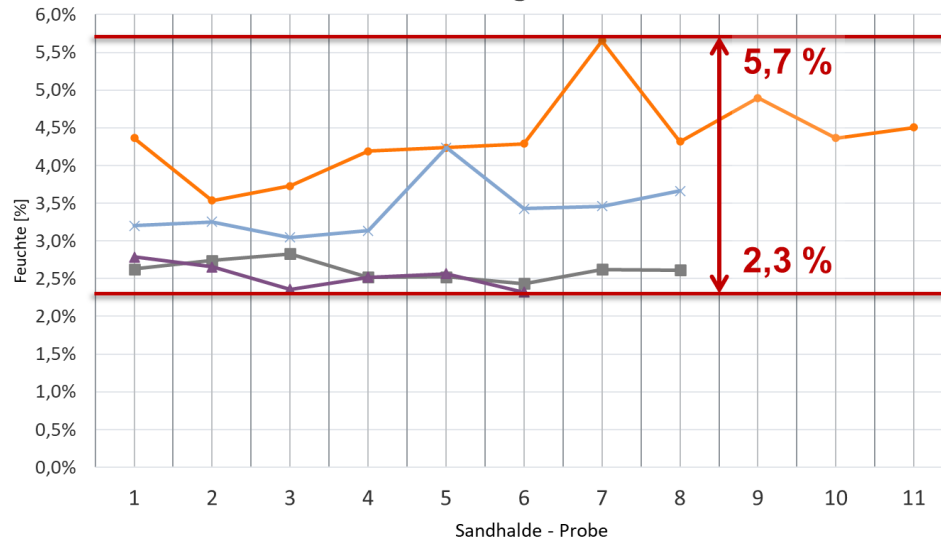


Schwankungen analysieren, Maximalwerte eliminieren

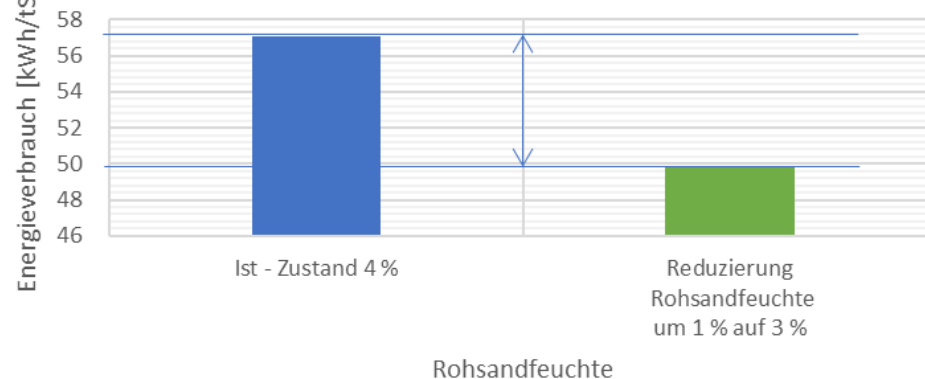


Vortrocknung – Reduzierung der Feuchte des Trocknungsgutes

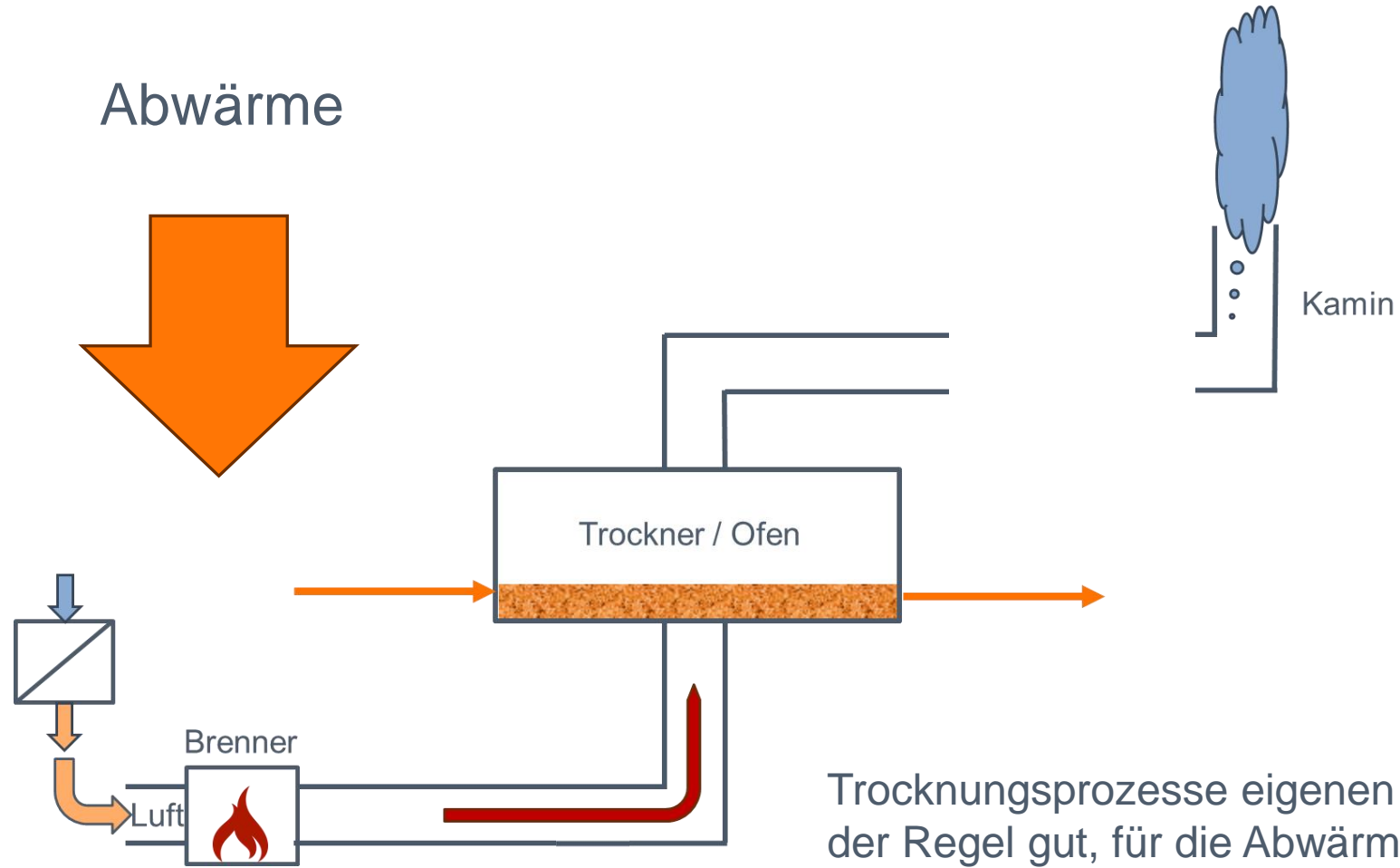
Feuchtemessung Sandhalde



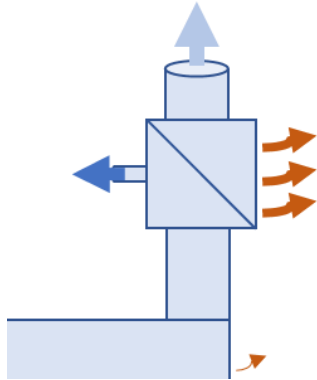
benötigte Trocknungsenergie durch Reduzierung der Rohsandfeuchte um 1% (Wärmebilanzrechnung)



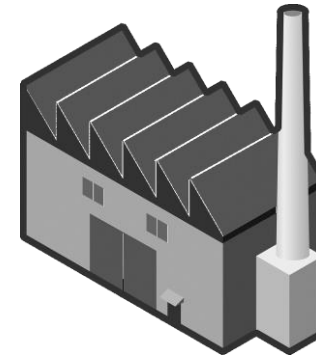
		IST-Fall	1 % trockeneres Roh-Material
Einsparung Wärme zu IST			12,6%
Material	t/h	30,00	30,00
Feuchte Ein	%	4	3
Feuchte aus	%	0,1	0,1
Feuchte zu verdunsten		3,9%	2,9%
Material Erwärmung	kg/h	28.800	29.100
Wasser Erwärmung	kg/h	29	29
Wasser Verdunstung	kg/h	1.171	871
Materialvorwärmung um x K	K	0	0
Material Temp ein	°C	10	10
Material Temp ein nach WT	°C	10	10
Material Temp aus	°C	85	85
Delta T Material / Wasser	K	75	75
Tmittel Material / Wasser	°C	47,5	47,5
Frischluf Menge	m³/h	13.000	13.000
Luftvorwärmung um x K	K	45	45
Frischluf Temp. Ein	°C	10	10
Frischluf Temp. Ein	°C	55	55
Frischluf Temp aus	°C	85	85
Delta T Frischluft	K	30	30
Tmittel Frischluft	°C	47,5	47,5
Temp. Verlust im Abgas	K	13	13
Frischluf min.	m³/h		
Anteil Frischluft über min	%	0%	0%
Falschluf Menge	m³/h	10.000	10.000
Falschluf Temp ein	°C	13	13
Falschluf Temp aus	°C	85	85
Delta T Abgas	K	72	72
Tmittel Abgas	°C	49	49
Wärmebedarf Material	kWh/h	450	455
Wärmebedarf Wasser warm	kWh/h	2,5	2,5
Wärmebed. Verdunst bis 100°C	kWh/h	122	91
Wärmebed. Verdunstung	kWh/h	734	546
Wärmebedarf Trocknung	kWh/h	856	637
Anteil Erwärmen von Verdunst	kWh/h	14%	14%
Wärmebed. Frischluft	kWh/h	141	141
Wärmebedarf Frischl min.	kWh/h		
Wärmebedarf Falschluf	kWh/h	261	261
Wärmebedarf Gesamt	kWh/h	1712	1497
Einsparung Wärme zu IST			13%



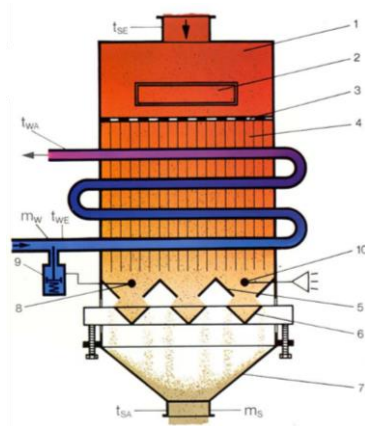
Aus Prozessabluft/ - Abgas



Extern aus Industrie (Leitung)



Aus Produktstrom (z.B. Sand)



Extern aus Industrie (mobil)



Prozess vorgelagert

- Wegfall von Prozessstufen
- Ersatz energieintensiver Prozesse
- **Einsatz von Abwärme**
- **Vortrocknung**

Prozessbegleitend

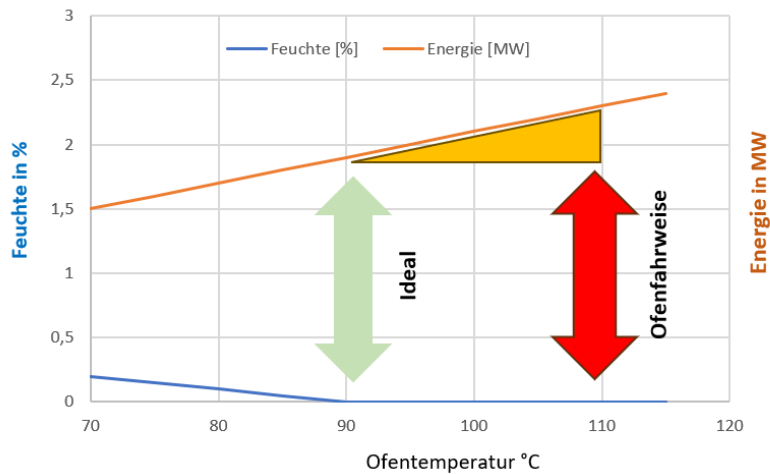
- Verminderung des Ausschusses
- **Transparente Prozessgestaltung für Anlagenfahrer (Prozessführung)**
- **Optimierung von Steuerung und Regelung**
- (Verringerung der Energiekosten)

Prozesseingreifend

- Reduzierung der Ausfahrverluste
- Reduzierung von Falschluff
- **Verringerung der Temperatur**
- Verbrennungsluftvorwärmung
- Reduzierung der Wandverluste
- Erhöhung des Durchsatzes
- **Vorwärmen der Trocknungsluft**
- **Regelung nach Zielfeuchte**
- **Neue Regelungsansätze, z.B.**
- **Optimierung der Verfahrensparameter**

Prozess nachgelagert

- **Abwärmenutzung**



Häufig werden Trocknungsanlagen heißer gefahren als notwendig.

Gründe können vielfältig sein.

(„Schon immer so“, Wintereinstellungen, Brenner nicht regelbar, mangelnde Messtechnik, anderes Material, Regelschwankungen, „Sicherheit“, fehlendes Wissen, fehlendes Personal, ...

Rechnerische Wärmebilanzbetrachtung

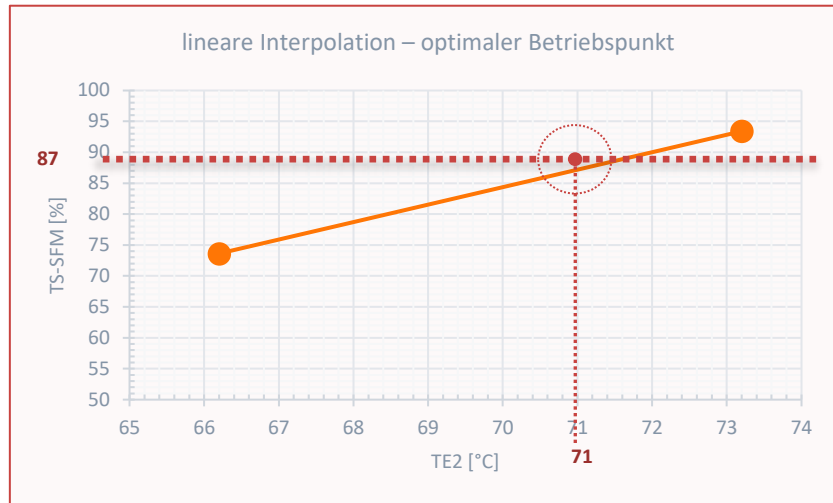
		Einsparpotential				
		IST 95 °C	Regler 87 °C 12.07.2022	Regler 83 °C Feuchte 0,1% z.B. 83 °C	Differenz IST -> 12.07.2022 95 °C - 87 °C	Potential 83 °C, 0,1 % 83 °C
mind. Energie Sanderwärmung	kWh/h	381	334	311	12%	18%
mind. Energie Lufterwärmung	kWh/h	527	472	445	10%	16%
mind. Verdampfungsentalpie	kWh/h	540	534	512	1%	5%
Summe mind. Energieverbrauch	kWh/h	1.448	1.340	1.267	7%	13%

Zu heiße Fahrweise wirkt sich in vielfältiger Weise aus.

- Trocknungsgut
- Trocknungsluft
- Ofenerwärmung
- Wandverluste

Einsparpotentiale können rechnerisch abgeschätzt werden
oder
Im Versuch ermittelt werden





Häufig ist „komplette“ Trocknung nicht notwendig.

Bei Trocknungsprozessen, bei denen es um eine schimmelfreie Lagerung geht, sind 12 % Restfeuchte häufig akzeptiert.

Die Kenntnis der Parameter für die Zielfeuchte:

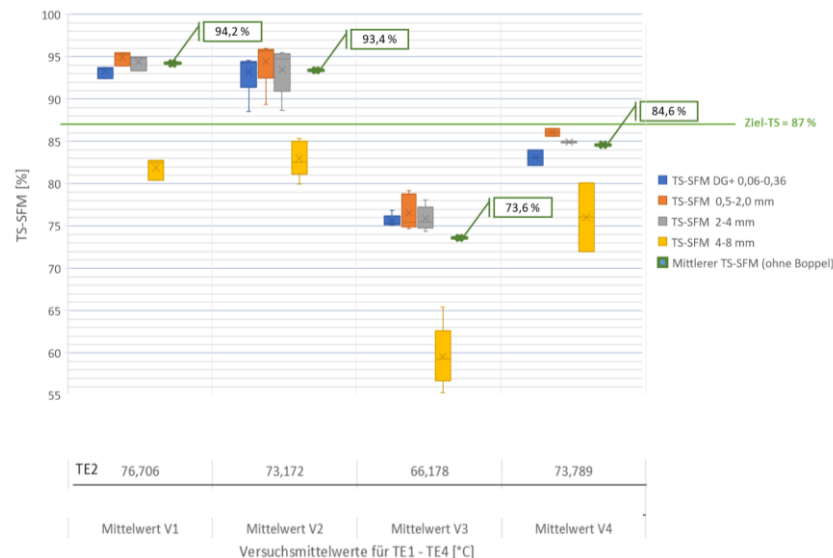
- hilft Energie zu sparen
- spart Rohstoffeinsatz, (wenn nach Gewicht mit Zielfeuchte bezahlt wird.)

Es kann notwendig sein nach Größenfraktion getrennt zu bewerten.

Eine Prozess-gesamtheitliche Betrachtung und Analyse kann Fehlinterpretationen vermeiden.

Lösungsbeispiel:

Ein Sieb für große Bestandteile nach der Anlage kann eine Prozessoptimierung sein.



Beispiel Fließbettrockner

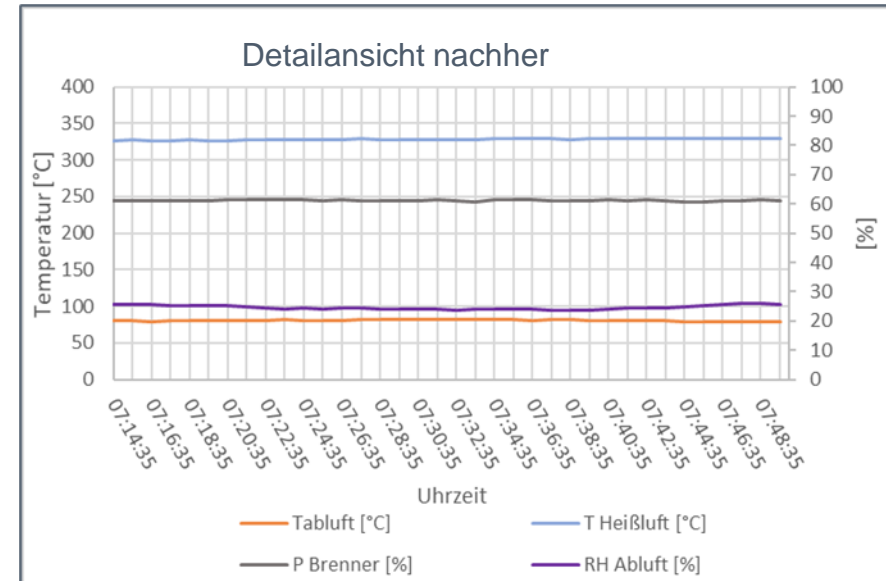
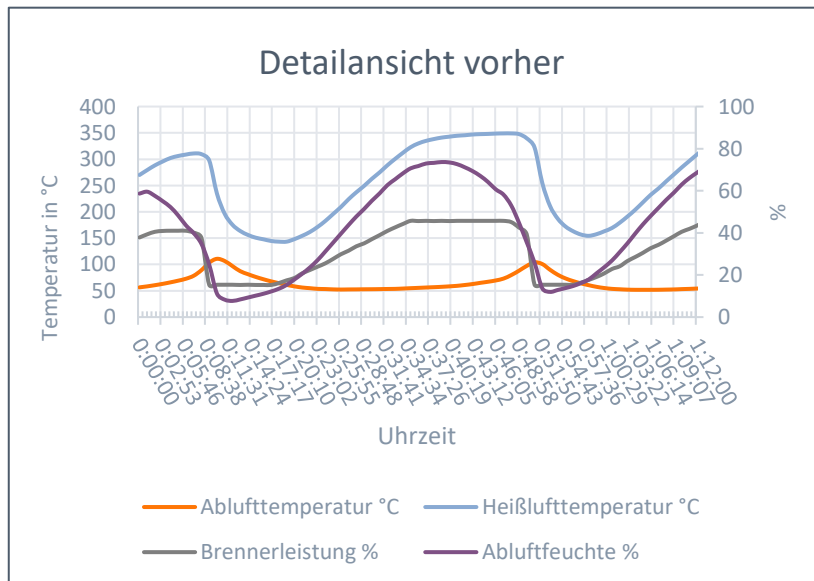
- Trocknung von Filterschlamm zu Granulat als weiterverwendbarer Rohstoff
- Ausgangsfeuchte ca. 76%, tatsächliche Feuchte 0 %, Zielfeuchte 13%,

Ausgangssituation

- Schwingendes Regelverhalten Trockner
- Ursache unklar
- Erfolgreiche "Trial and Error" - Versuche des Anlagenpersonals
- tatsächliche Feuchte 0 %

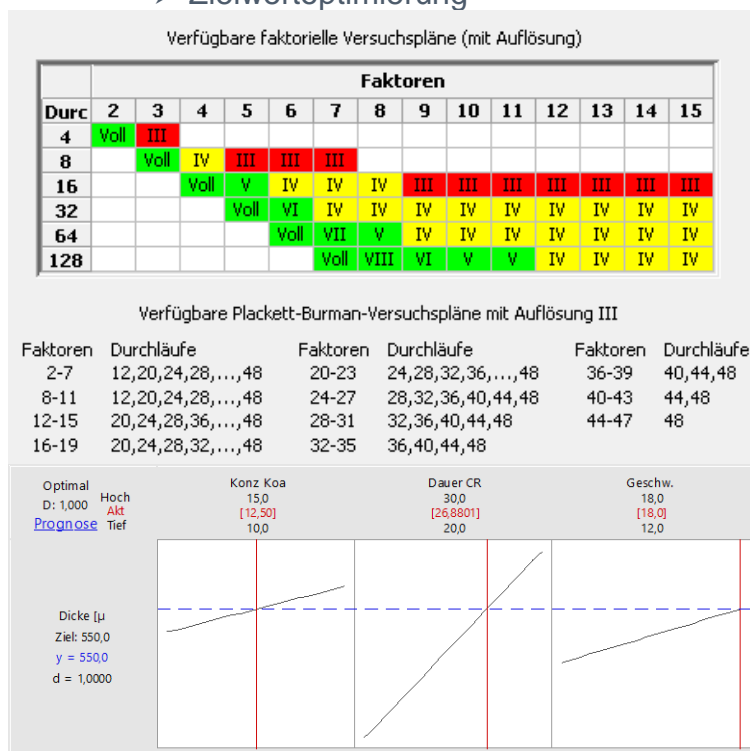
Neue Regelungsansätze

- Regelung nach neuen Messgrößen z.B. Ablufttemperatur vs. Gutbetttemperatur
- Optimierung des Regelverhaltens
- Implementierung produktspezifischer Regler Einstellungen
- Zielfeuchte Einstellungen sind erreichbar

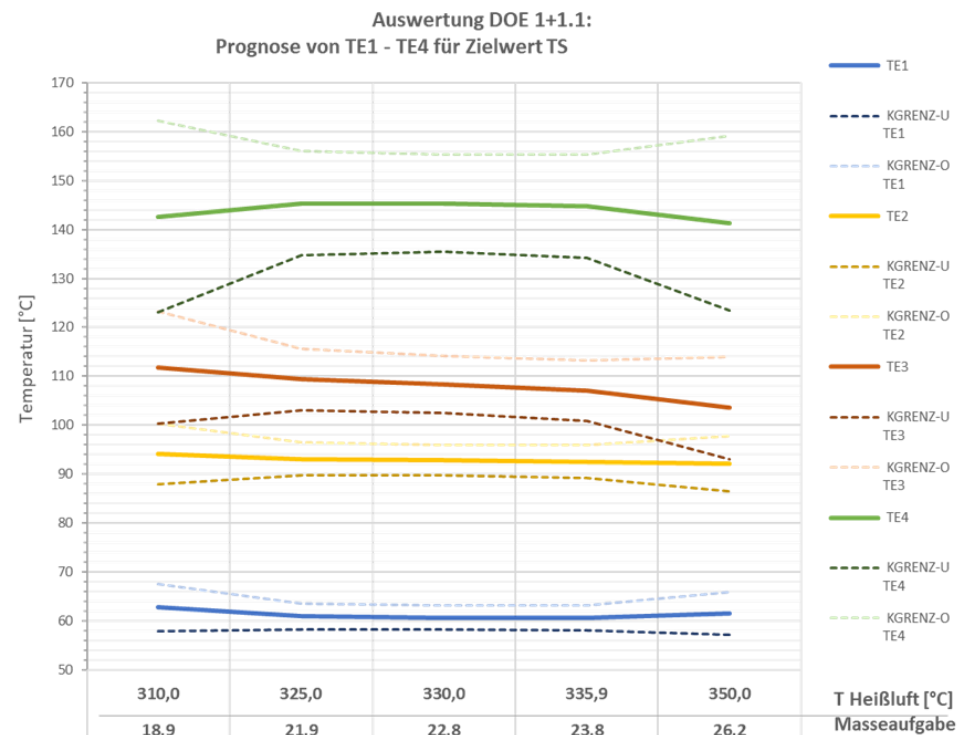


Statistische Versuchsplanung

- Design of Experiments
 - Reduzierung der Anzahl an Versuchen
 - Reduziert Kosten- und Aufwand
 - Zielwertoptimierung

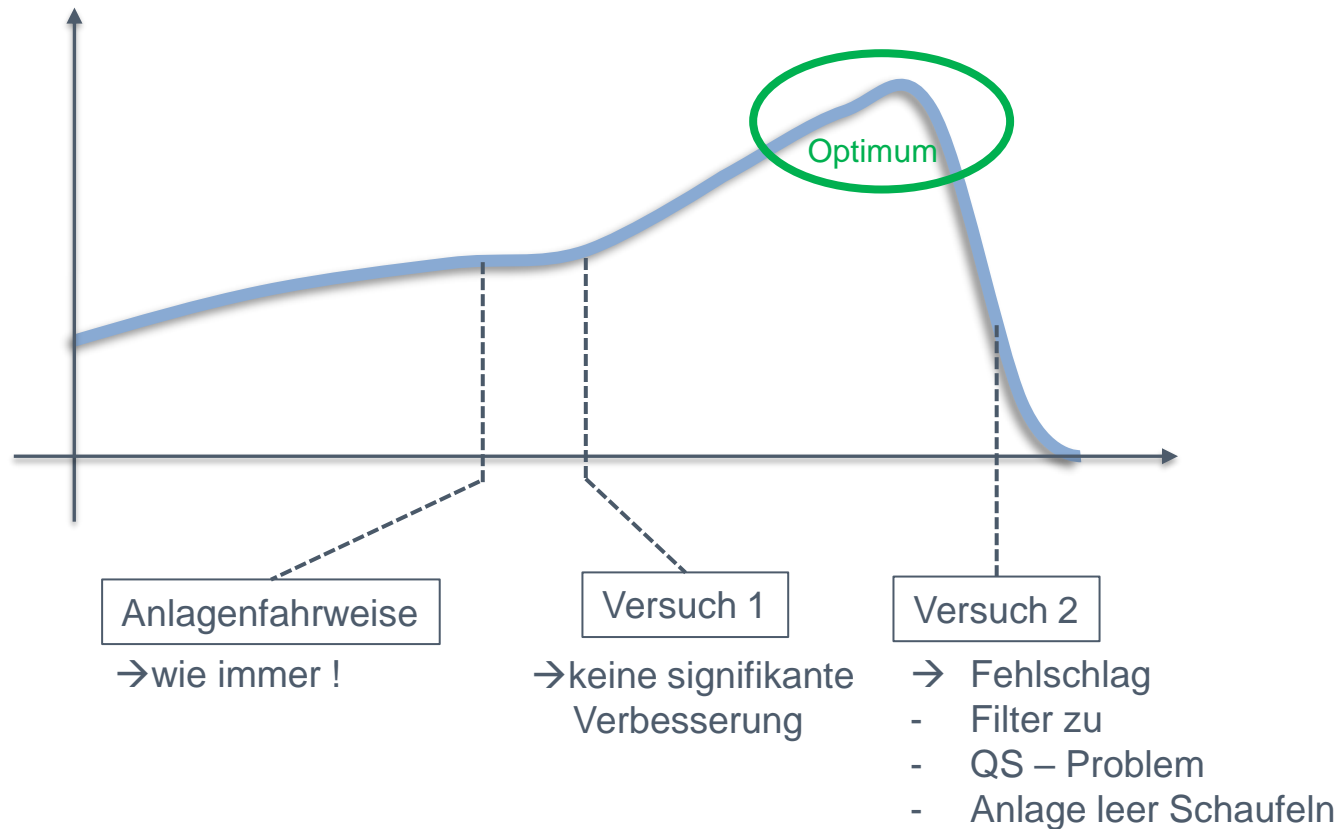


Effektives Finden der idealen Prozessparameter und des richtigen Messpunktes



Beispiel: TE3 beste Eigenschaften als Regelparameter

Fehlversuche -- "Bediener Psychologie"



Bediener-Fazit: dieser Parameter wird nicht mehr "angefasst"!

Ein „offizielles Projekt“ muss her, welches die „Schuld“ verteilt

Mögliche Ergebnisse der Prozessanalyse

Fast immer mehrfache Ergebnisse

Keine Maßnahmen
notwendig

Sofort
umsetzbares
Optimierungs-
potential

z.B.

- Verbesserung der Einstellungen
- Veränderung der Betriebsweise

leicht
umsetzbares
Optimierungs-
potential

z.B.

- konstruktive Anpassungen
- Brennertausch

Technologie-
bestimmtes
Optimierungs-
potential

z.B.

- Eingriffe in Verfahrenstechnik des Prozesses
- Größere konstruktive Anpassungen

Danach: **Abwärmenutzung**



Prozess vorgelagert

- Wegfall von Prozessstufen
- Ersatz energieintensiver Prozesse
- **Einsatz von Abwärme**
- **Vortrocknung**

Prozessbegleitend

- Verminderung des Ausschusses
- **Transparente Prozessgestaltung für Anlagenfahrer (Prozessführung)**
- **Optimierung von Steuerung und Regelung**
- (Verringerung der Energiekosten)

Prozesseingreifend

- **Optimierung der Verfahrensparameter**
- Reduzierung der Ausfahrverluste
- Reduzierung von Falschluff
- **Verringerung der Temperatur**
- Verbrennungsluftvorwärmung
- Reduzierung der Wandverluste
- **Erhöhung des Durchsatzes**
- **Vorwärmen der Trocknungsluft**
- **Neue Regelungsansätze, zb. Regelung nach Zielfeuchte**

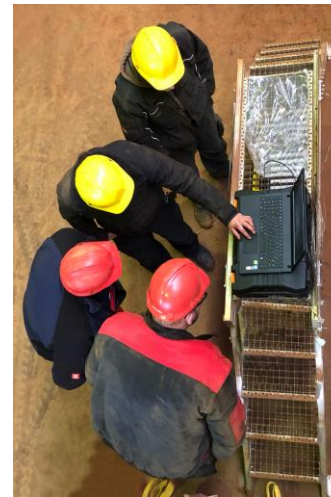
Prozess nachgelagert

- **Abwärmenutzung**

Nach Logik

Zusätzliche Messtechnik

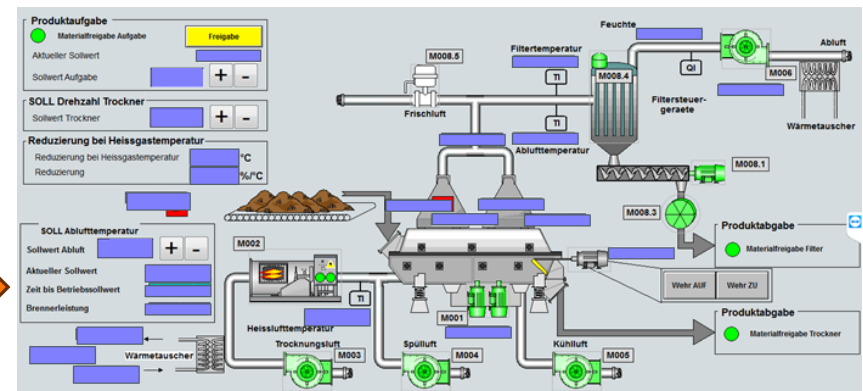
- verschafft Erkenntnis
- ermöglicht bessere Prozesskontrolle
- hilft klare Kennzahlen zu definieren
- macht Qualitätsfehler sichtbar bevor sie da sind
- Erschafft Datensätze
- Ermöglicht Prozessoptimierungen



Anlagenpersonal ist meist sehr interessiert.

- Keine Prozessübersicht
- Zu schmale Prozessübersicht
- Keine abgespeicherten Daten

... führen zur Anlagenfahrweise nach Bauchgefühl



Risiko:
Ausfall von Mitarbeiter = Ausfall der Prozessstabilität.

Mehr Prozesstransparenz erlaubt bessere Fahrweise und motiviert die Mitarbeiter



Prozess vorgelagert

- Wegfall von Prozessstufen
- Ersatz energieintensiver Prozesse
- **Einsatz von Abwärme**
- **Vortrocknung**

Prozessbegleitend

- Verminderung des Ausschusses
- **Transparente Prozessgestaltung für Anlagenfahrer (Prozessführung)**
- **Optimierung von Steuerung und Regelung**
- (Verringerung der Energiekosten)

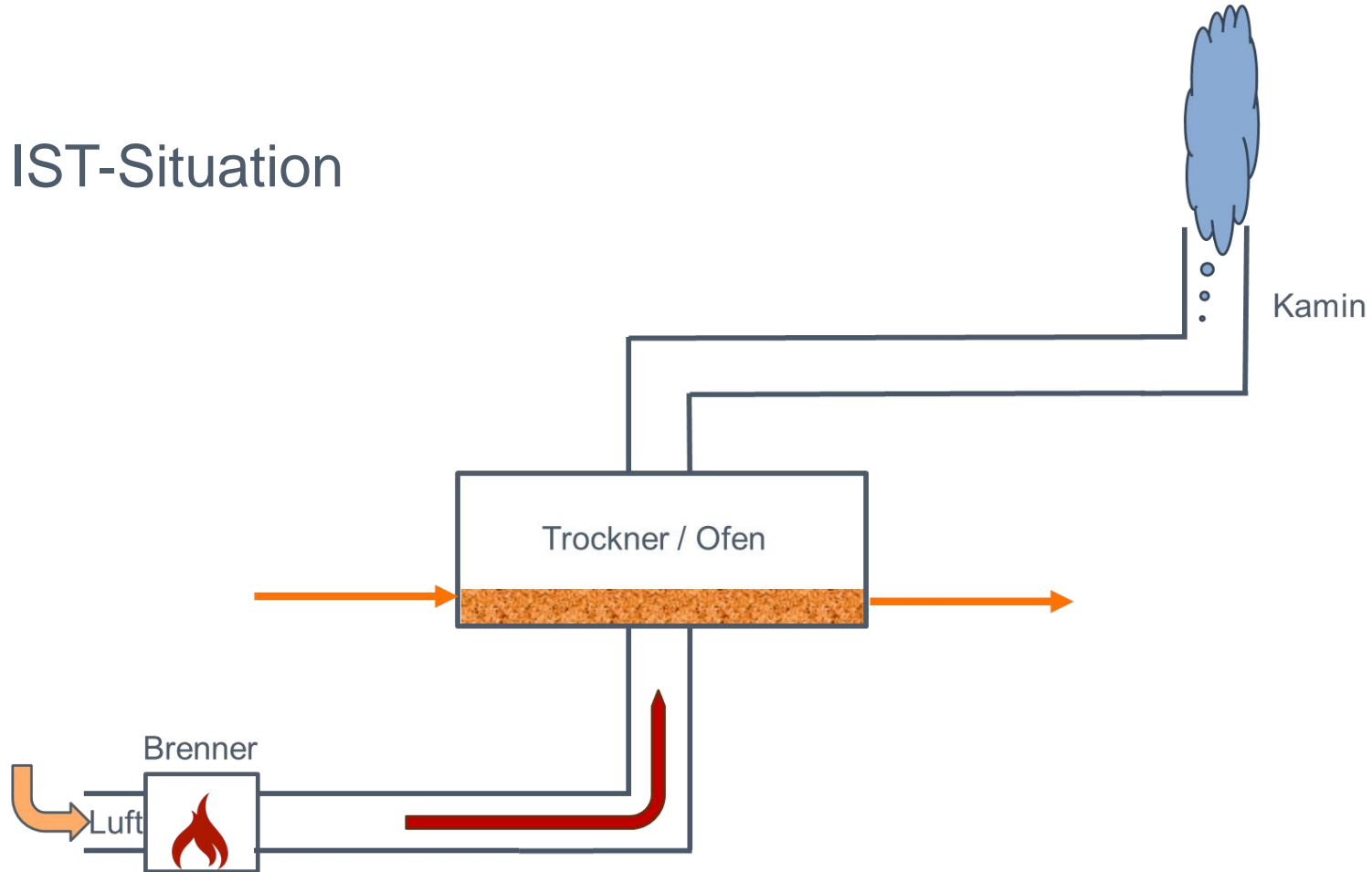
Prozesseingreifend

- **Optimierung der Verfahrensparameter**
- Reduzierung der Ausfahrverluste
- Reduzierung von Falschluff
- **Verringerung der Temperatur**
- Verbrennungsluftvorwärmung
- Reduzierung der Wandverluste
- **Erhöhung des Durchsatzes**
- **Vorwärmen der Trocknungsluft**
- **Neue Regelungsansätze, zb. Regelung nach Zielfeuchte**

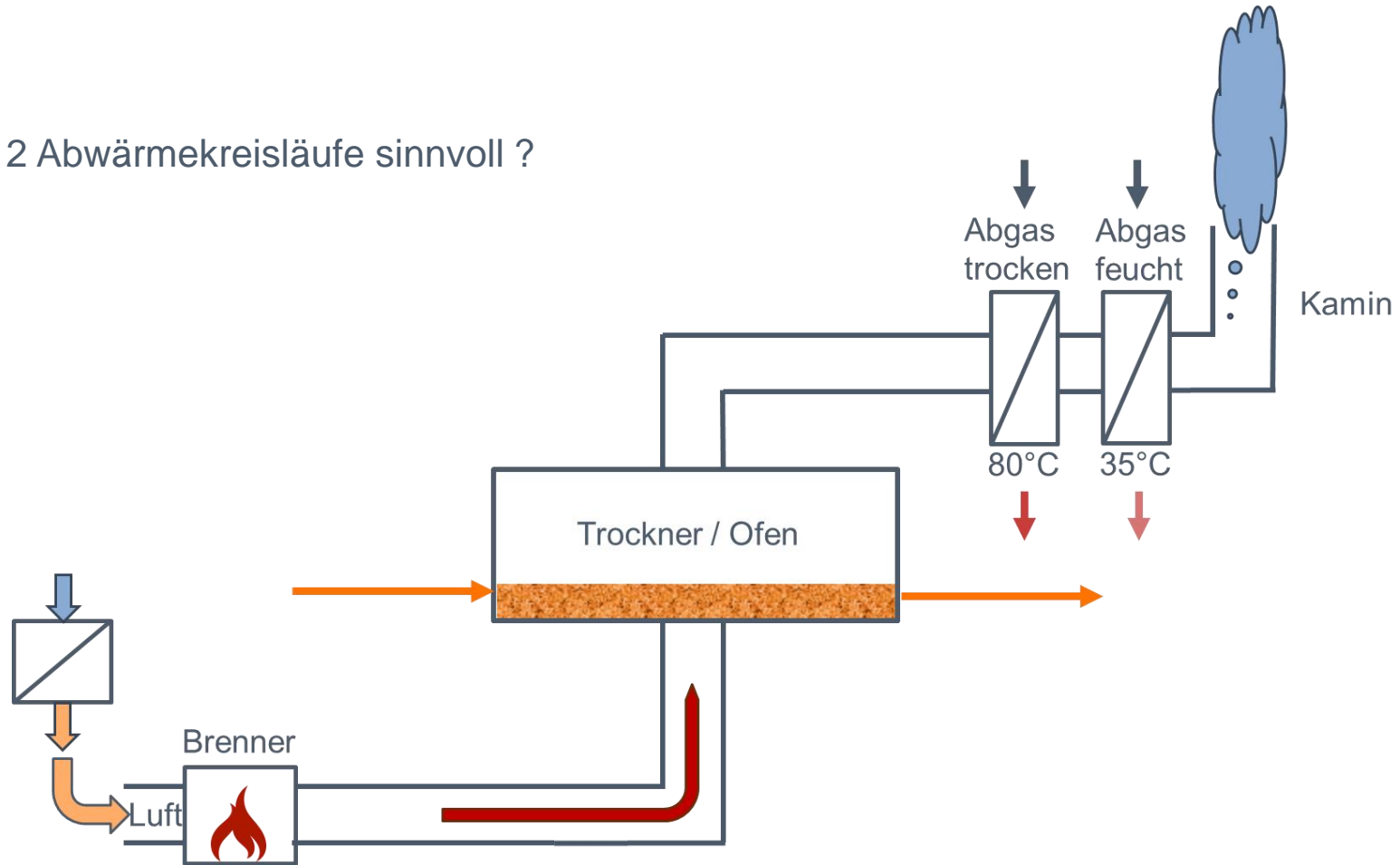
Prozess nachgelagert

- **Abwärmenutzung**

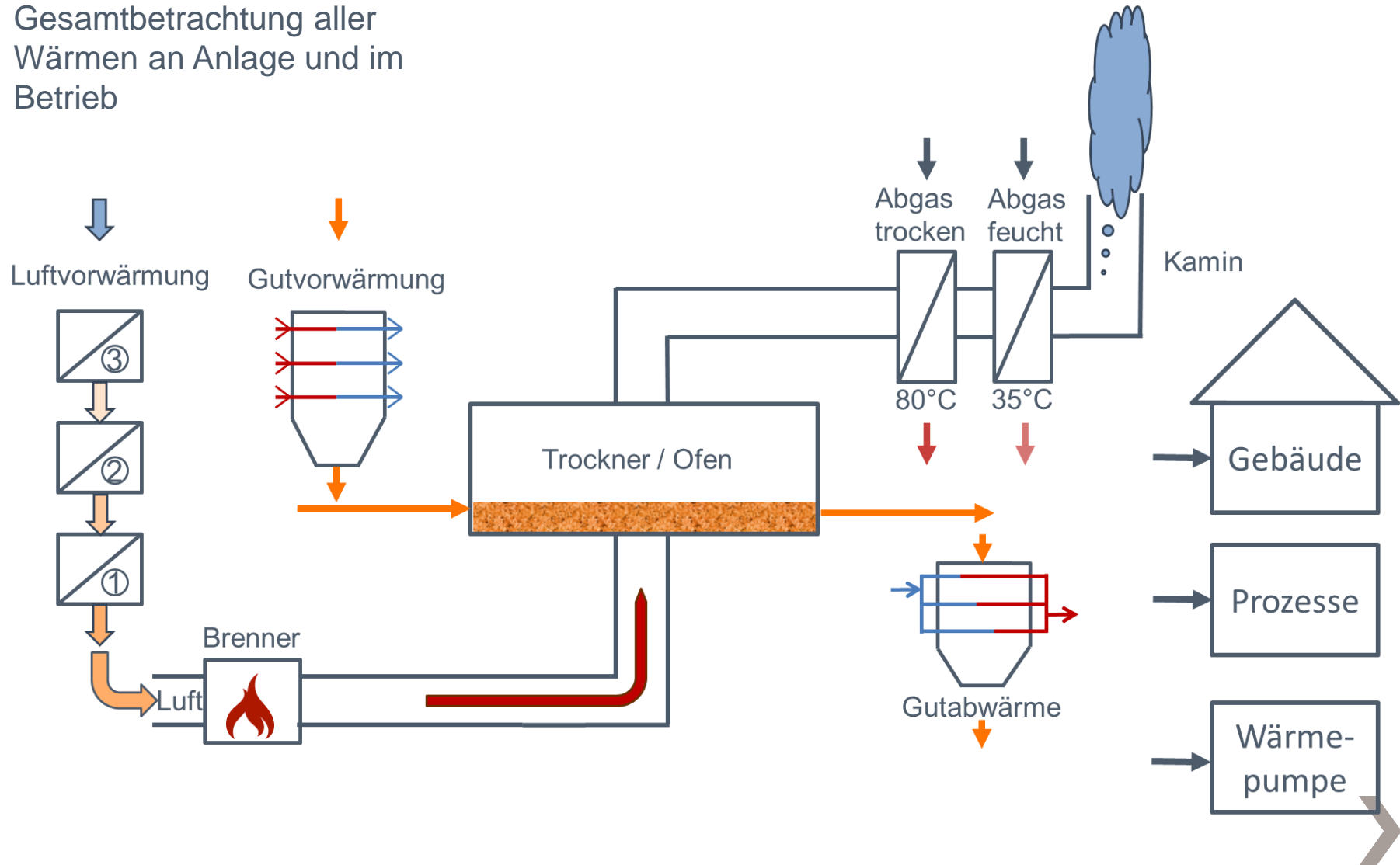
IST-Situation



2 Abwärmekreisläufe sinnvoll ?



Gesamt Betrachtung aller Wärmen an Anlage und im Betrieb



Danke für Ihr Interesse und ihre Aufmerksamkeit

Therm-Process-Consulting,

Dr.-Ing. Jens Strack

Halsbrücker Str. 34,

09599 Freiberg

Tel: 03731 / 77 31 325

Web: www.thermpro.de

Email: strack@thermpro.de

