Symposium

Solarthermie und Wärmepumpen in der Industrie

12. Juni 2017

Leitfaden

zur erfolgreichen Einbindung von Solarthermie und Wärmepumpen in Industrieprozessen

V. Wilk

Ausgangssituation

Solarthermie **Wärmepumpen**

Industrieprozesse

EnPro – Die Studie

?

Fallstudien in zwölf österreichischen Unternehmen

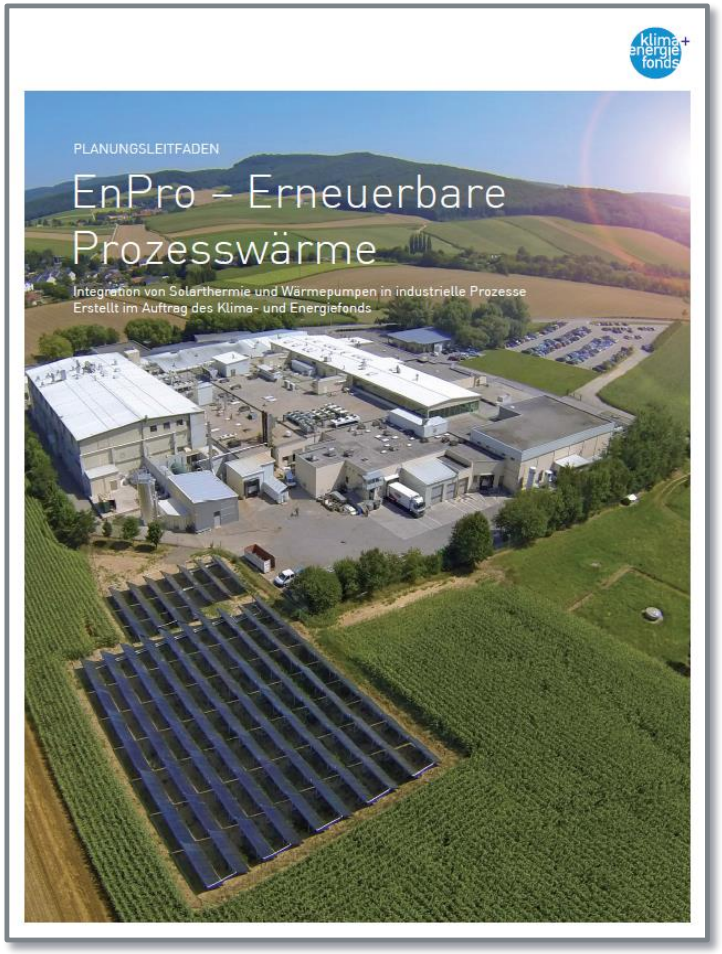
Detaillierte Prozessanalyse zur Erhöhung der Energieeffizienz

Integrationskonzepte für Solarthermie und Wärmepumpen

Technisch-wirtschaftliche Bewertung

Planungsrichtlinie: Leitfaden + Bewertungstool

Planungsrichtlinie



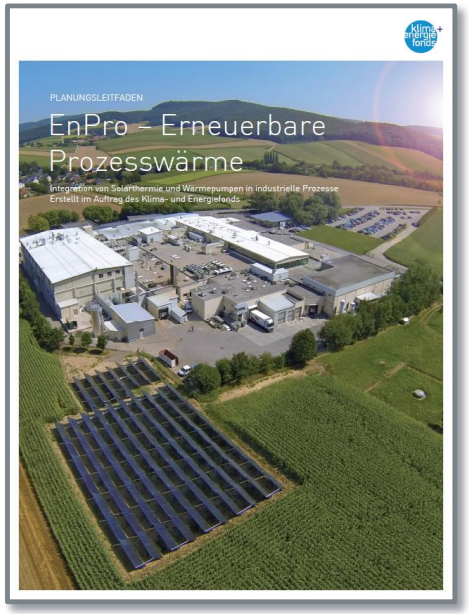
&

Planungsrichtlinie

- Anleitung zur Integration von Solarthermie und Wärmepumpen in industrielle Prozesse
- „Starthilfe“

Zielgruppe:

- Industriebetriebe
- Planer und Anlagenbauer
- Hersteller von Solarthermieanlagen und Wärmepumpen



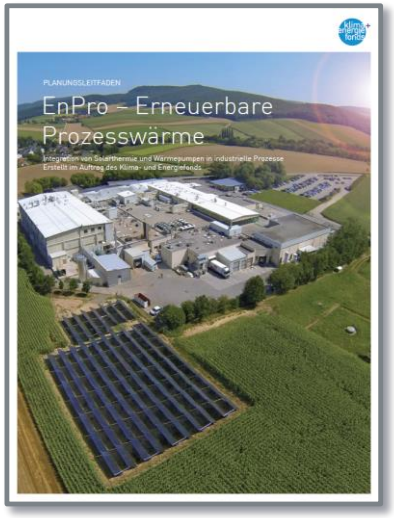
Leitfaden: Technologien

Solarthermie

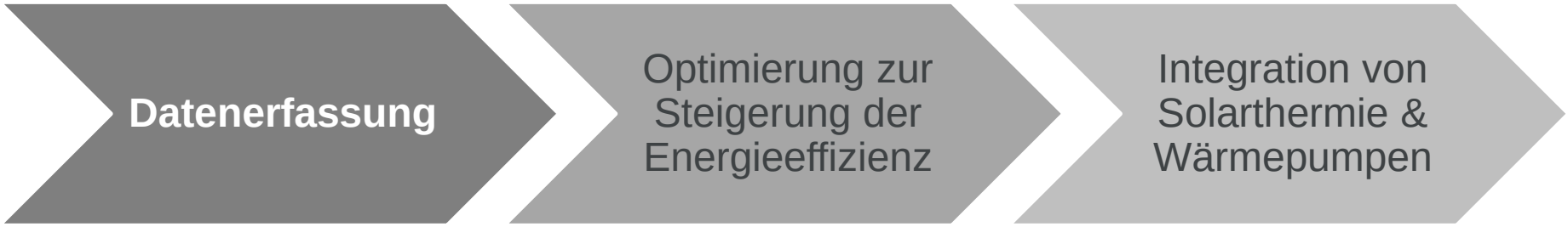
- Solarenergie zur Wärmebereitstellung
- Wärmenutzungstemperatur je nach Kollektortyp unterschiedlich
- bis 100 °C Flachkollektor
- bis 130 °C Vakuumröhren
- höhere Temperaturen mit konzentrierenden Systeme (wenig Direktstrahlung in unseren Breiten)

Wärmepumpen

- Kompressionswärmepumpen
- Wärmequellen: Abwärme, Kühlprozesse, Abwasser, Abgas
- Wärmenutzungstemperatur bis zu 125 °C marktverfügbar
- in Entwicklung bis zu 160 °C

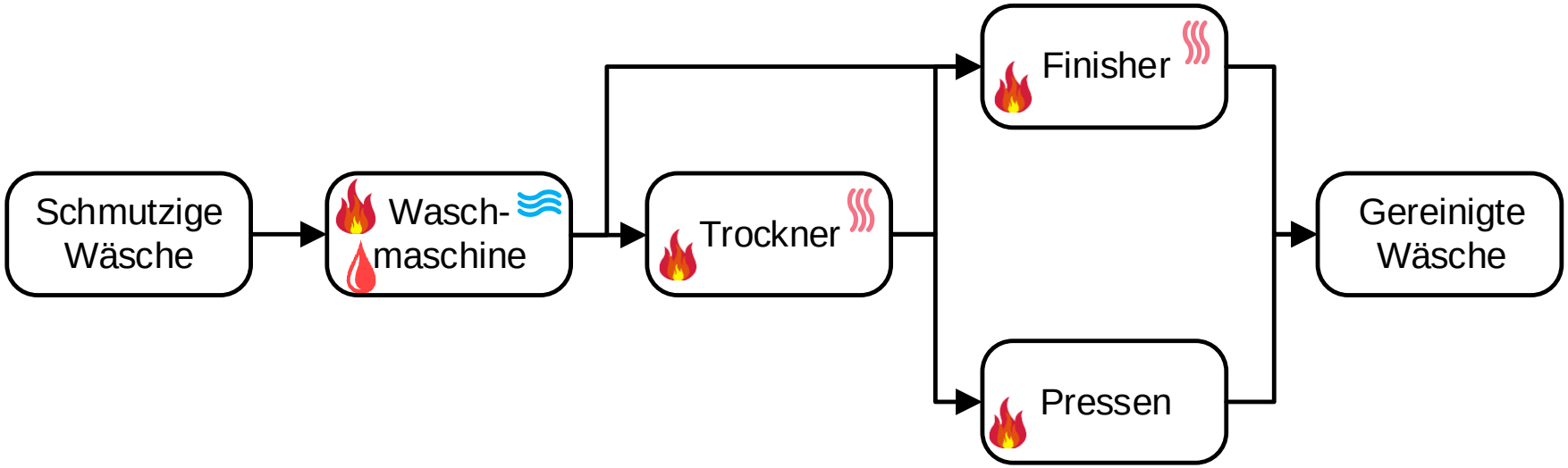


Leitfaden


Datenerfassung
Optimierung zur Steigerung der Energieeffizienz
Integration von Solarthermie & Wärmepumpen

Datenerfassung

- Wie wird Energie bereitgestellt?
- Wofür wird Energie eingesetzt?



Prozesswärme/ Dampfbedarf

Warmwasser-bedarf

(warme) Abluft

(warmes) Abwasser

Datenerfassung

- Wie wird Energie bereitgestellt?
- Wofür wird Energie eingesetzt?

- Überblick über die thermischen Energieverbraucher
- Checkliste im Leitfaden
- einfache Energiebilanz im Tool

Leitfaden

Datenerfassung
Optimierung zur Steigerung der Energieeffizienz
Integration von Solarthermie & Wärmepumpen

Prozessoptimierung

- äußerst vielfältig
- Brancheninformationen
- BAT Dokumente

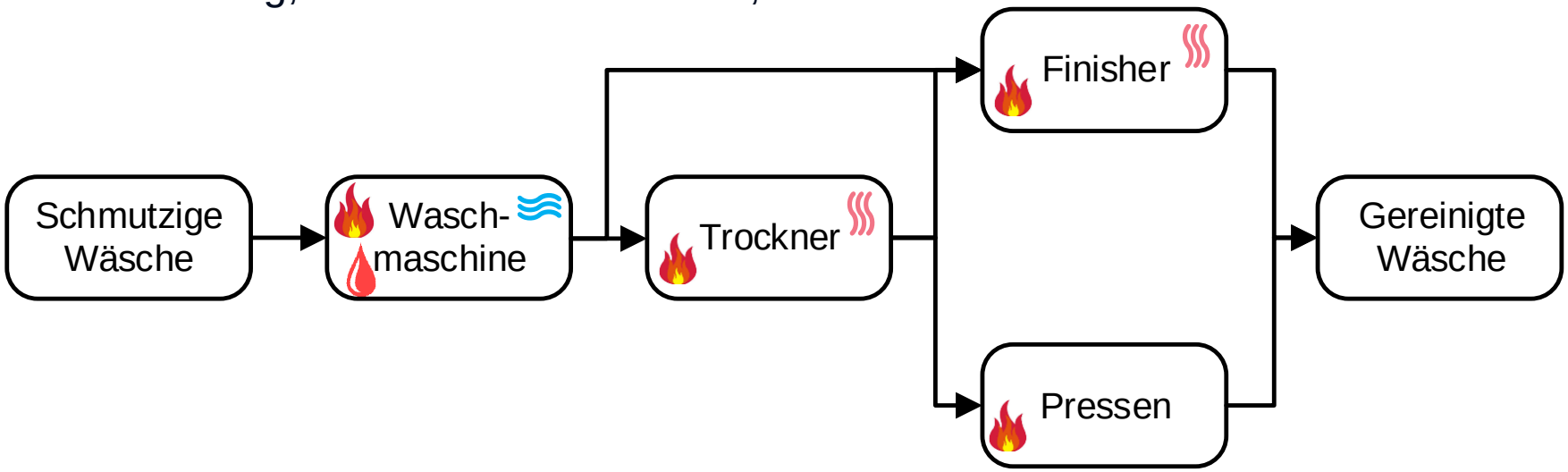
Handlungsfelder

- direkt beheizte Prozesse
- indirekt beheizte Prozesse
- Betriebsführung

Datenerfassung → **Optimierung zur Steigerung der Energieeffizienz** → Integration von Solarthermie & Wärmepumpen

Prozessoptimierung

- direkt beheizte Trockner:
  Brennereinstellungen, Wärmerückgewinnung, Wärmedämmung
- indirekt beheizte Trockner:
  Nutzung des Kondensats, kaskadische Nutzung des Wärmeträgers
- Betriebsführung:
  Auslastung, Batch vs. kontinuierlich, etc.



Prozesswärme/ Dampfbedarf

Warmwasser-bedarf

(warme) Abluft

(warmes) Abwasser

Systemoptimierung

Wärmeintegration

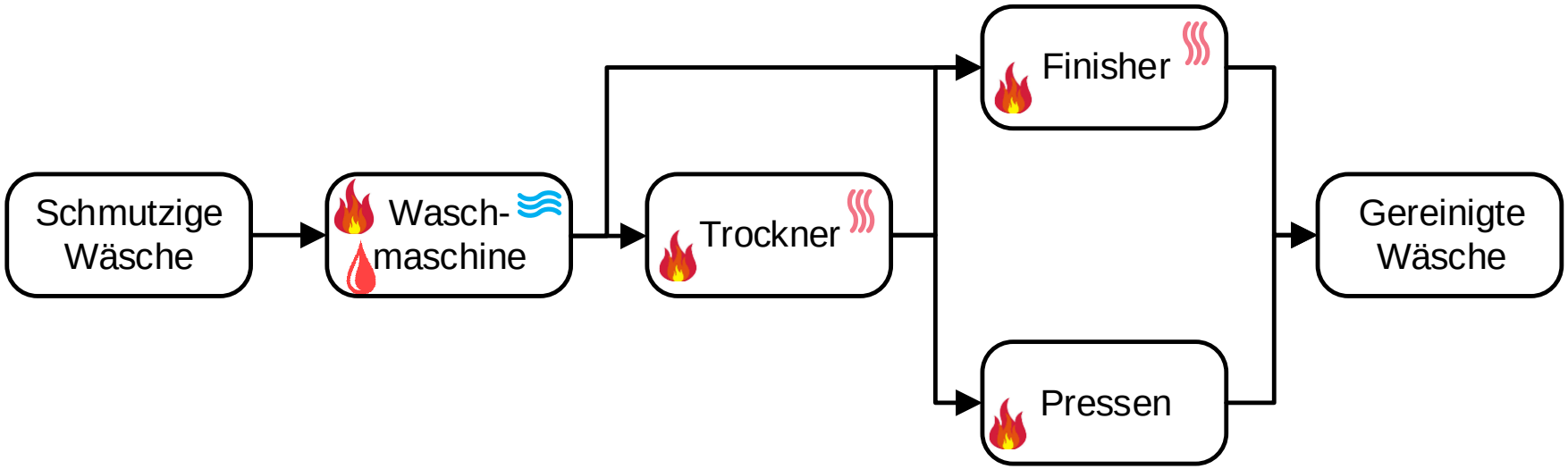
Handlungsfelder

- Wärmebereitstellung
- Kälteanlagen
- Druckluft
- Raumwärme und –kälte
- Abwasser
- Betriebsführung

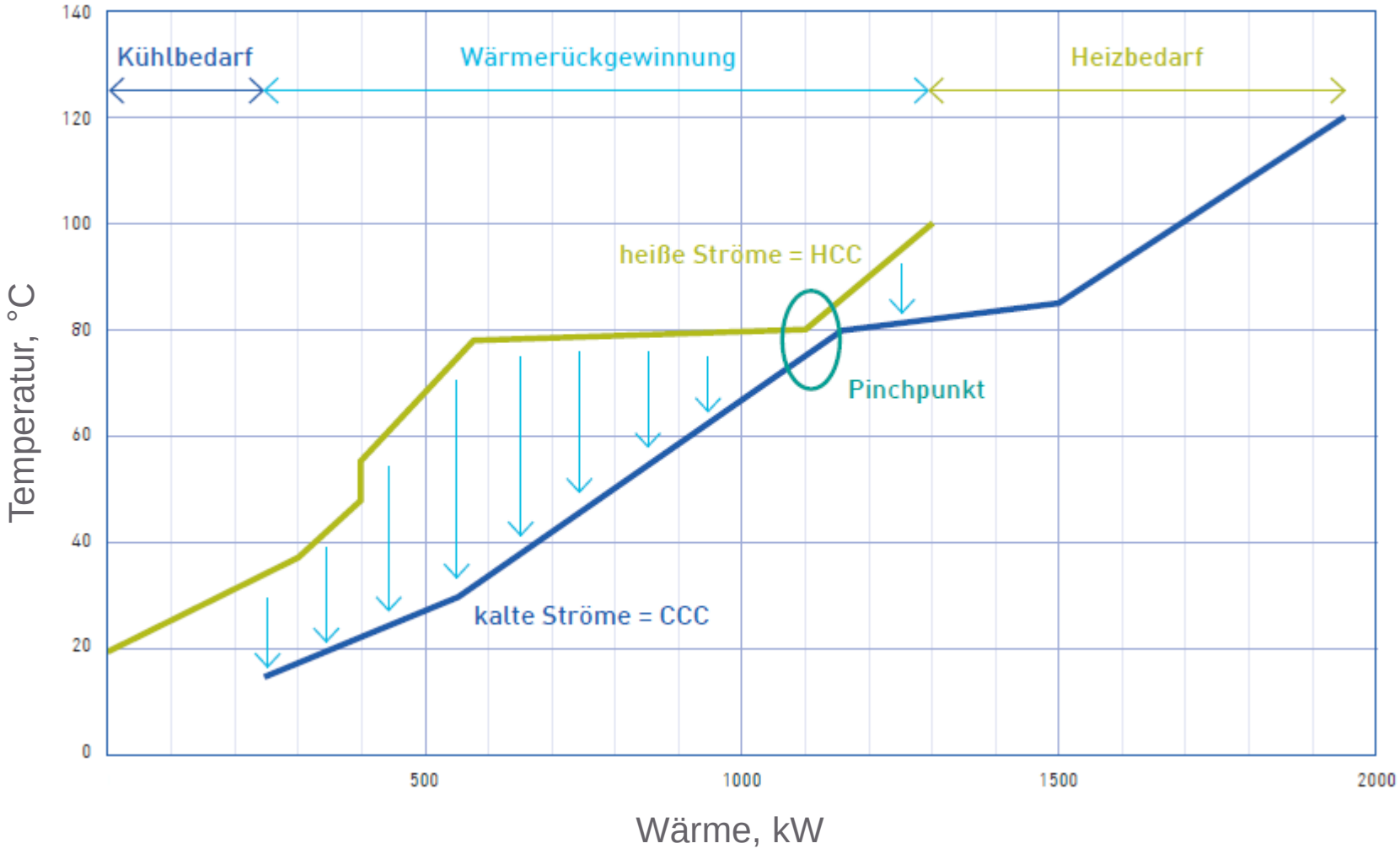
Datenerfassung → **Optimierung zur Steigerung der Energieeffizienz** → Integration von Solarthermie & Wärmepumpen

Systemoptimierung

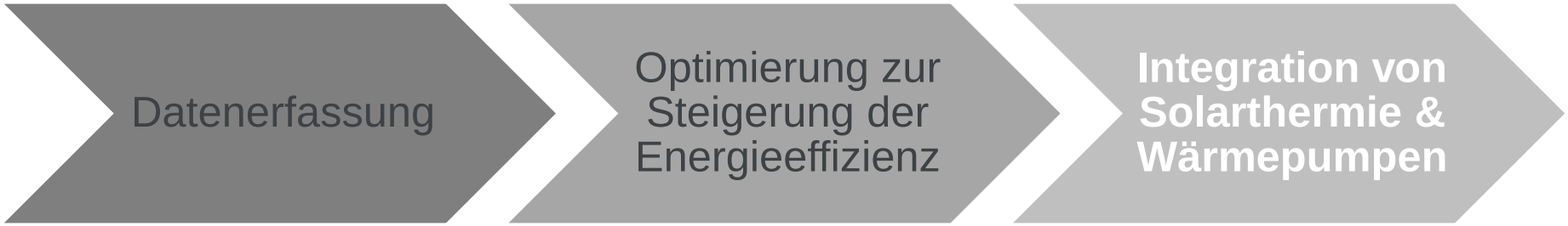
- Wärmebereitstellung: Kessel optimieren
- Druckluft: ja, WRG möglich
- Raumwärme: derzeit mit Dampf
- Abwasser: wird bereits als Wärmequelle genutzt



Systemoptimierung: Pinchanalyse



Leitfaden


Datenerfassung
Optimierung zur Steigerung der Energieeffizienz
Integration von Solarthermie & Wärmepumpen

Entscheidungsfindung

freie Flächen

Ausrichtung

Statik

Einstrahlung

Wärmequelle

Kühlprozesse

Abluftströme

Abwärme

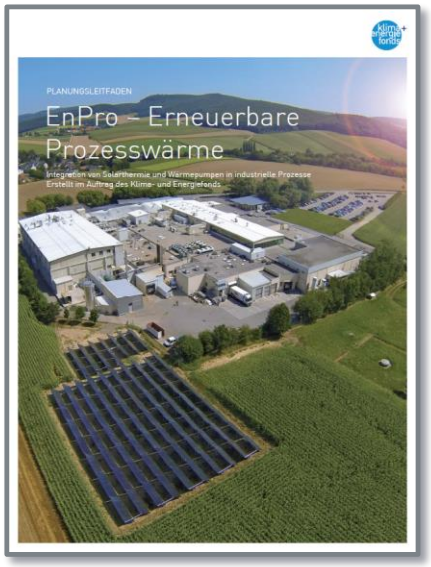
Abwasser

Solarthermie

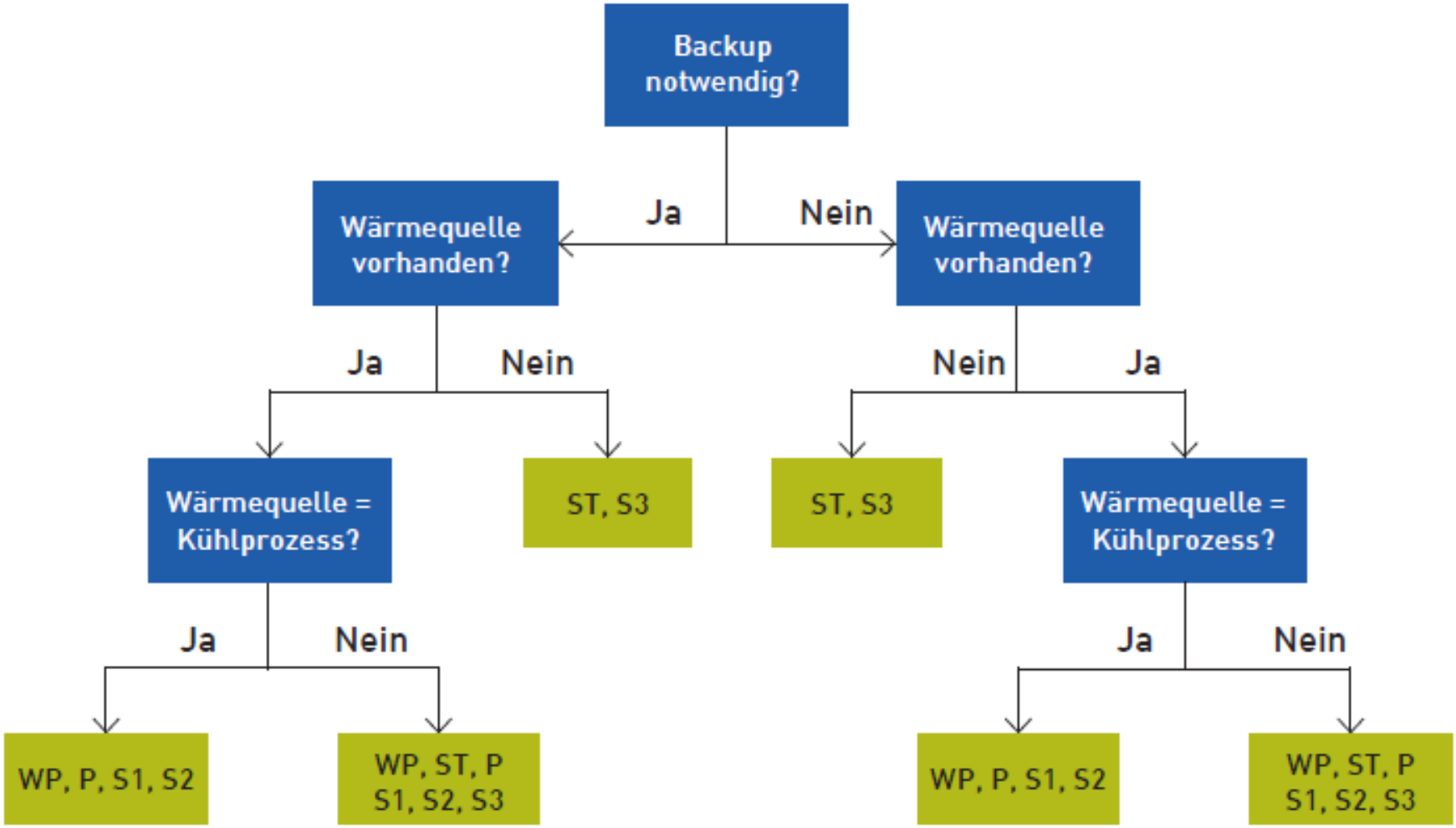
Wärmepumpen

Prozesswärmebedarf

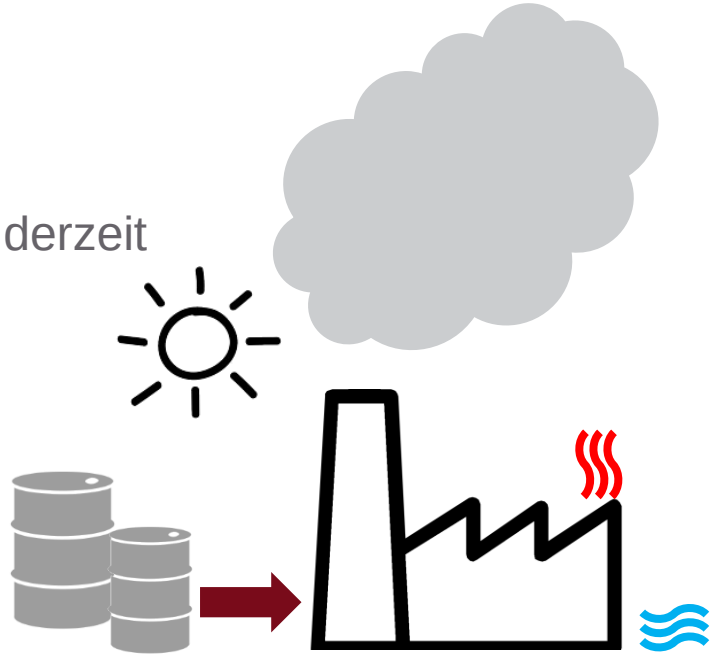
6 verschiedene Integrationskonzepte (Mono, Kombinationen)

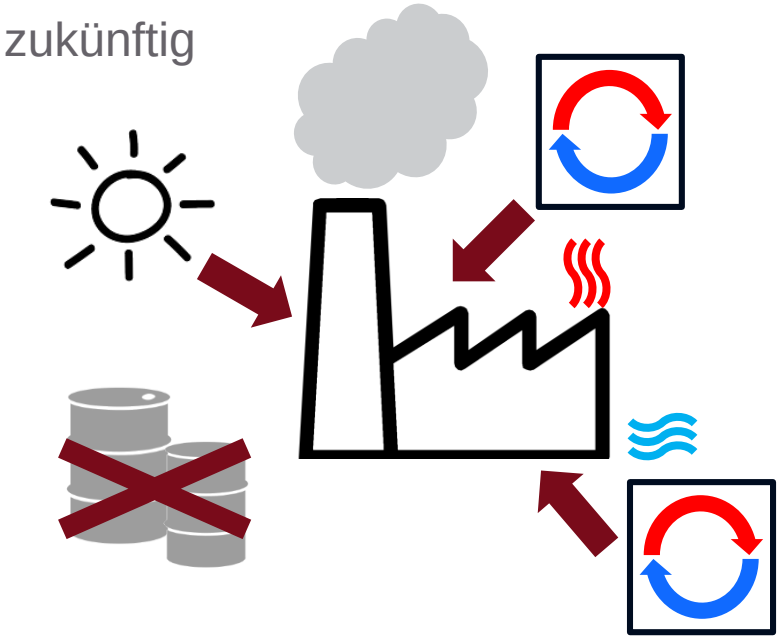


Entscheidungsbaum



Techno-ökonomische Bewertung





Wirtschaftliche Kriterien

- Amortisationszeit
- Wärmegestehungskosten

Ökologische Kriterien

- CO_2 Emissionen
- Primärenergieeinsatz

Leitfaden

zur erfolgreichen Einbindung von Solarthermie und Wärmepumpen in Industrieprozessen

Multiplizierbare Integrationskonzepte für Solarthermie und Wärmepumpen

basierend auf realen Fallstudien aus der Industrie

D. Wertz

Multiplizierbare Integrationskonzepte

Grundlagen

- **Monovalente Integration:**
  - Solarthermie
  - Wärmepumpe

- **Kombination ST & WP:**
  - Parallel
  - mehrere serielle Konzepte

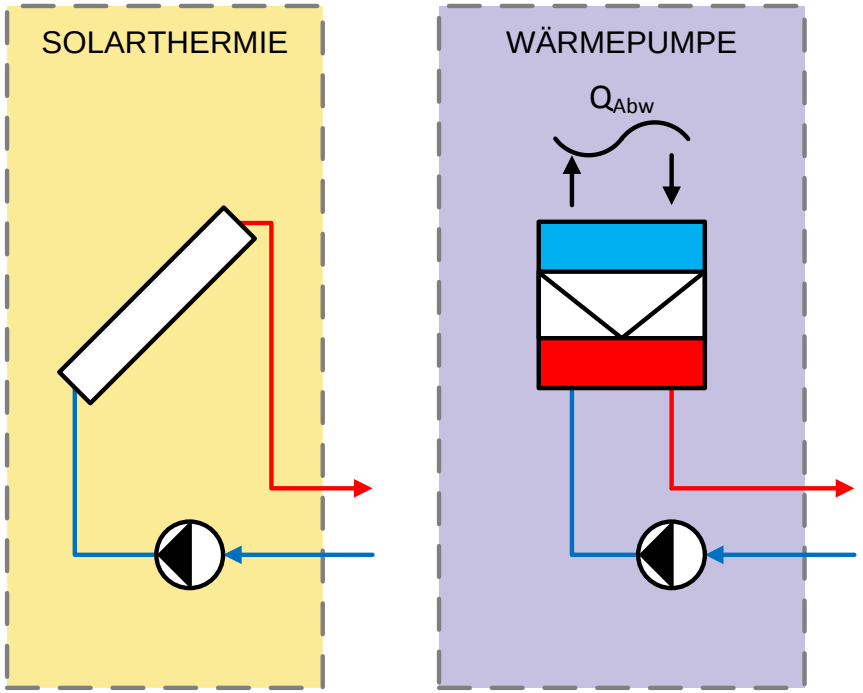
- Anlehnung an IEA SHC Task 49 | Integration Guidlines

- Modularer Aufbau
  - Basismodule
  - Hilfsmodule

Multiplizierbare Integrationskonzepte

Basismodule

- **Solarthermie**
- **Wärmepumpe**
- Bilden die Kernelemente eines jeden Integrationskonzepts
- Mindestens ein Basismodul je Schema
- Liefern erneuerbare Prozesswärme

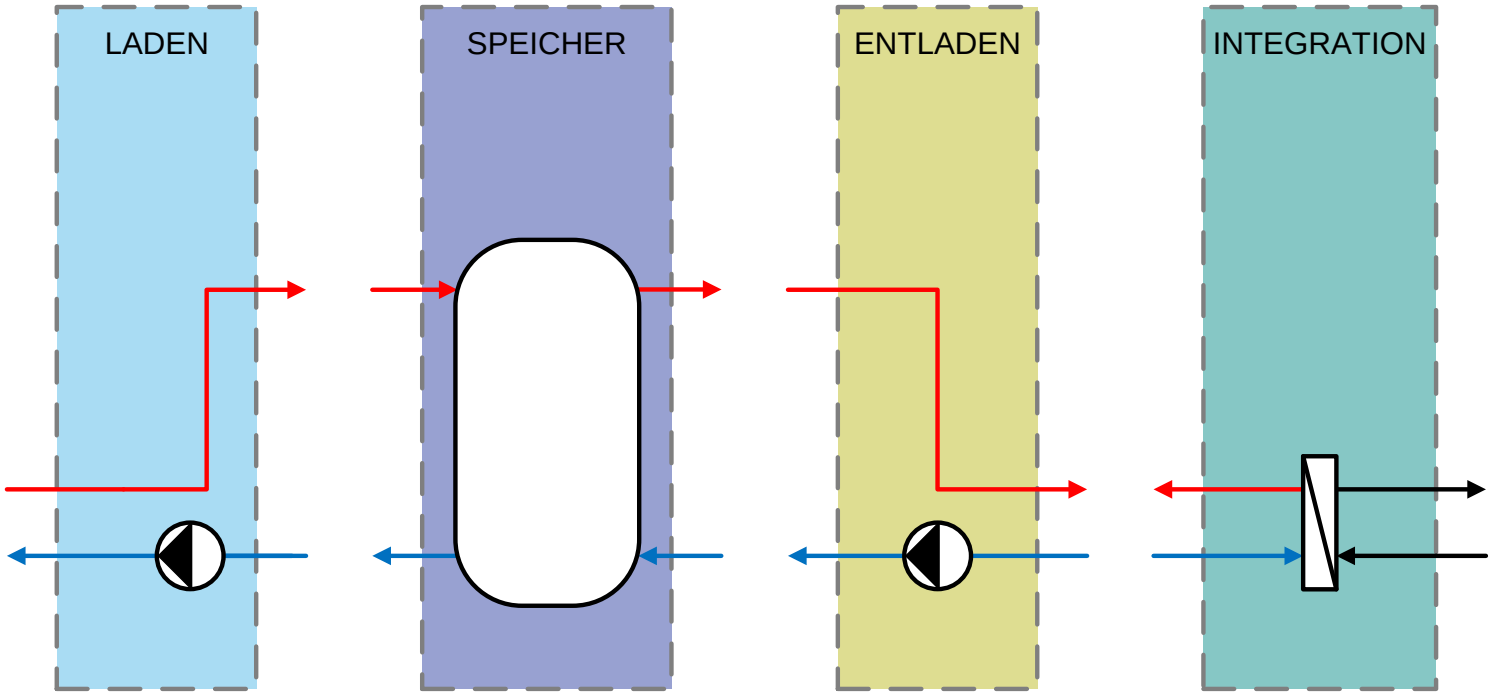


Multiplizierbare Integrationskonzepte

Hilfsmodule

- **Laden** und **Entladen**
- **Speicher** und **Integration**

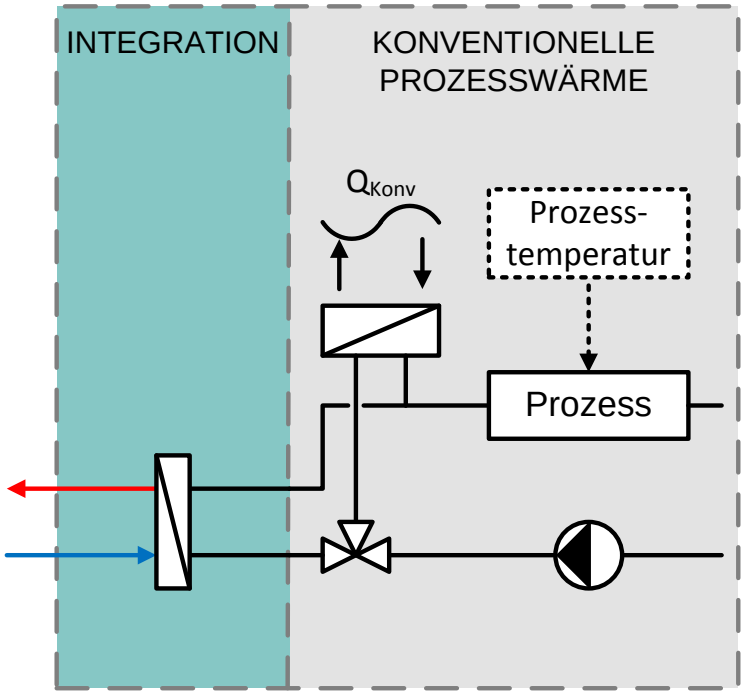
- Ermöglichen es erneuerbare Prozesswärme sinnvoll zu integrieren



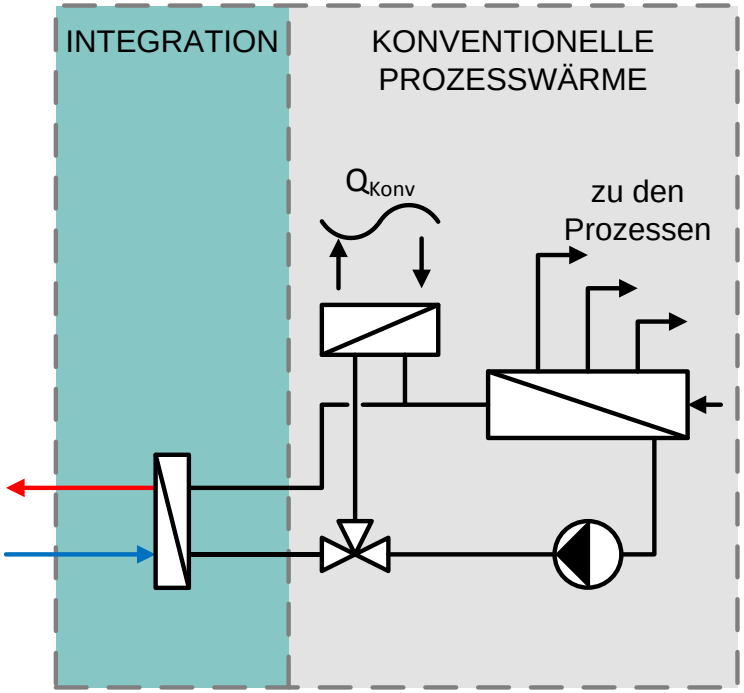
Multiplizierbare Integrationskonzepte

Arten der Einbindung

- **Integration auf Prozessebene:**



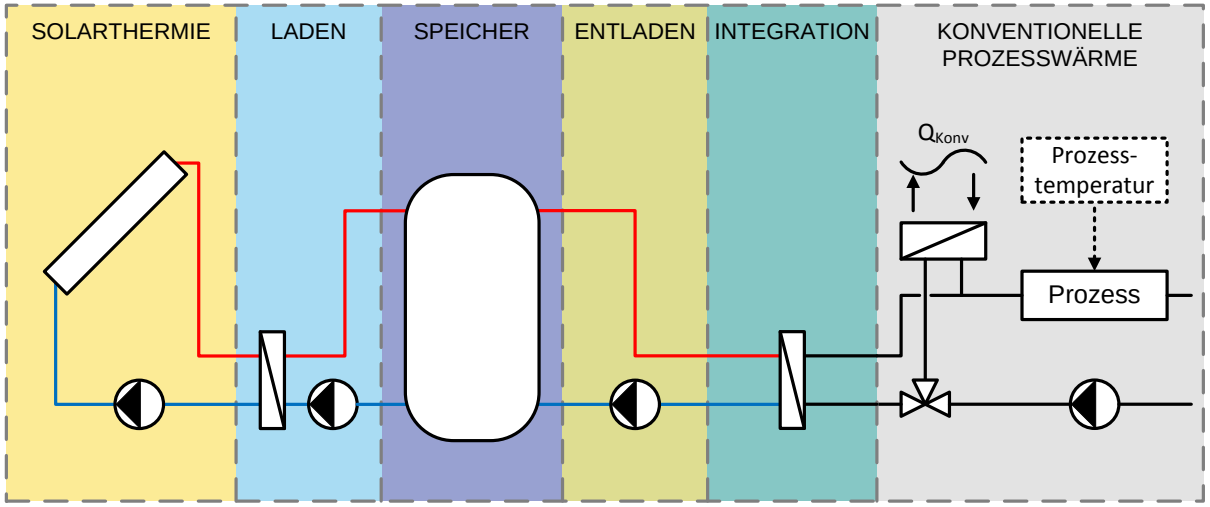
- **Integration auf Systemebene:**



Multiplizierbare Integrationskonzepte

Monovalente Integration

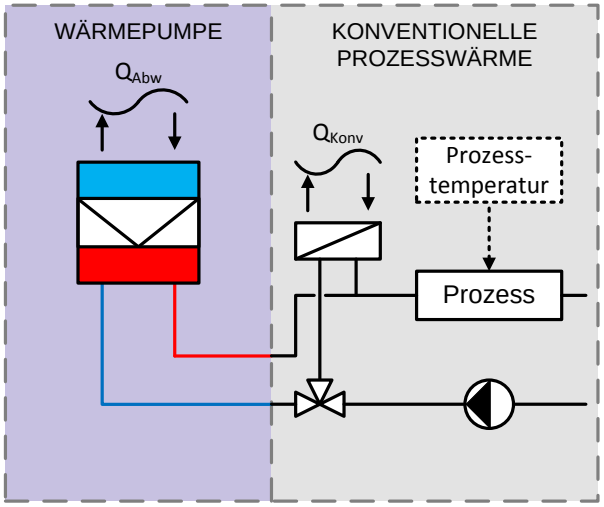
- **Solarthermie**
- Besonders geeignet wenn:
  - geeignete Flächen vorhanden sind
  - ausreichend solare Strahlung vorhanden ist
  - die erforderliche Temperatur < 90 °C ist



Multiplizierbare Integrationskonzepte

Monovalente Integration

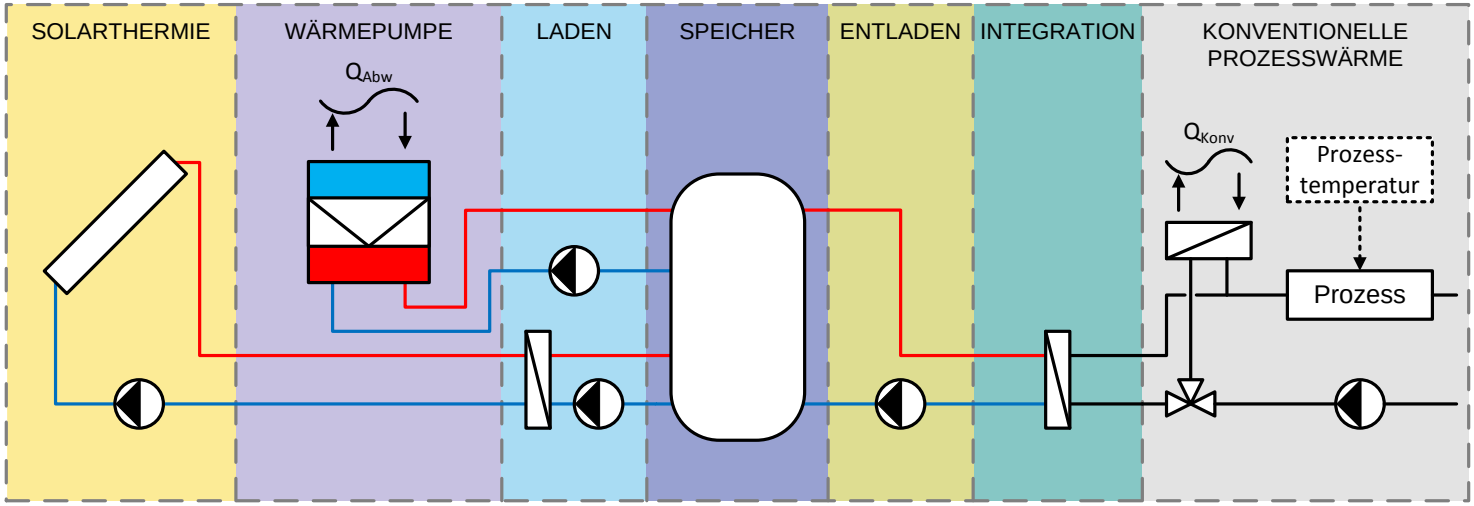
- **Wärmepumpe**
- Besonders geeignet wenn:
  - Wärmequellen zur Verfügung stehen
  - die Leistung der Quelle ungefähr der Leistung der Senke entspricht
  - die Wärmenutzungstemperatur < 125 °C ist



Multiplizierbare Integrationskonzepte

Kombination ST & WP

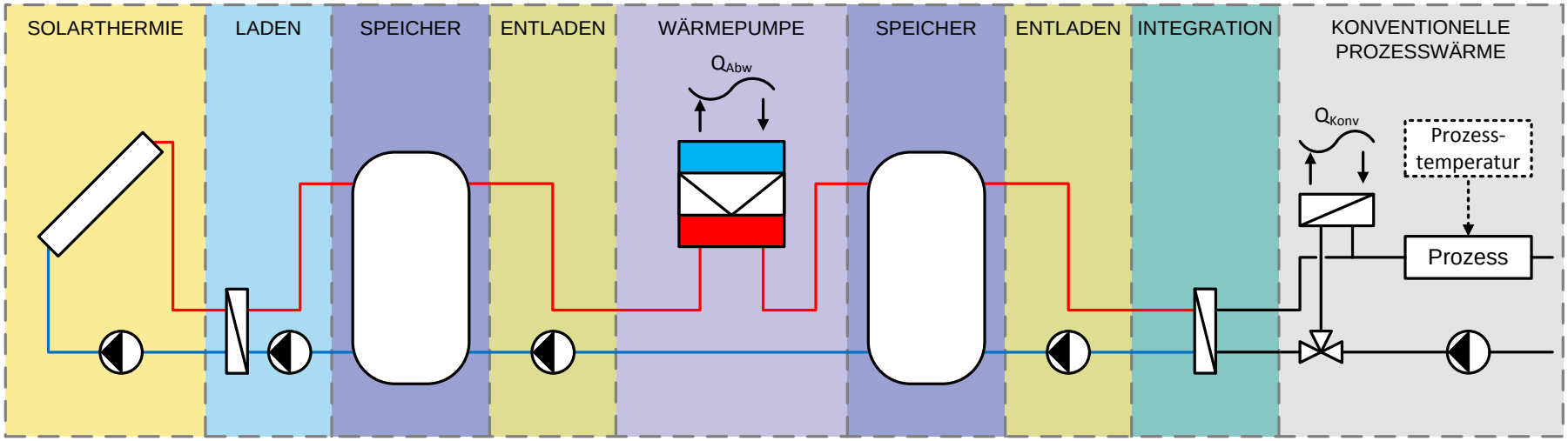
- **Parallele Verschaltung**
- Besonders geeignet wenn:
  - Potential für ST und WP vorhanden ist
  - eine Technologie alleine nicht ausreicht um den Bedarf zu decken
  - für die ST-Mono die Fläche zu klein ist
  - für die WP-Mono die Leistung Quelle zu klein ist



Multiplizierbare Integrationskonzepte

Kombination ST & WP

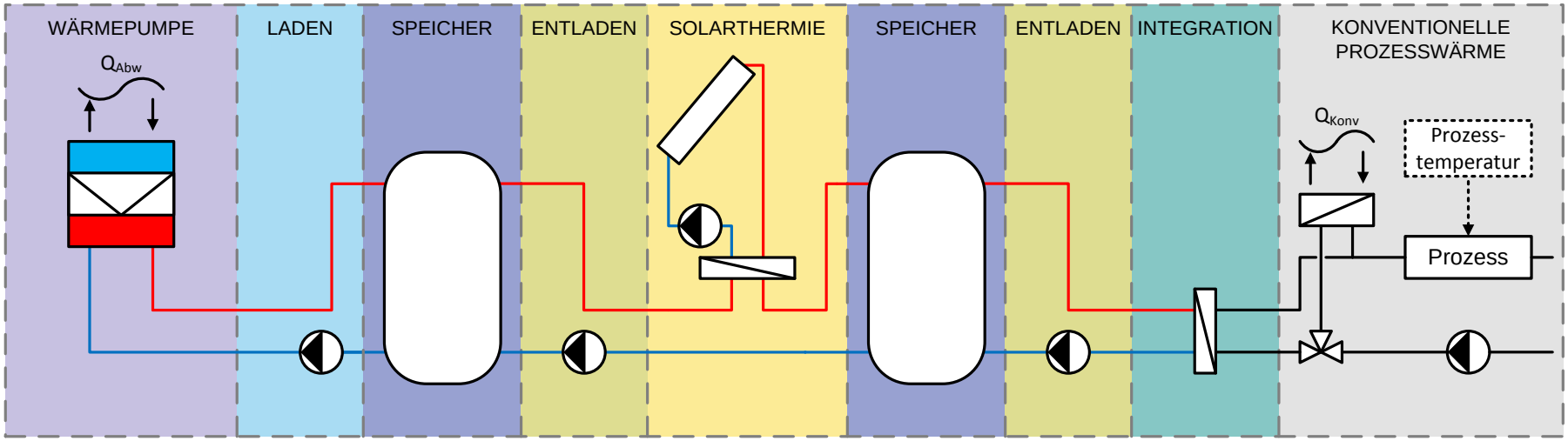
- **Serielle Verschaltung | ST -> WP**
- Besonders geeignet wenn:
  - das erforderliche Temperaturniveau nicht mit ST erreichbar ist
  - der Hub der Wärmepumpe gering ist



Multiplizierbare Integrationskonzepte

Kombination ST & WP

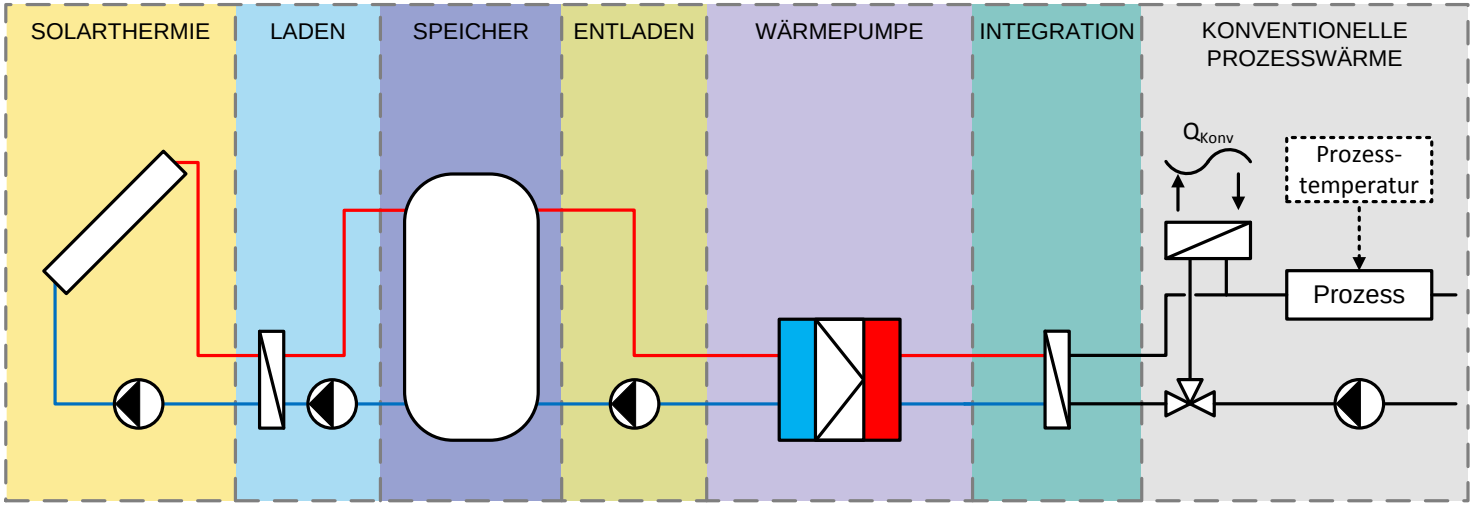
- **Serielle Verschaltung | WP -> ST**
- Besonders geeignet wenn:
  - nur relativ kalte Wärmequellen zur Verfügung stehen
  - sich durch die Kombination der COP maßgeblich verbessert



Multiplizierbare Integrationskonzepte

Kombination ST & WP

- **Serielle Verschaltung | ST ist Quelle für WP**
- Besonders geeignet wenn:
  - keine Wärmequelle zur Verfügung steht
  - das Temperaturniveau der Umgebung für eine WP zu gering ist



Multiplizierbare Integrationskonzepte

Grundlagen

- **Monovalente Integration:**
  - Solarthermie
  - Wärmepumpe

- **Kombination ST & WP:**
  - Parallel
  - mehrere serielle Konzepte

- Anlehnung an IEA SHC Task 49 | Integration Guidelines

- Modularer Aufbau
  - Basismodule
  - Hilfsmodule

Multiplizierbare Integrationskonzepte für Solarthermie und Wärmepumpen

basierend auf realen Fallstudien aus der Industrie

EnPro – Berechnungstool

J. Fluch

Key facts

- *Rasche* Bewertung von Solarthermie und/oder Wärmepumpe
- Identifikation des *vorhandenen Potenzials in einem Industriebetrieb*
- *Einfache* Handhabung und *benutzerfreundliche* Oberfläche
- Keine Detailsimulation
- Max. *2 – 4 Stunden* Aufwand für den Anwender
- Kein spezifisches Knowhow erforderlich
- Benutzeranleitung in Form eines Online-Handbuches

Berechnungstool - Ablauf

1. Erstabschätzung durch OK/KO Kriterien; Allgemeine Daten zum Betrieb
2. Definition der bestehenden Versorgungsstruktur, Energieverbraucher und wirtschaftlicher Eckdaten
3. Identifikation und Berechnung von möglichen Prozess- und Systemoptimierungen (Wärmetauscher)
4. Berechnung und Gegenüberstellung von
   - Solarthermie (ST), Wärmepumpe (WP), Kombination (ST+WP)

Allgemeine Daten

- Startbildschirm
  - Starke Verknüpfung mit dem EnPro WikiWeb

- OK/KO Kriterien
  - Erste Abschätzung
  - Keine Limitierung des Tools

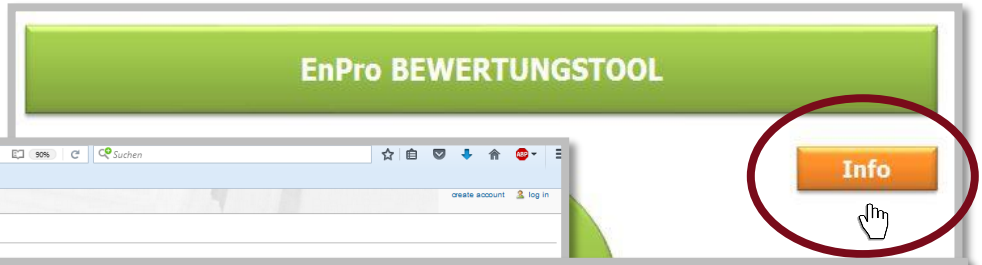
- Allgemeine Daten zum Betrieb
  - Standort (Einstrahlungsdaten)
  - Freie Dachfläche, etc.

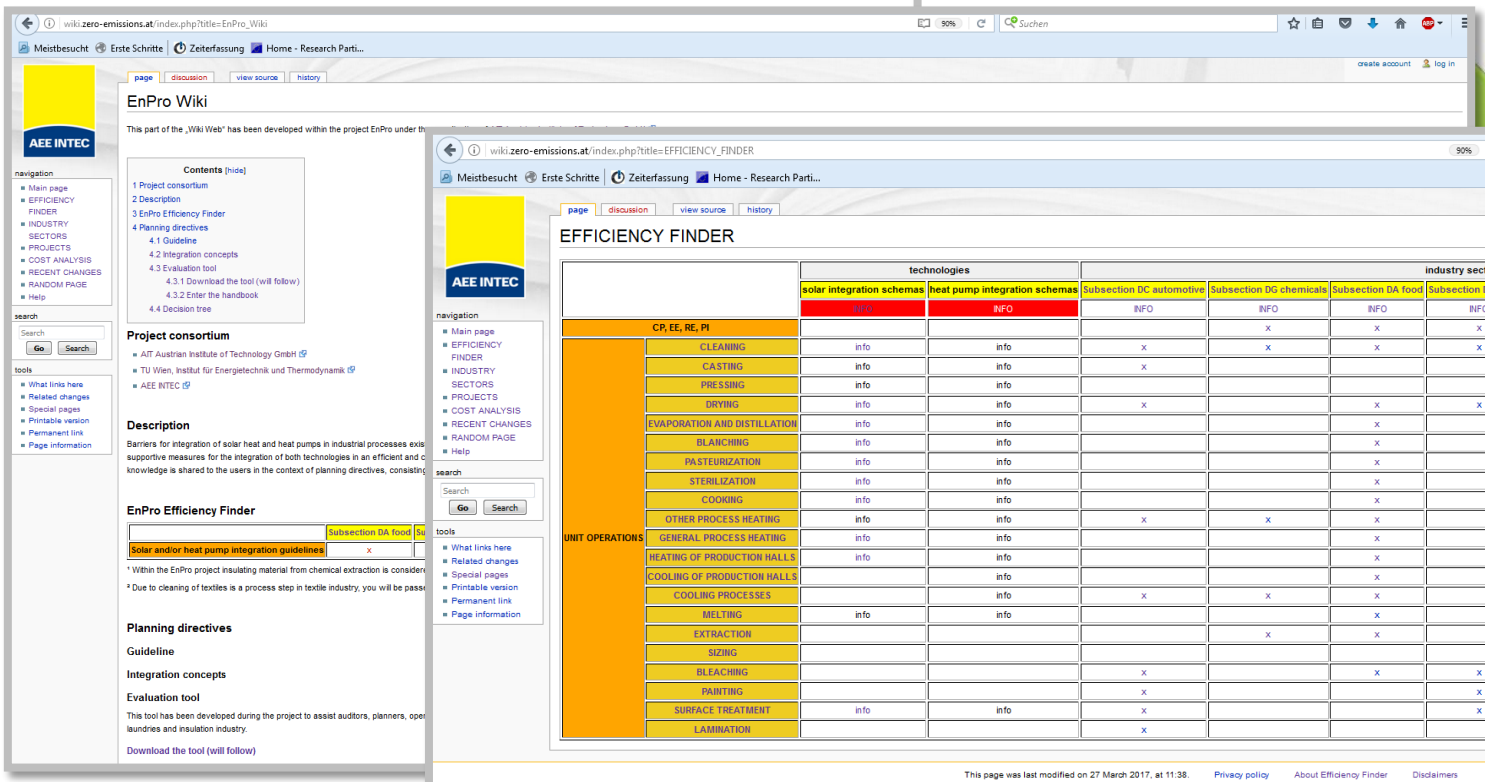
Allgemeine Daten

- Startbildschirm
  - Starke Verknüpfung mit dem EnPro WikiWeb
- OK/KO Kriterien
  - Erste Abschätzung
  - Keine Limitierung des Tools
- Allgemeine Daten zum Betrieb
  - Standort (Einstrahlungsdaten)
  - Freie Dachfläche, etc.

Allgemeine Daten

- Startbildschirm
  - Starke Verknüpfung mit dem EnPro WikiWeb





Allgemeine Daten

- Startbildschirm
  - Starke Verknüpfung mit dem EnPro WikiWeb

Energieversorgung

- Spezifikation der Energieversorgung
  - Energieträger und –kosten
- Wärmeversorgung
  - Warmwasser- und Dampfkessel
- Kälteversorgung
  - Kompressionskältemaschine
- Druckluftversorgung

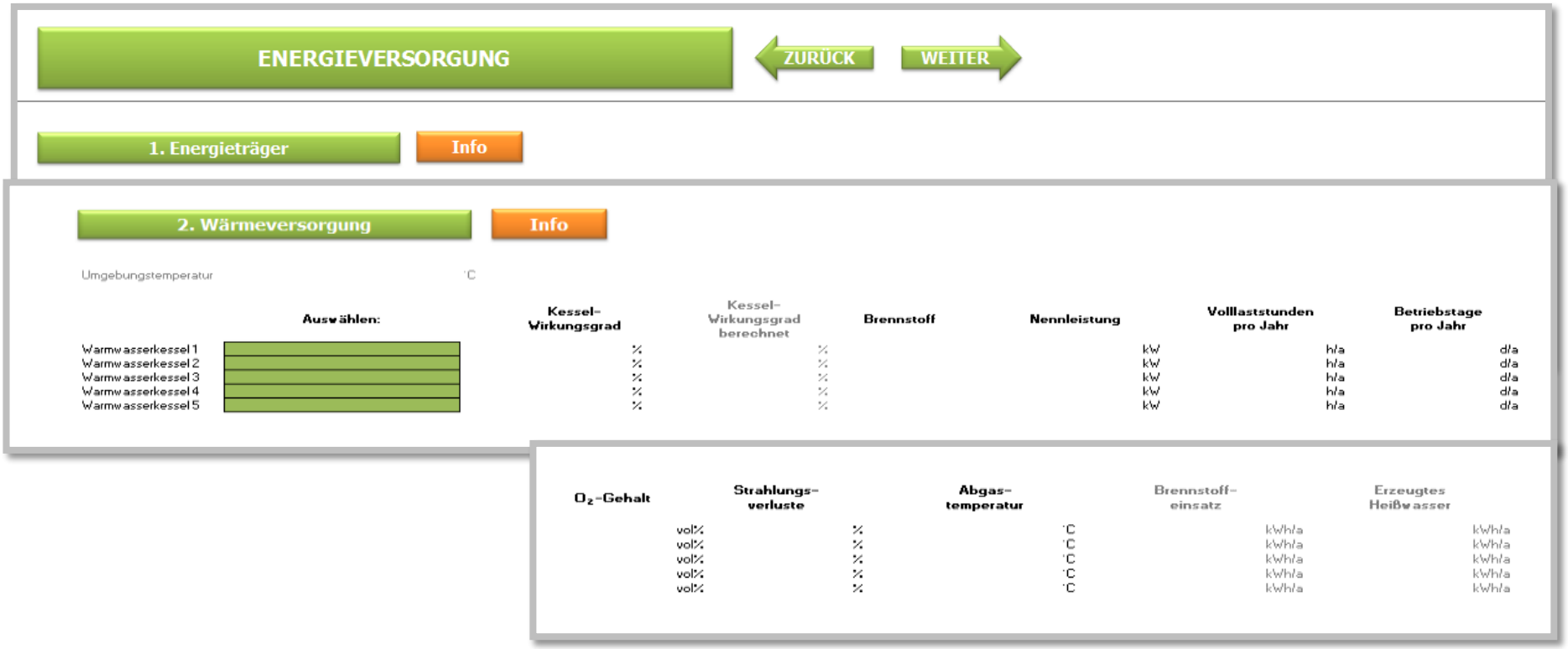
Energieversorgung

- Spezifikation der Energieversorgung
  - Energieträger und –kosten

- Druckluftversorgung

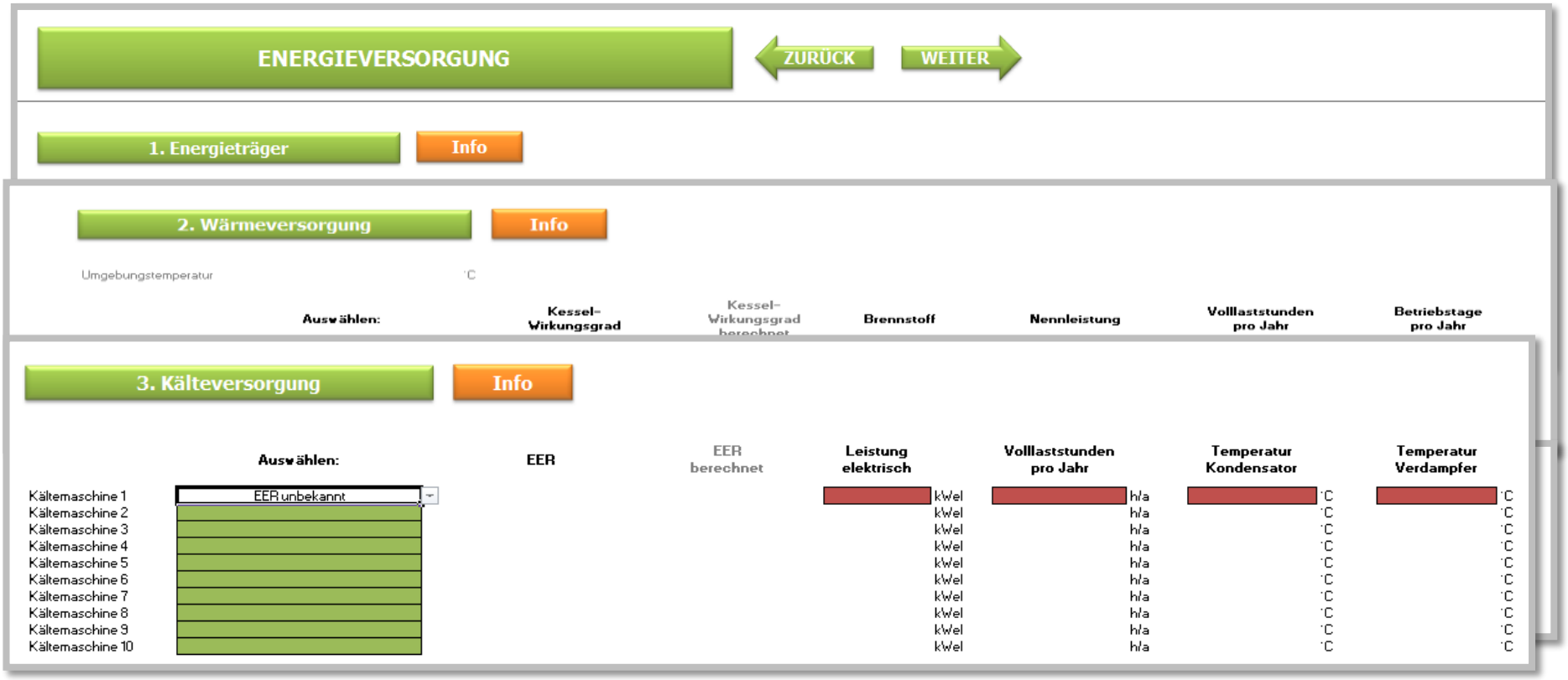
Energieversorgung

- Spezifikation der Energieversorgung
  - Energieträger und –kosten



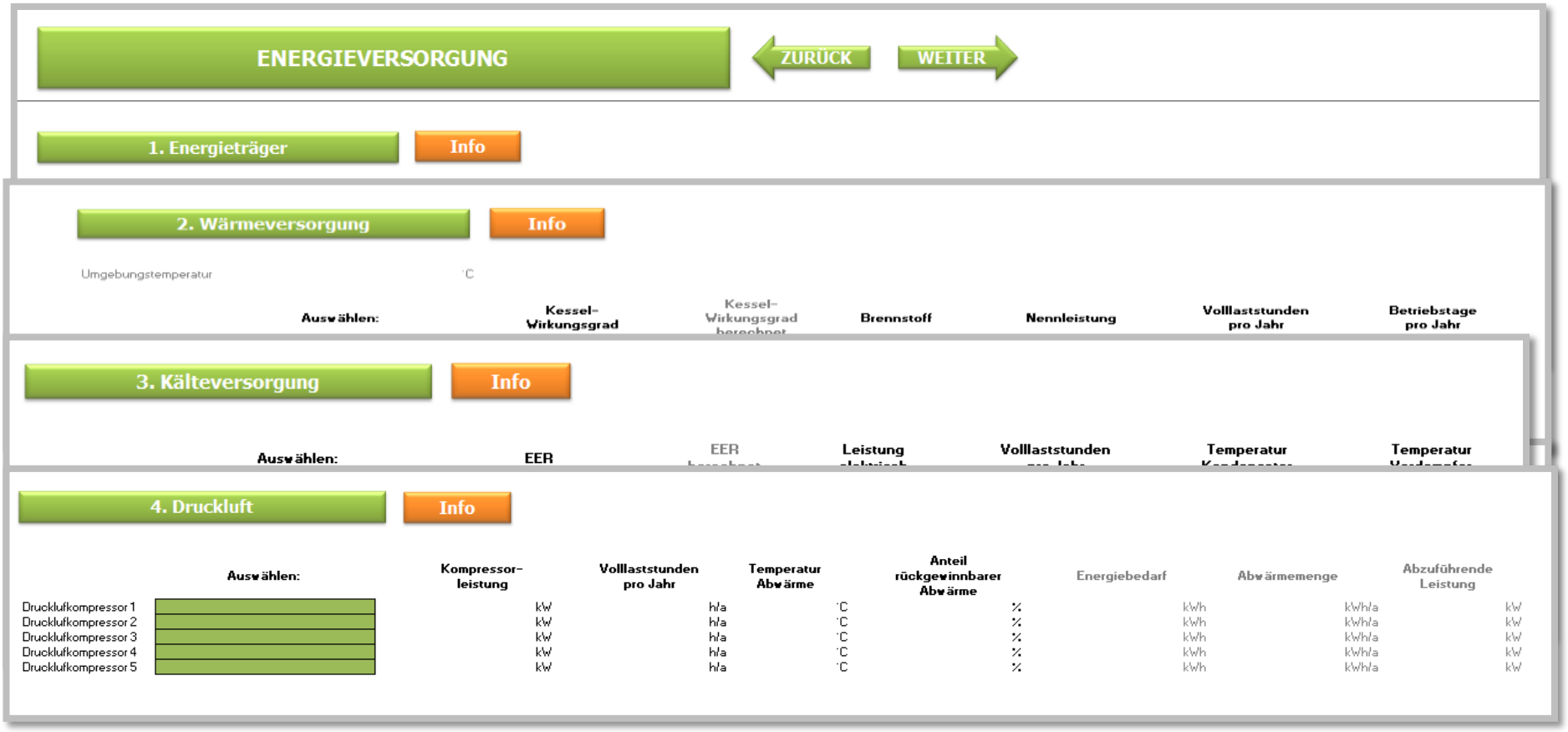
Energieversorgung

- Spezifikation der Energieversorgung
  - Energieträger und –kosten



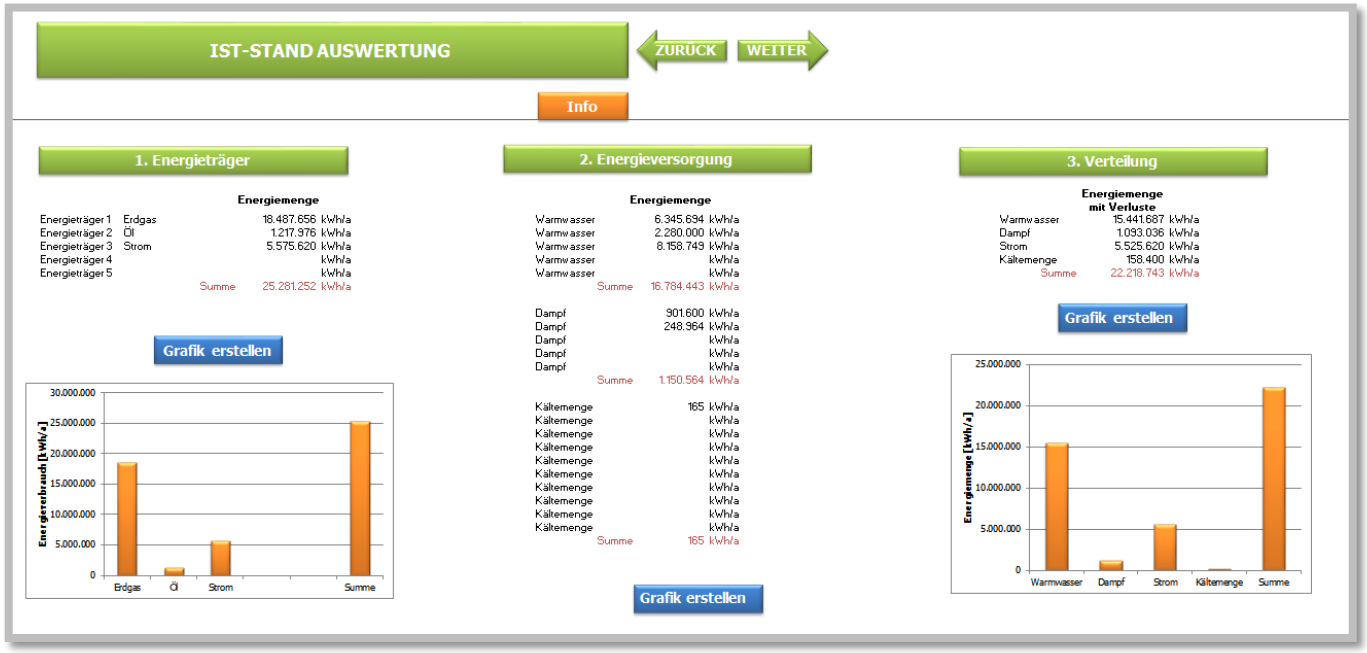
Energieversorgung

- Spezifikation der Energieversorgung
  - Energieträger und –kosten



Auswertung Status Quo

- Grafische Darstellung
  - Primärenergieträger
  - Zuordnung zu Kessel, Kältemaschine
  - Direkt genutzte Energieträgern

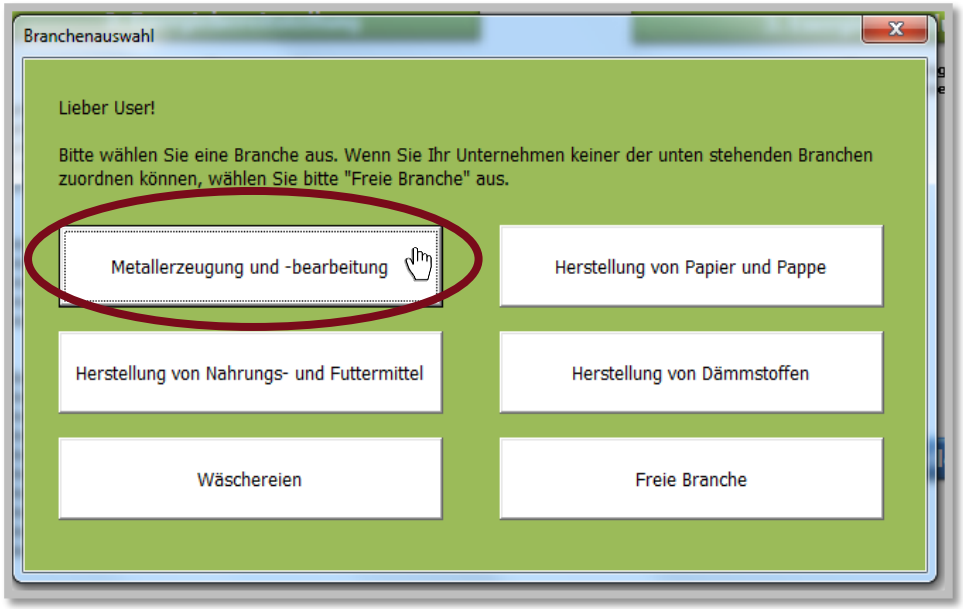


Branchenauswahl & Prozessdefinition

- 5 Branchen + 1 „freie“ Branche
- Grundlage für Integration ST/WP ist die Definition der Prozesse
- Berechnung des Energieverbrauches und potentieller Abwärmequellen
  - Abwasser und (feuchter) Abluft

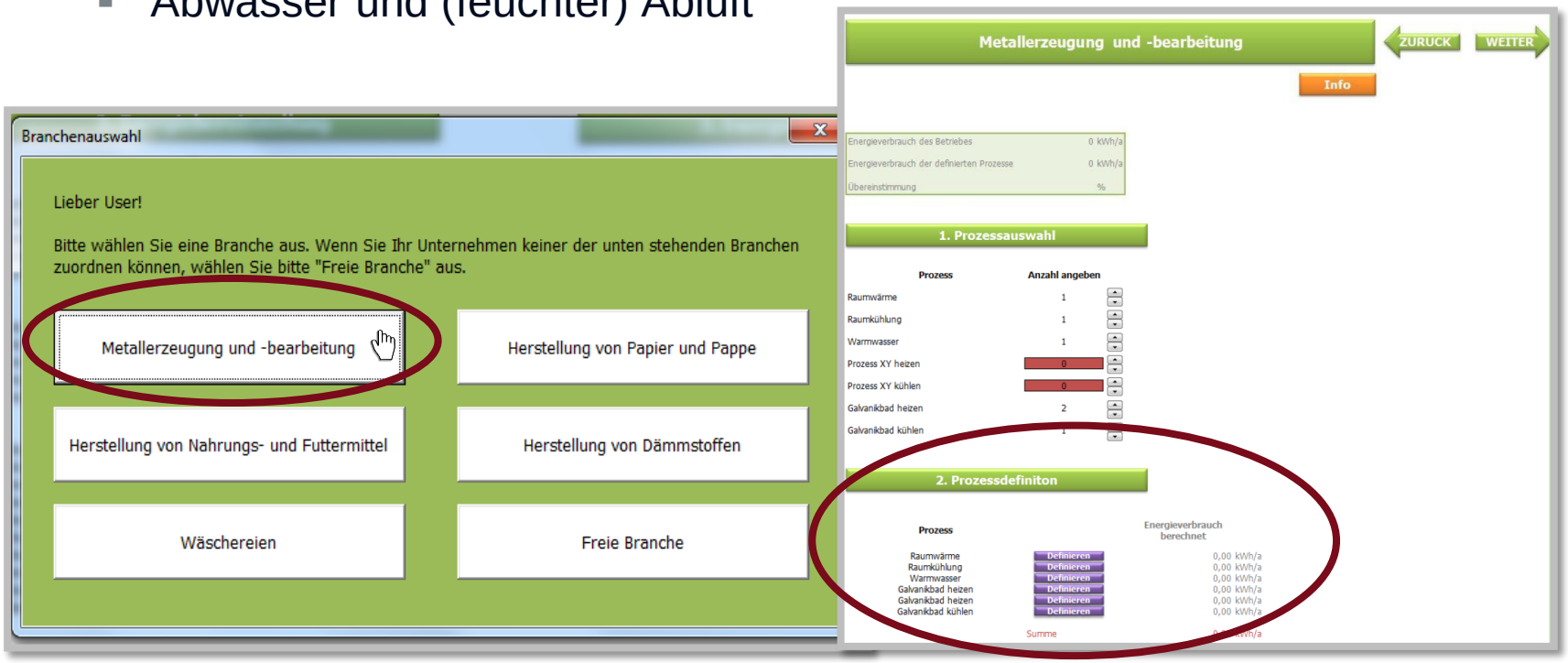
Branchenauswahl & Prozessdefinition

- 5 Branchen + 1 „freie“ Branche
- Grundlage für Integration ST/WP ist die Definition der Prozesse
- Berechnung des Energieverbrauches und potentieller Abwärmequellen
  - Abwasser und (feuchter) Abluft



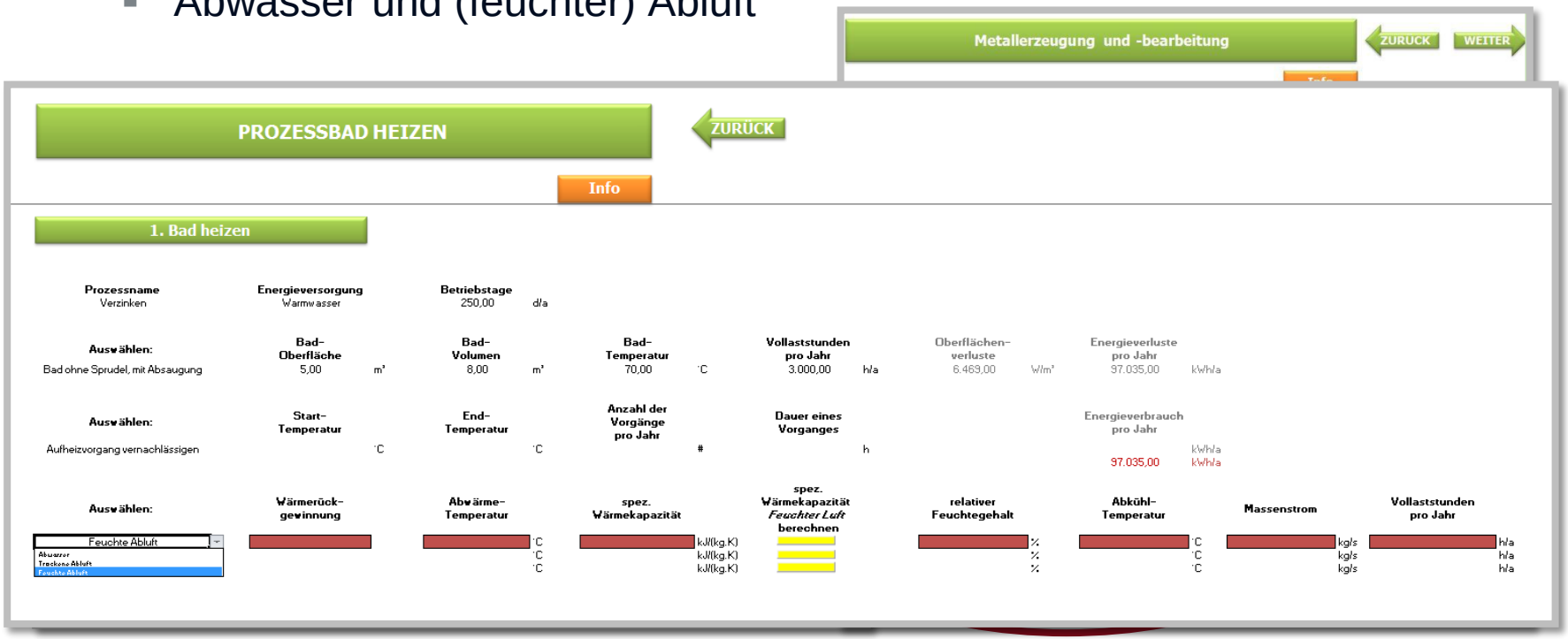
Branchenauswahl & Prozessdefinition

- 5 Branchen + 1 „freie“ Branche
- Grundlage für Integration ST/WP ist die Definition der Prozesse
- Berechnung des Energieverbrauches und potentieller Abwärmequellen
  - Abwasser und (feuchter) Abluft



Branchenauswahl & Prozessdefinition

- 5 Branchen + 1 „freie“ Branche
- Grundlage für Integration ST/WP ist die Definition der Prozesse
- Berechnung des Energieverbrauches und potentieller Abwärmequellen
  - Abwasser und (feuchter) Abluft



Prozess- und Systemoptimierung

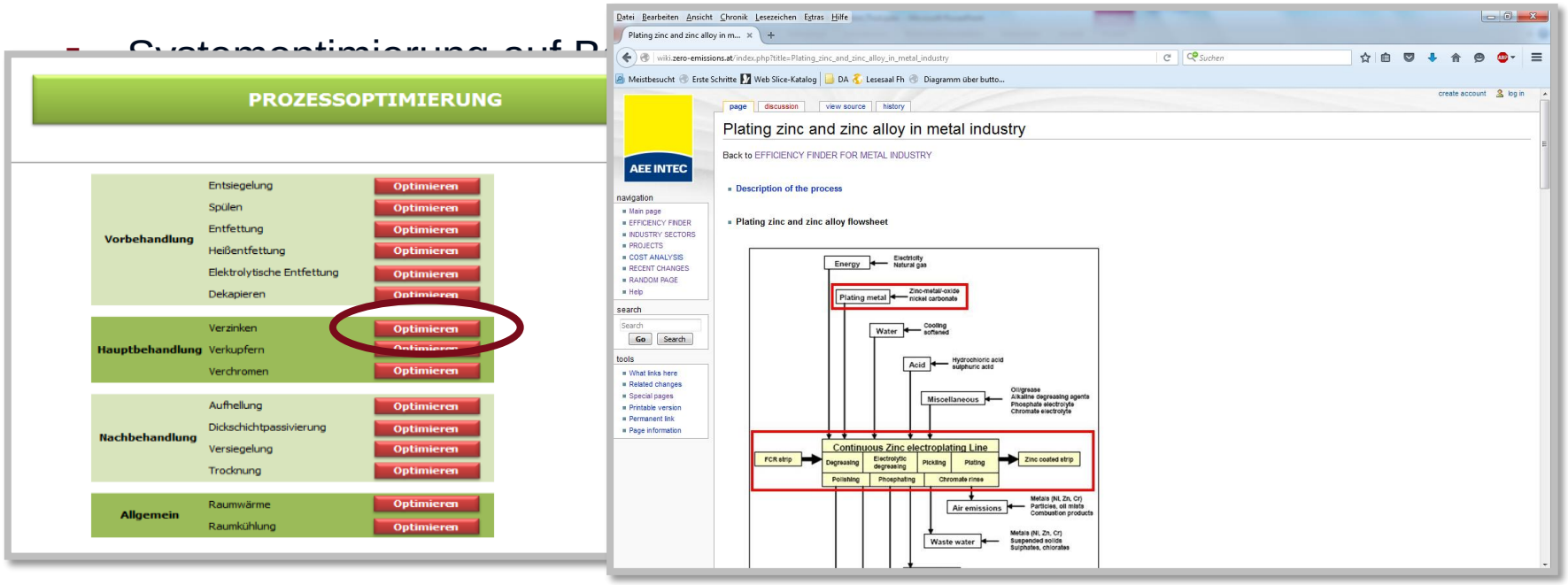
- VOR Integration von Erneuerbaren Energien
- Prozessoptimierung mit Link zum EnPro WikiWeb
- Systemoptimierung auf Basis der PINCH Analyse
  - Wärmerückgewinnung durch Wärmetauscher

Prozess- und Systemoptimierung

- VOR Integration von Erneuerbaren Energien
- Prozessoptimierung mit Link zum EnPro WikiWeb
- Systemoptimierung auf Basis der PINCH-Analyse

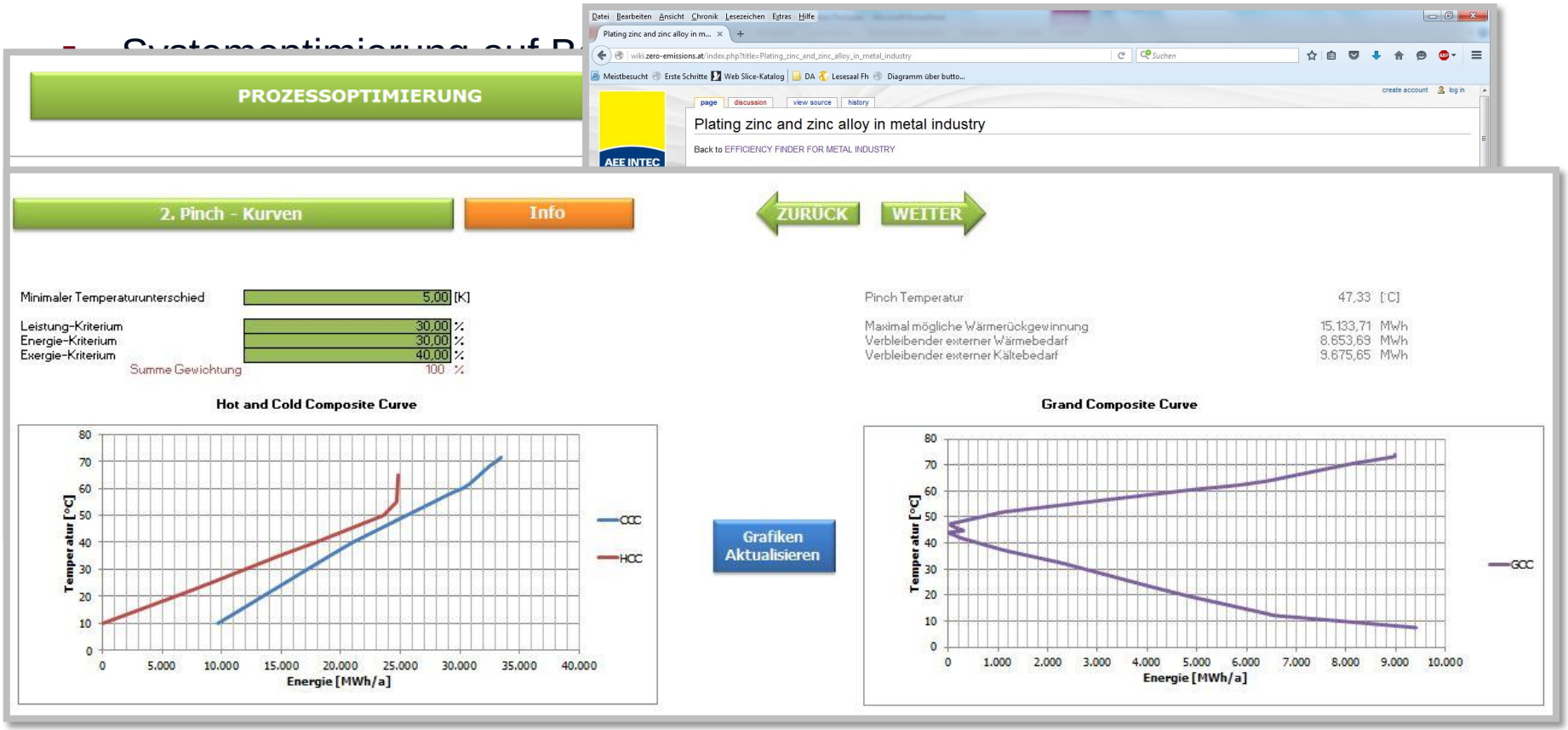
Prozess- und Systemoptimierung

- VOR Integration von Erneuerbaren Energien
- Prozessoptimierung mit Link zum EnPro WikiWeb
- Systemoptimierung auf B



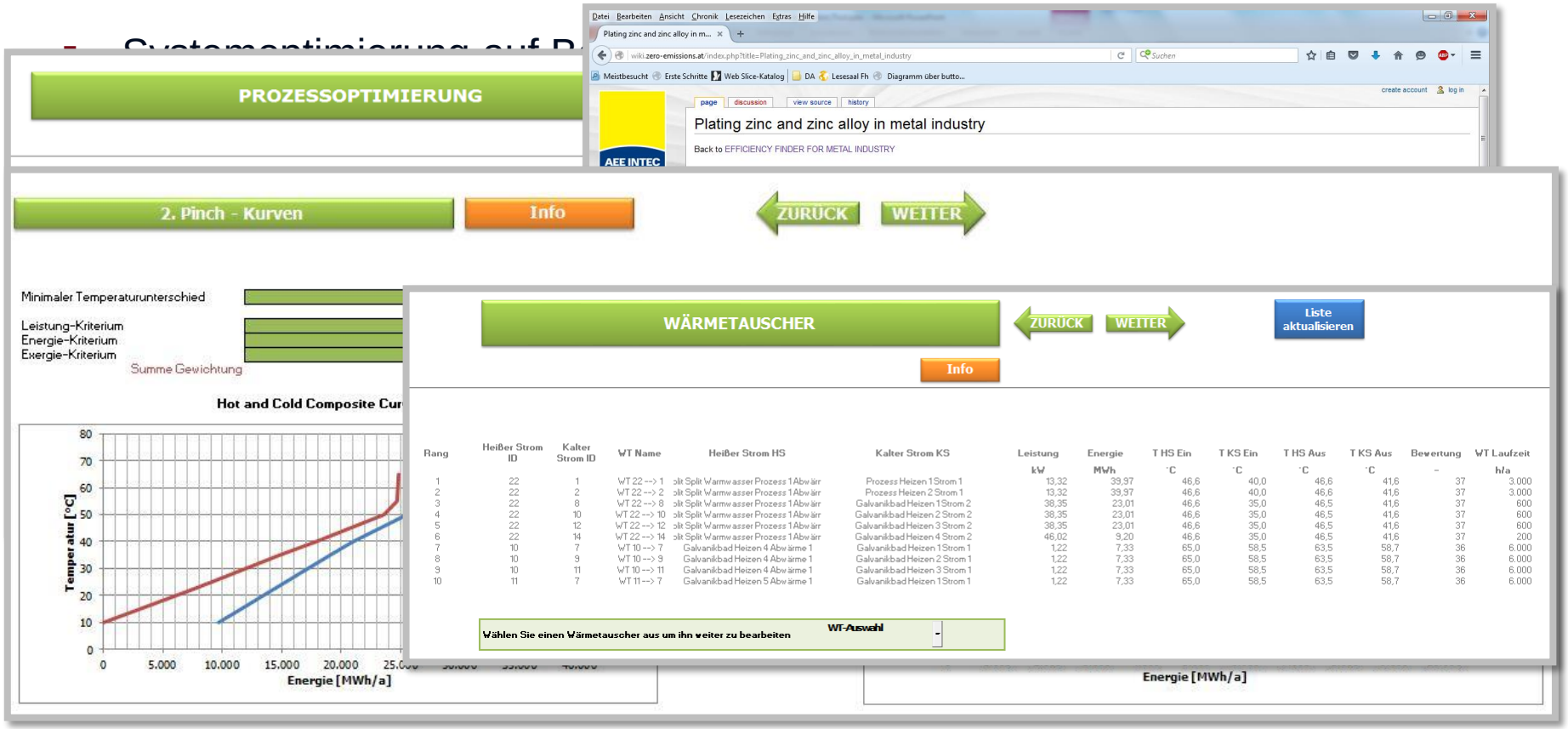
Prozess- und Systemoptimierung

- VOR Integration von Erneuerbaren Energien
- Prozessoptimierung mit Link zum EnPro WikiWeb
- Systemoptimierung auf P



Prozess- und Systemoptimierung

- VOR Integration von Erneuerbaren Energien
- Prozessoptimierung mit Link zum EnPro WikiWeb
- Systemoptimierung auf P

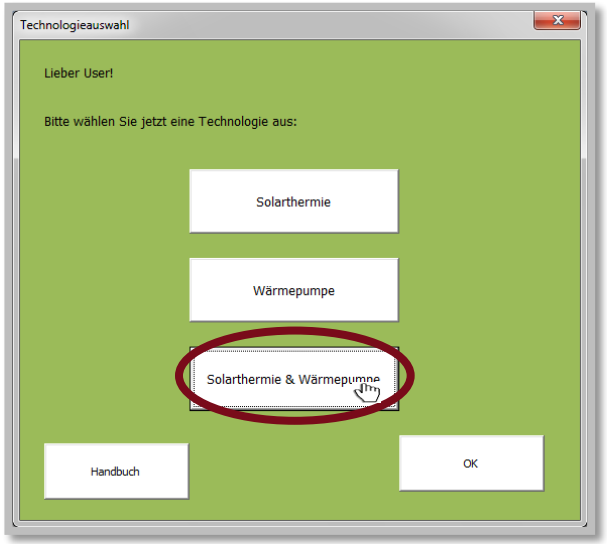


Bewertung von ST und/oder WP

- Monovalente Technologien und kombinierte Systeme

- In allen Fällen
  - Auswahl von Wärmesenke
  - Technische Bewertung
    - Wirkungsgrad bzw. COP
    - Leistung
  - Ökologische Bewertung
    - CO_2(e) – Einsparung
  - Ökonomische Bewertung
    - Energieeinsparung
    - Amortisationszeit
    - Wärmegestehungskosten

Bewertung von ST und/oder WP



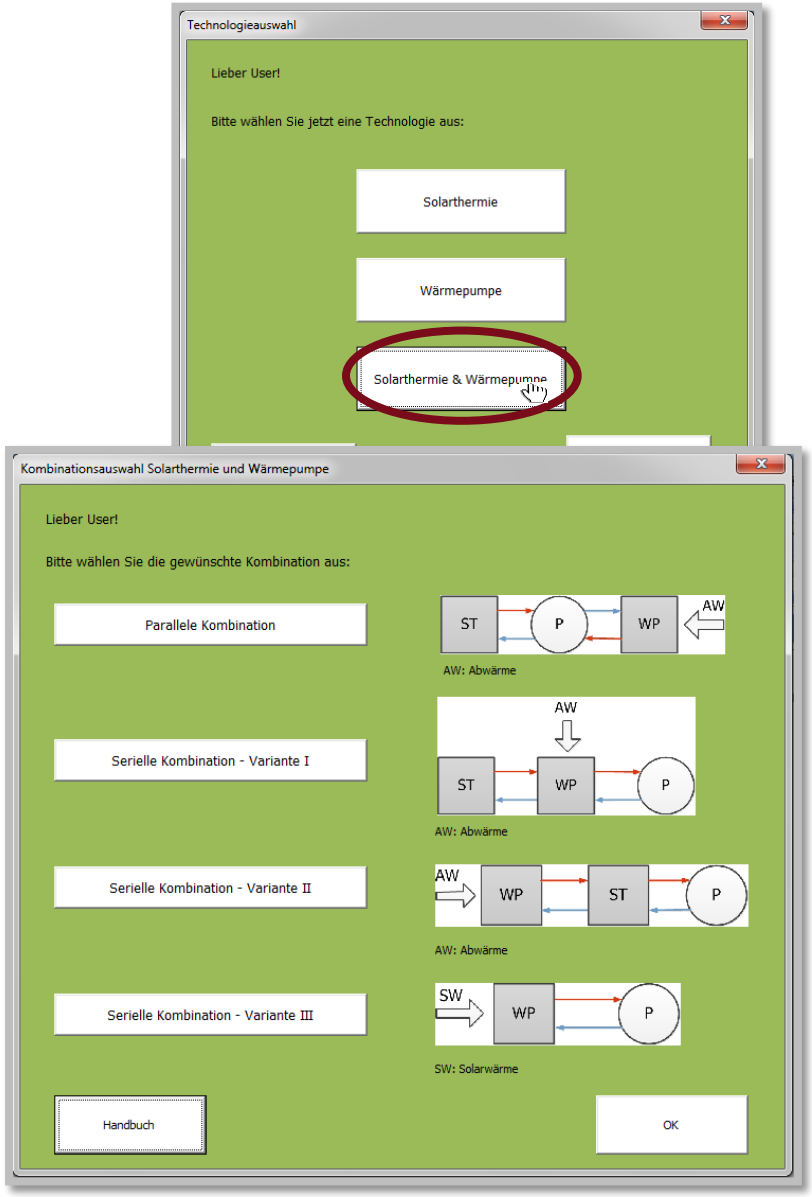
- Monovalente Technologien und kombinierte Systeme

- In allen Fällen
  - Auswahl von Wärmesenke
  - Technische Bewertung
    - Wirkungsgrad bzw. COP
    - Leistung
  - Ökologische Bewertung
    - CO_2(e) – Einsparung
  - Ökonomische Bewertung
    - Energieeinsparung
    - Amortisationszeit
    - Wärmegestehungskosten

Bewertung von ST und/oder WP

- Monovalente Technologien und kombinierte Systeme

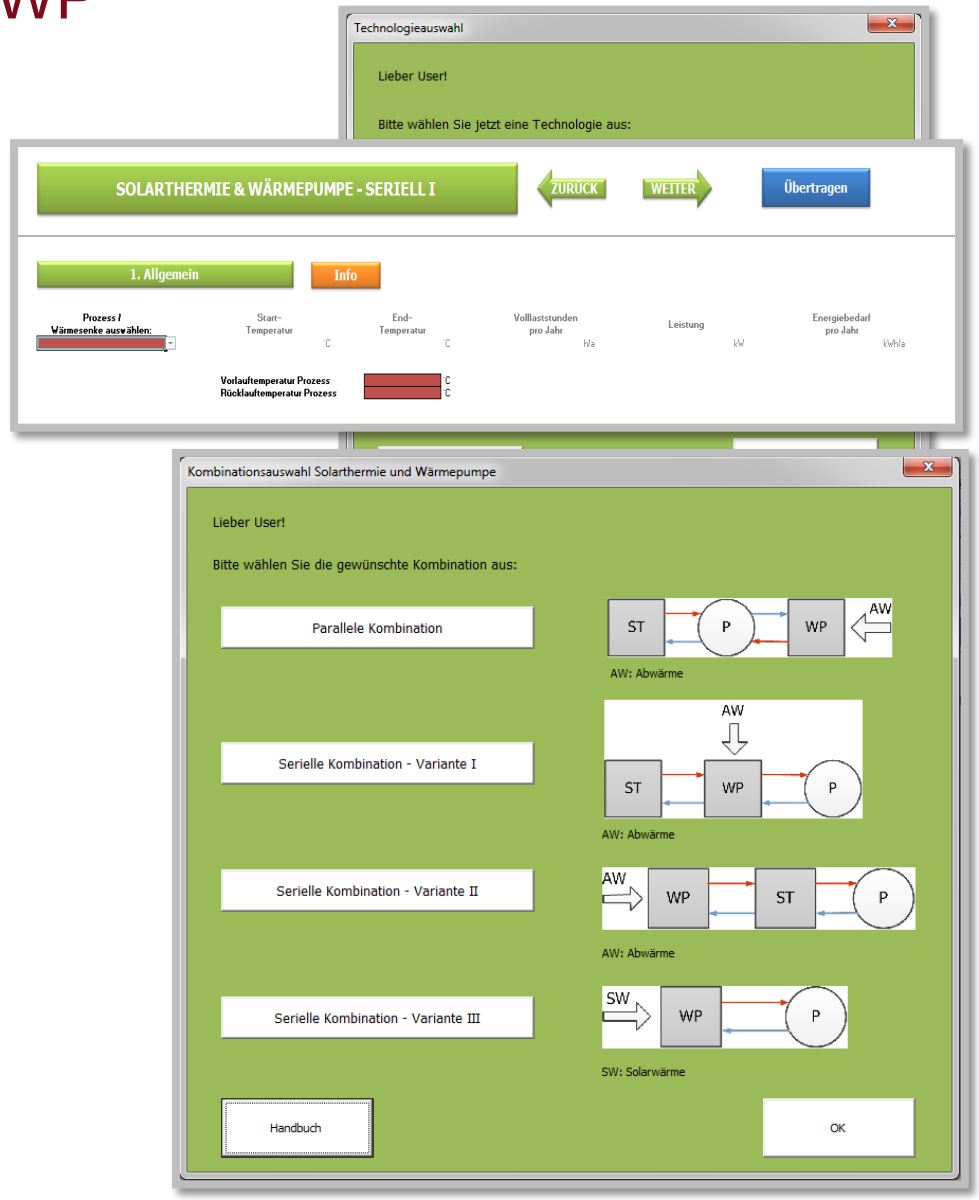
- In allen Fällen
  - Auswahl von Wärmesenke
  - Technische Bewertung
    - Wirkungsgrad bzw. COP
    - Leistung
  - Ökologische Bewertung
    - CO_2(e) – Einsparung
  - Ökonomische Bewertung
    - Energieeinsparung
    - Amortisationszeit
    - Wärmegestehungskosten



Bewertung von ST und/oder WP

- Monovalente Technologien und kombinierte Systeme

- In allen Fällen
  - Auswahl von Wärmesenke
  - Technische Bewertung
    - Wirkungsgrad bzw. COP
    - Leistung
  - Ökologische Bewertung
    - CO_2(e) – Einsparung
  - Ökonomische Bewertung
    - Energieeinsparung
    - Amortisationszeit
    - Wärmegestehungskosten



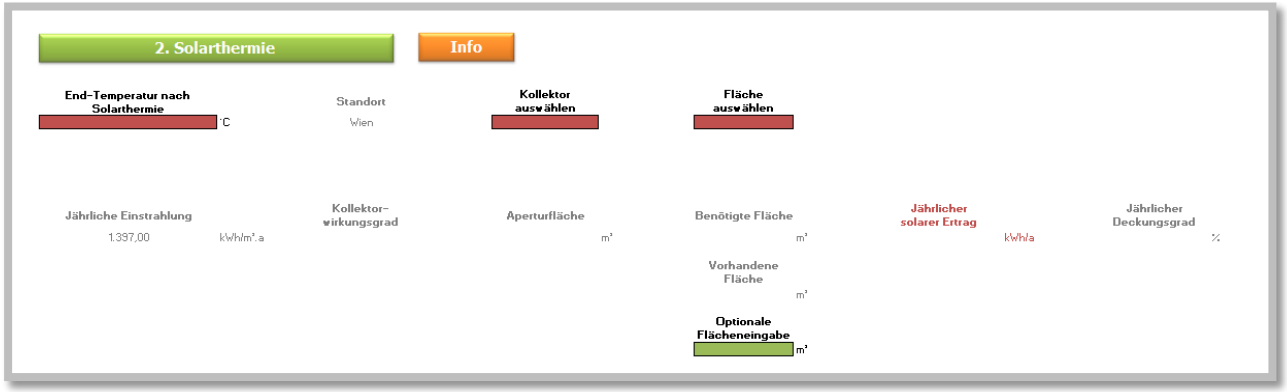
Bewertung von ST und/oder WP

- Monovalente Technologien und kombinierte Systeme

- In allen Fällen
  - Auswahl von Wärmesenke
  - Technische Bewertung
    - Wirkungsgrad bzw
    - Leistung
  - Ökologische Bewertung
    - CO_2(e) – Einsparung
  - Ökonomische Bewertung
    - Energieeinsparung
    - Amortisationszeit
    - Wärmegestehungskosten

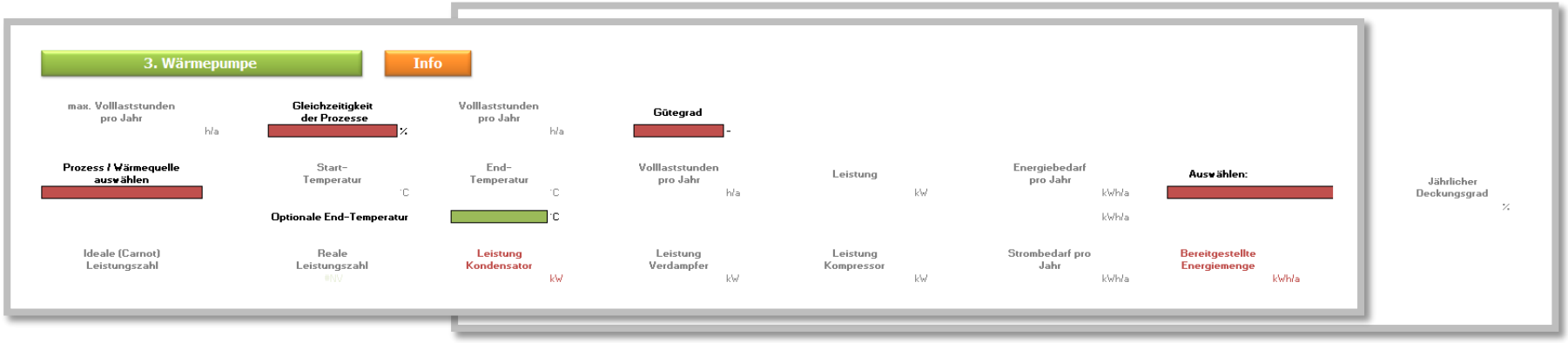
Bewertung von ST und/oder WP

- Je nach Technologie/Kombination
  - Solarthermie
    - Dach-/Bodenfläche
    - Auslegung auf Tag mit größter solarer Einstrahlung
  - Wärmepumpe
    - Wärmequelle (zuvor definierter Prozess/Abwärme)
    - Gütegrad
    - Gleichzeitigkeit von Quelle und Senke



Bewertung von ST und/oder WP

- Je nach Technologie/Kombination
  - Solarthermie
    - Dach-/Bodenfläche
    - Auslegung auf Tag mit größter solarer Einstrahlung
  - Wärmepumpe
    - Wärmequelle (zuvor definierter Prozess/Abwärme)
    - Gütegrad
    - Gleichzeitigkeit von Quelle und Senke

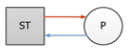
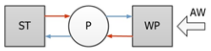


Gegenüberstellung der Technologien/Kombinationen

- Gegenüberstellung der essentiellen
  - technischen,
  - ökologischen und
  - ökonomischen Parameter.

GEGENÜBERSTELLUNG

Info

		Variante Solarthermie	Variante Wärmepumpe	Variante Solarthermie und Wärmepumpe PARALLEL	Variante Solarthermie und Wärmepumpe SERIELL I	Variante Solarthermie und Wärmepumpe SERIELL II	Variante Solarthermie und Wärmepumpe SERIELL III
							
Energieträger		Öl	Öl	Öl	Öl	Öl	Öl
Jährliche Energie-einsparung	kWh/a	68.086,89	139.223,96	66.135,28	28.899,05	46.248,23	83.242,11
Jährliche CO_2-Einsparung	t CO_2/a	18,38	27,60	17,86	7,89	11,58	22,91
Strompreis	€/kWh	-	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Jährliche Energiekosten-einsparung	€/a	3.744,78	5.291,05	4.512,37	1.265,89	3.396,74	2.965,22
Investitionskosten Wärmepumpe	€	Keine	1.818,00	455,00	1.554,00	475,00	1.818,00
Investitionskosten Solarthermie	€	85.400,00	Keine	68.250,00	29.400,00	36.400,00	36.050,00
Statische Amortisationszeit	Jahre	23	0	15	24	11	13
Wärmegestehungs-kosten	€/kWh	0,063	0,001	0,046	0,013	0,021	0,028

Schlussfolgerung

- Das EnPro Berechnungstool ermöglicht
  - Schnelle Bilanzierung meiner innerbetrieblichen Energieflüsse
  - Vorschläge zur Prozessoptimierung durch BAT – Link zu WikiWeb
  - Steigerung der Energieeffizienz durch die Auslegung von Wärmetauschern und direkte Abwärmenutzung
  - Bewertung von monovalenten Solaranlagen und Wärmepumpen
  - Bewertung von kombinierten Systemen

- Downloadlink

http://wiki.zero-emissions.at/index.php?title=EnPro_Wiki#Download_the_tool

AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TOMORROW TODAY

TU WIEN IET
INSTITUT FÜR ENERGIETECHNIK UND THERMODYNAMIK
Institute for Energy Systems and Thermodynamics

AEE INTEC

EnPro – Berechnungstool

Roto

ARC

Norske Skog

BICHLBÄCK
echt von uns.

MKE Präzision haasmetal

SALESIANER MIETTEX

AUSTROTHERM
Dämmstoffe

BÄCKEREI Sorger

Der Bäcker Ruetz

WIRL
ANNO 1930

…von der Theorie zur Praxis

Fallstudie aus einem metallverarbeitenden Betrieb

J. Fluch

Betrachtete Unternehmen / Branchen

H.v. Nahrungs- und Futtermittel

(Fokus Bäckereien)

Metallerzeugung und –bearbeitung

(Fokus Galvanik)

Anonym

H.v. Papier/Pappe und Waren daraus

Anonym

Wäschereien

Dämmstoffe

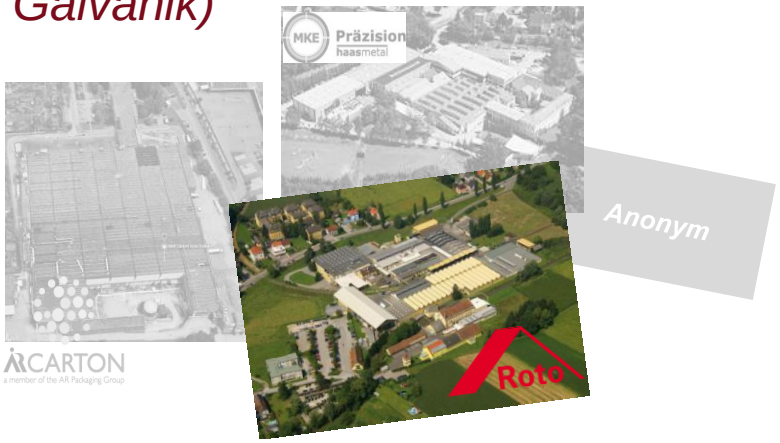
Betrachtete Unternehmen / Branchen

H.v. Nahrungs- und Futtermittel

(Fokus Bäckereien)

Metallerzeugung und –bearbeitung

(Fokus Galvanik)



H.v. Papier/Pappe und Waren daraus

Wäschereien

Dämmstoffe

Fallstudie Roto Frank Austria GmbH

- Standort Kalsdorf bei Graz
- Knapp 400 Mitarbeiter
- Herstellung von Beschlägen für Fenster und Türen
- Herstellung von Zinkdruckguss- und Kunststoffteilen
- Oberflächenbehandlung

Galvanik

[1]

Ziel der Fallstudie

- Identifikation des Status Quo der Energieversorgung und wichtigsten thermischen Verbraucher

- Möglichkeiten zur
  - Prozessoptimierung
  - Systemoptimierung (Wärmetauscher)

- Identifikation von Integrationsmöglichkeiten/-punkten für ST und/oder WP

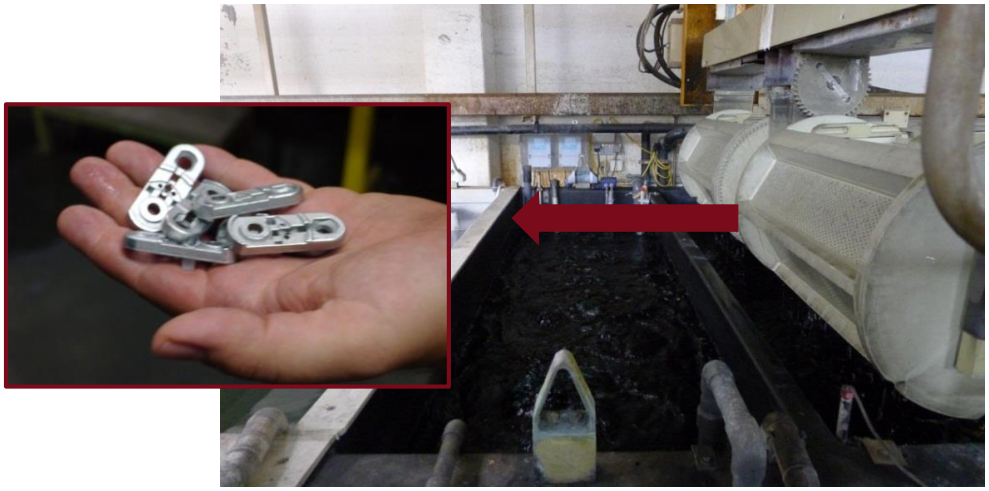
- Wirtschaftliche Bewertung

Betriebsbesichtigung und Datenbeschaffung

- Zwei Galvaniklinien

1. Gestellgalvanik

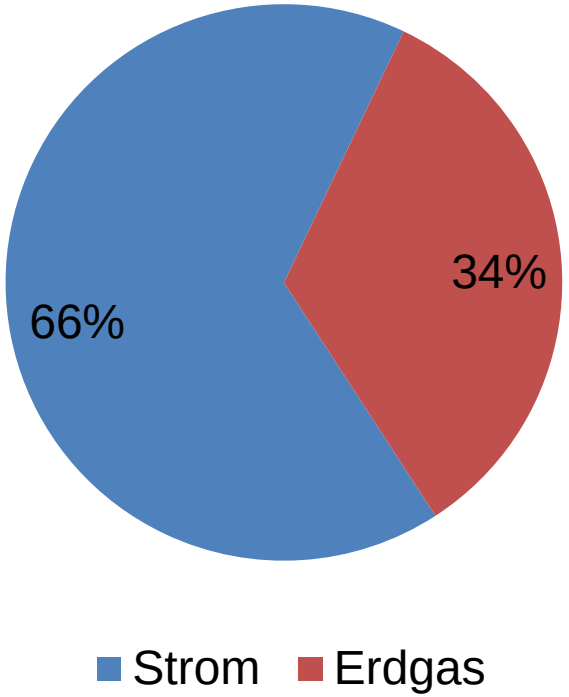
2. Trommelgalvanik



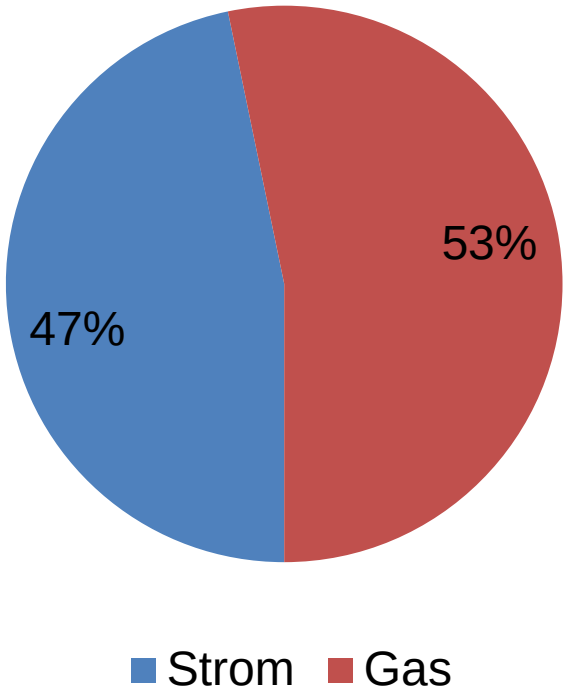
Analyse Energieverbrauches und -kosten

- Fokus auf die Galvanik
- Aufteilung auf die Energieträger Strom und Erdgas

Energiekosten

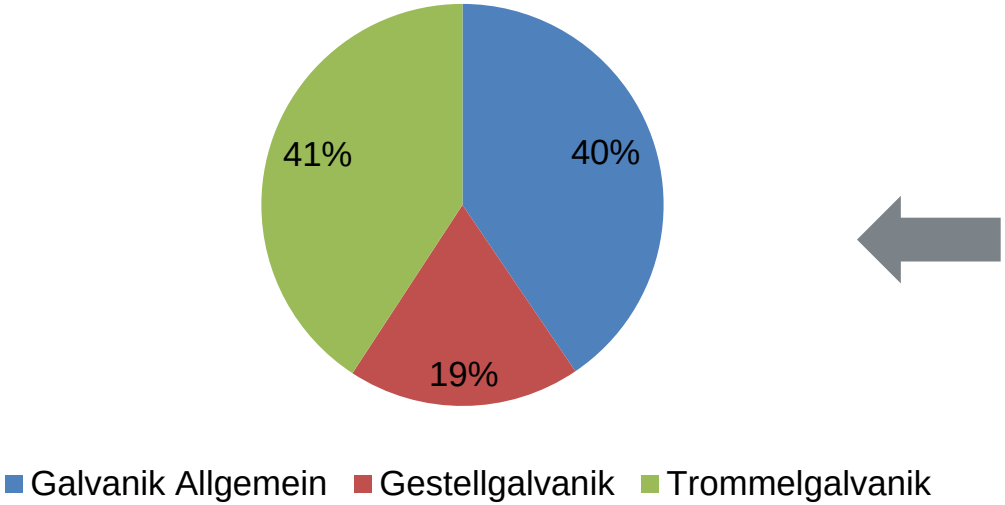


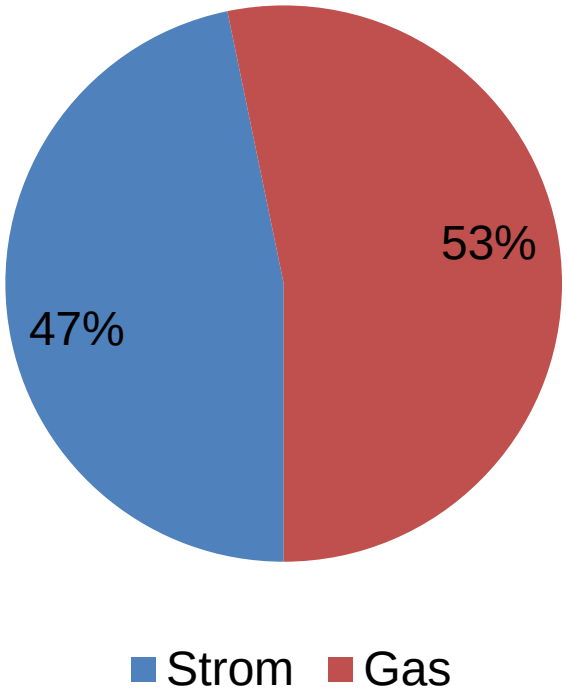
Energieverbrauch



Analyse des Energieverbrauches

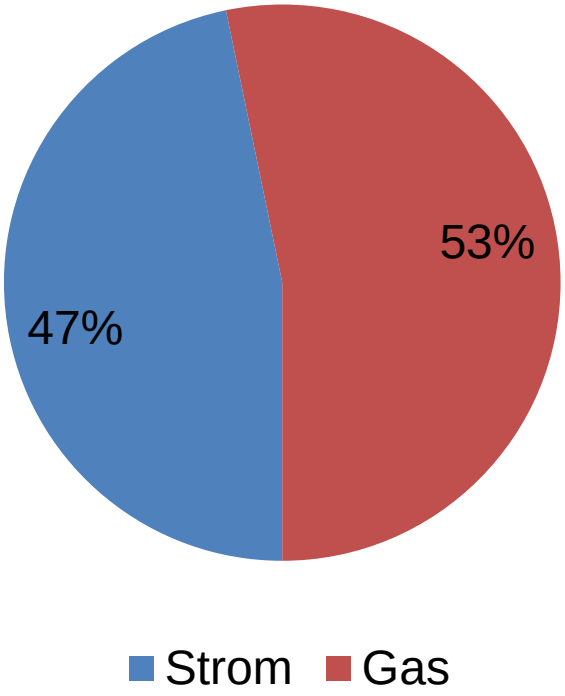
- Strombedarf für Antriebe, Beleuchtung, etc.

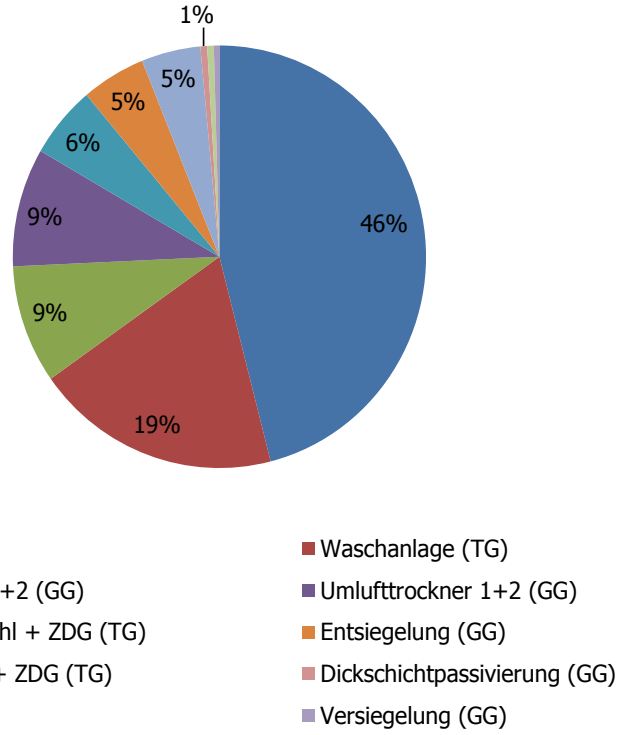




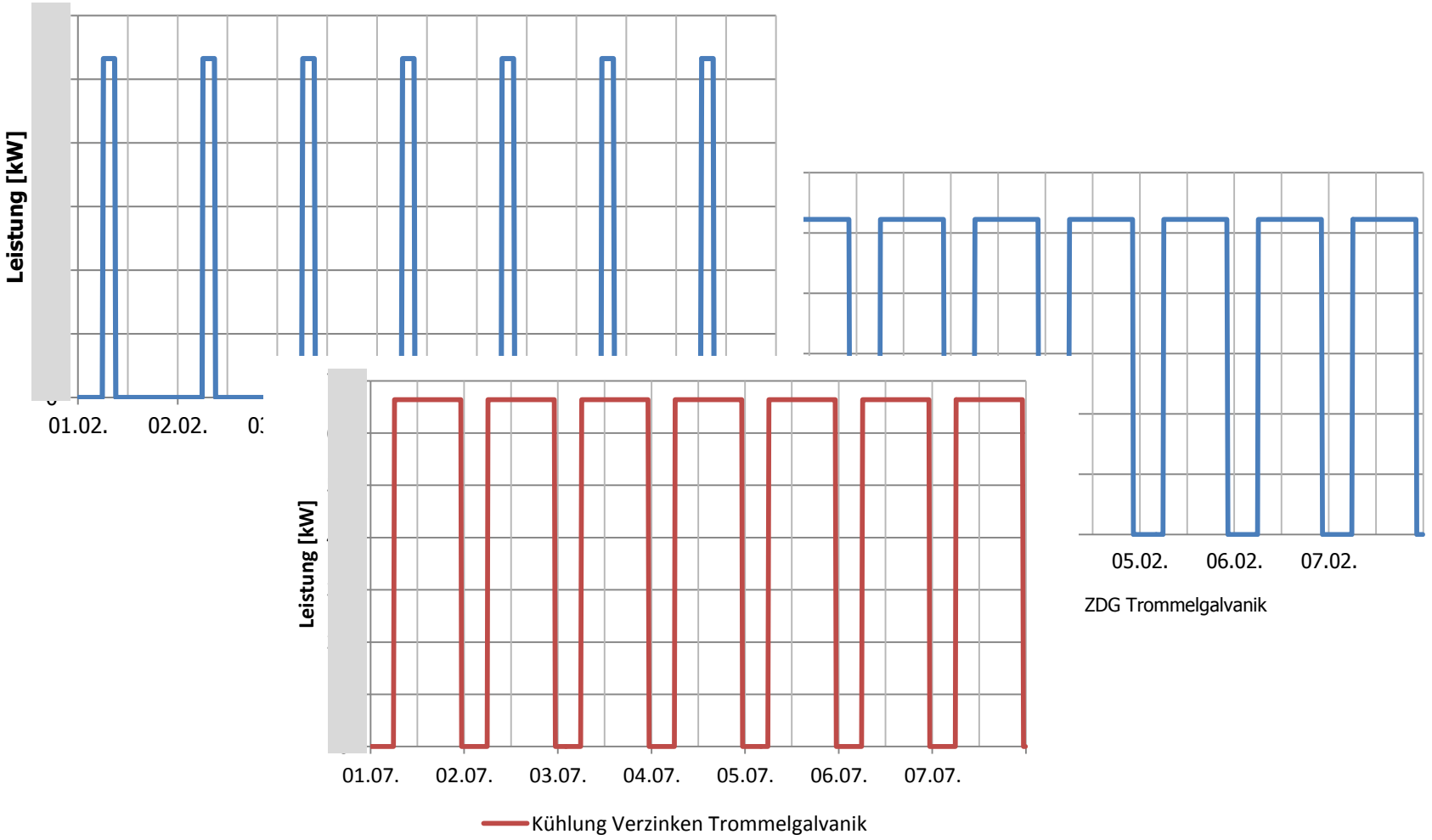
Analyse des Energieverbrauches

- Aufteilung des Gasverbrauches
- Hoher Anteil des Raumwärmebedarf aufgrund von Verlusten
- Analyse der einzelnen Prozesswärmeverbraucher





Lastprofilerstellung



Maßnahmen zur Prozessoptimierung

1. Reduktion der Wärmeverluste bei Galvanikbädern durch Abdeckung
   - Abdeckung der Oberfläche mit Schwimmkugeln
   - Reduktion der Oberflächenverluste lt. Hersteller zwischen 30 und 70%

2. Reduktion der hohen Raumwärmeverluste im Bereich der Logistik durch kostengünstige Streifenvorhänge

Integration von Solarthermie und/oder Wärmepumpe

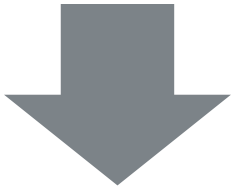
- Identifikation der Wärmequellen auf Prozessebene / Systemebene
  - Abwärme Kältemaschine TG
  - Abwärme Druckluftkompressor

- Identifikation der Wärmesenken auf Prozessebene / Systemebene
  - Galvanikbäder GG (40 – 70 ºC)
  - Galvanikbäder TG (~ 55 ºC)
  - Trockner GG

Integration von Solarthermie und/oder Wärmepumpe

- Identifikation der Wärmequellen auf Prozessebene / Systemebene
  - Abwärme Kältemaschine TG (38 – 40 ºC)
  - Abwärme Druckluftkompressor

- Identifikation der Wärmesenken auf Prozessebene / Systemebene
  - Galvanikbäder GG (40 – 70 ºC)
  - Galvanikbäder TG (~ 55 ºC)
  - Trockner GG

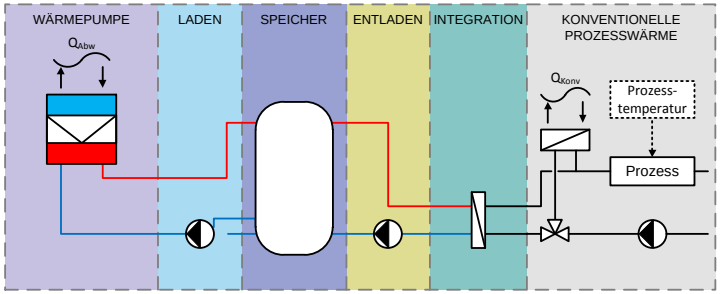


- Passende(s)
  - örtliche Gegebenheiten,
  - zeitliche Übereinstimmung (Kühlung der Zinkbäder TG und Beheizung der Entfettungsbäder TG),
  - Temperaturniveau (Quelle und Senke)

Integrationsmöglichkeiten

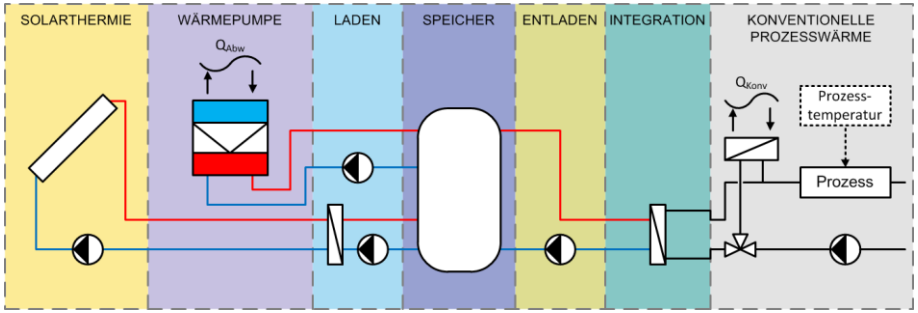
Monovalenten WP

- Kondensatorabwärme als Wärmequelle
- Abdeckung der Grundlast der Bäder (Halten auf Temperatur)
- Aufheizleistung durch konventionelle Energieversorgung



Parallele Kombination WP + ST

- Kondensatorabwärme als Wärmequelle
- Abdeckung der Spitzenlast durch ST
- Abdeckung der Grundlast durch WP



Schlussfolgerung & Nächste Schritte

- Großes identifiziertes Potential für die Integration von Erneuerbaren
  - Ungenutzte Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau
  - Prozesswärmetemperatur < 100 °C
- Bereitschaft und hohe Motivation vom Unternehmen für Umsetzung
- Detailauslegung und –simulation von Gesamtkonzept
- WP+ST in weiterer Kombination mit innovativer Technologie zur Aufkonzentrierung von Galvanikflüssigkeiten
- Folgeprojekt und Umsetzung in den kommenden 2 Jahren

…von der Theorie zur Praxis

Fallstudie aus einem metallverarbeitenden Betrieb

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Maßnahmen zur weiteren Marktdurchdringung, Möglichkeiten und Grenzen

Dietrich Wertz, Daniel Lange, Karl Ponweiser; TU Wien

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Vorgehensweise

- **Ausgangspunkt & Abwicklung:**
  - Erkenntnisse aus Fallstudien & internen Besprechungen
  - Bestehende Roadmaps, Forschungsstrategien etc.
  - → Maßnahmendefinition *(in Summe: 57*)
  - Reviewingprozess

- **Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen – 4 Blocks** *(48)*:
  - 1: Prozess- und systemspezifisch in der industriellen Produktion (*21)*
  - 2: Wärmepumpen (WP)-spezifisch *(7)*
  - 3: Solarthermie (ST)-spezifisch *(11)*
  - 4: Kombinationsspezifisch *(9)*

- **Förderinstrumente** *(9)*:
  - Umfasst auch die Randbedingungen im weiteren Sinne

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

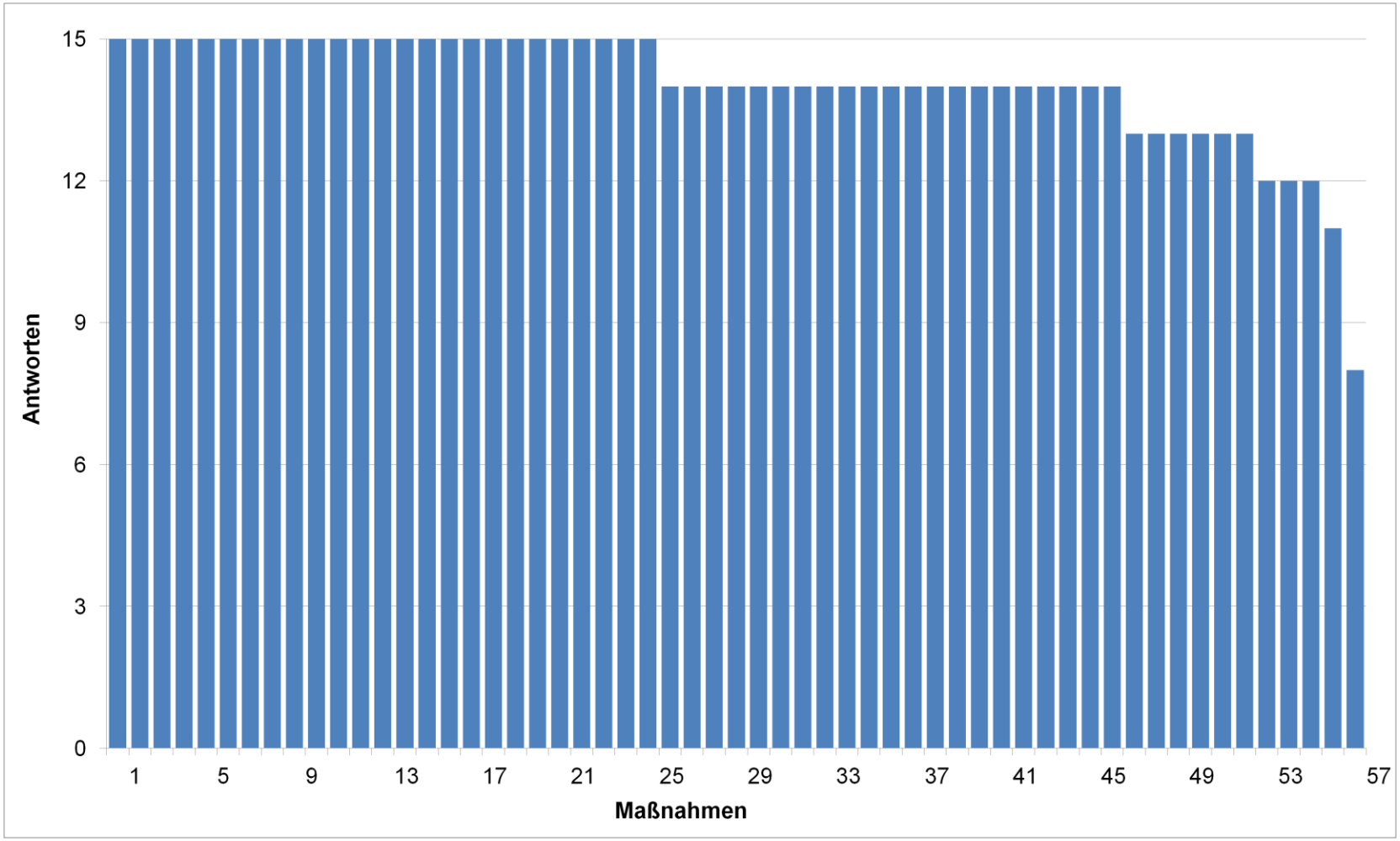
Fragebogen – z.B. S.5/12

Block 2: Wärmepumpen (WP)-spezifisch

Legende: 1 … „Maßnahme unwichtig“ / 5 … „Maßnahme sehr wichtig“ *Abkürzungen:* ST – Solarthermie, WP - Wärmepumpe	5	4	3	2	1
2.1 Erhöhung des Temperaturniveaus der Wärmenutzung *WPn mit einer Nutztemperatur von 120°C sind am Markt bereits verfügbar. Durch höhere Wärmenutzungstemperaturen können neue Anwendungen erschlossen werden. Großer Wärmebedarf liegt in der Industrie auch in Form von HD Dampf (10-16 bar) und ND-Dampf (3-6 bar) vor.*					
Maßnahme 1: Entwicklung marktverfügbarer Hochtemperatur-WPn, die Wärmenutzungstemperaturen im Bereich von 150 - 200°C liefern können	☐	☐	☐	☐	☐
Maßnahme 2: Entwicklung marktverfügbarer Hochtemperatur-WPn, die (überhitzten) Dampf erzeugen können	☐	☐	☐	☐	☐
2.2 Effizienzsteigerung *Für die effiziente Wärmebereitstellung auf hohem Temperaturniveau braucht man geeignete Abwärmequellen und optimierte Konfigurationen des Kältekreises und der Komponenten.*					
Maßnahme: Optimierung der Komponenten (Wärmetauscher, Verdichter, Expansionsventil) sowie der Konfiguration des Kältekreises zur Erhöhung der Effizienz	☐	☐	☐	☐	☐
2.3 Robuste Wärmetauscher *Abwasser- oder Abgasströme aus der industriellen Produktion werden auf Grund von Verschmutzungen trotz ihres hohen energetischen Potentials nicht mehr für die weitere Nutzung in Betracht gezogen.*					
Maßnahme 1: Entwicklung von innovativen Wärmeübertragern für besondere Herausforderungen (Verschmutzung, Abrasion etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
Maßnahme 2: Nutzung belasteter Abwärmequellen in WPn	☐	☐	☐	☐	☐

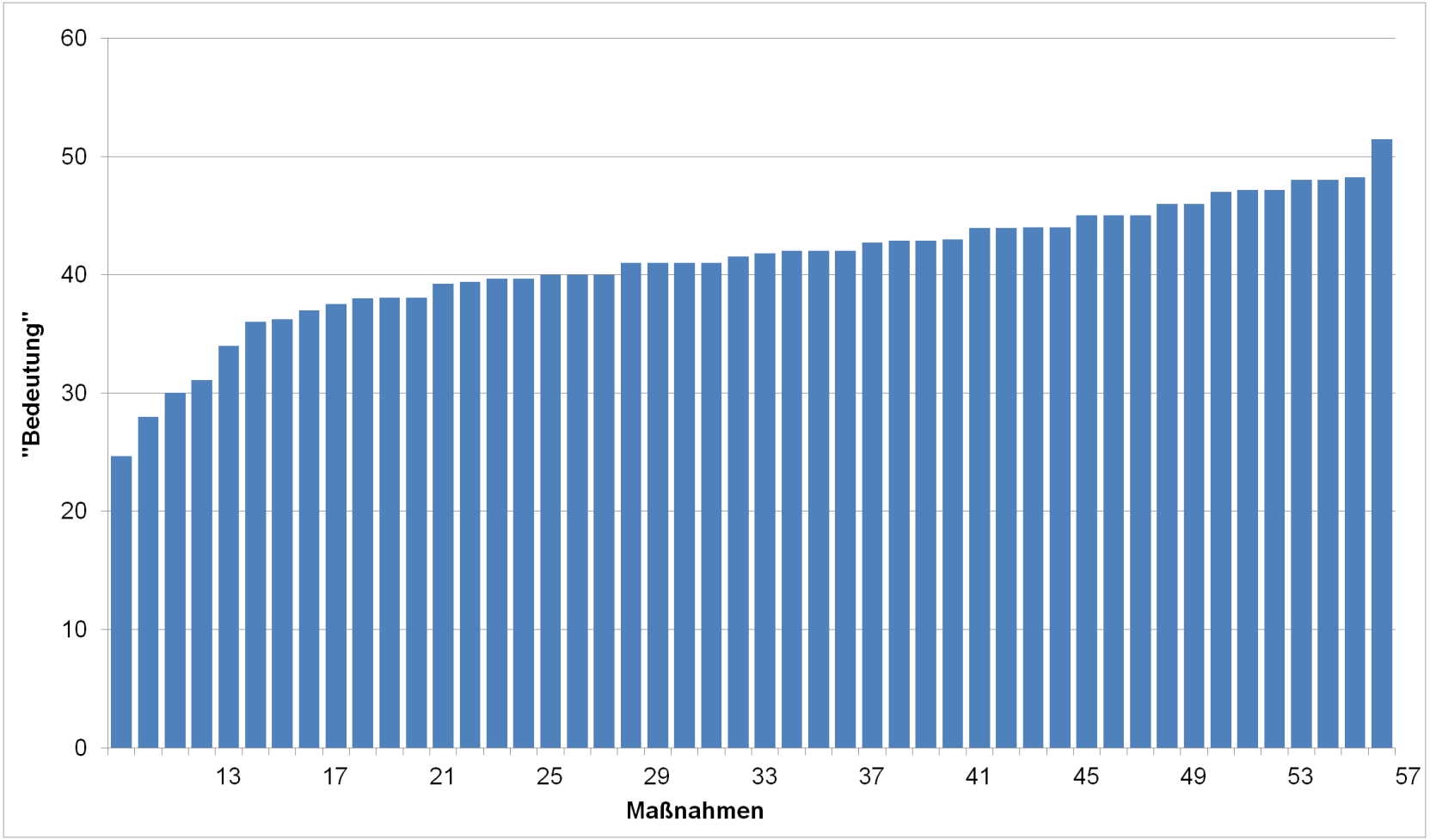
Auswertung des "Reviewing"-Prozesses

Rücklauf - Anzahl der Antworten zu den einzelnen Maßnahmen



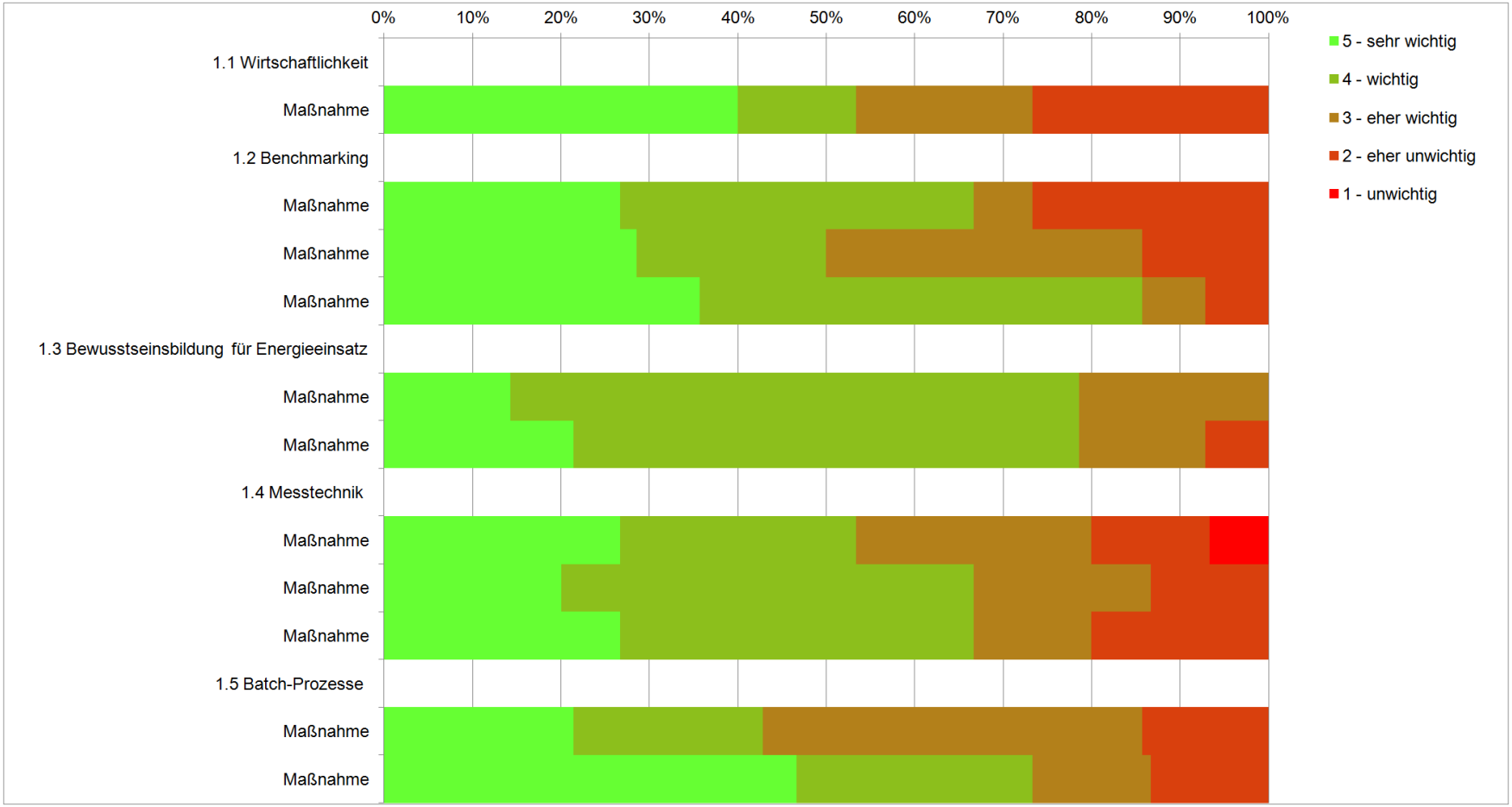
Auswertung des "Reviewing"-Prozesses

(ungefähre) Verteilung der „Bedeutung“ der einzelnen Maßnahmen



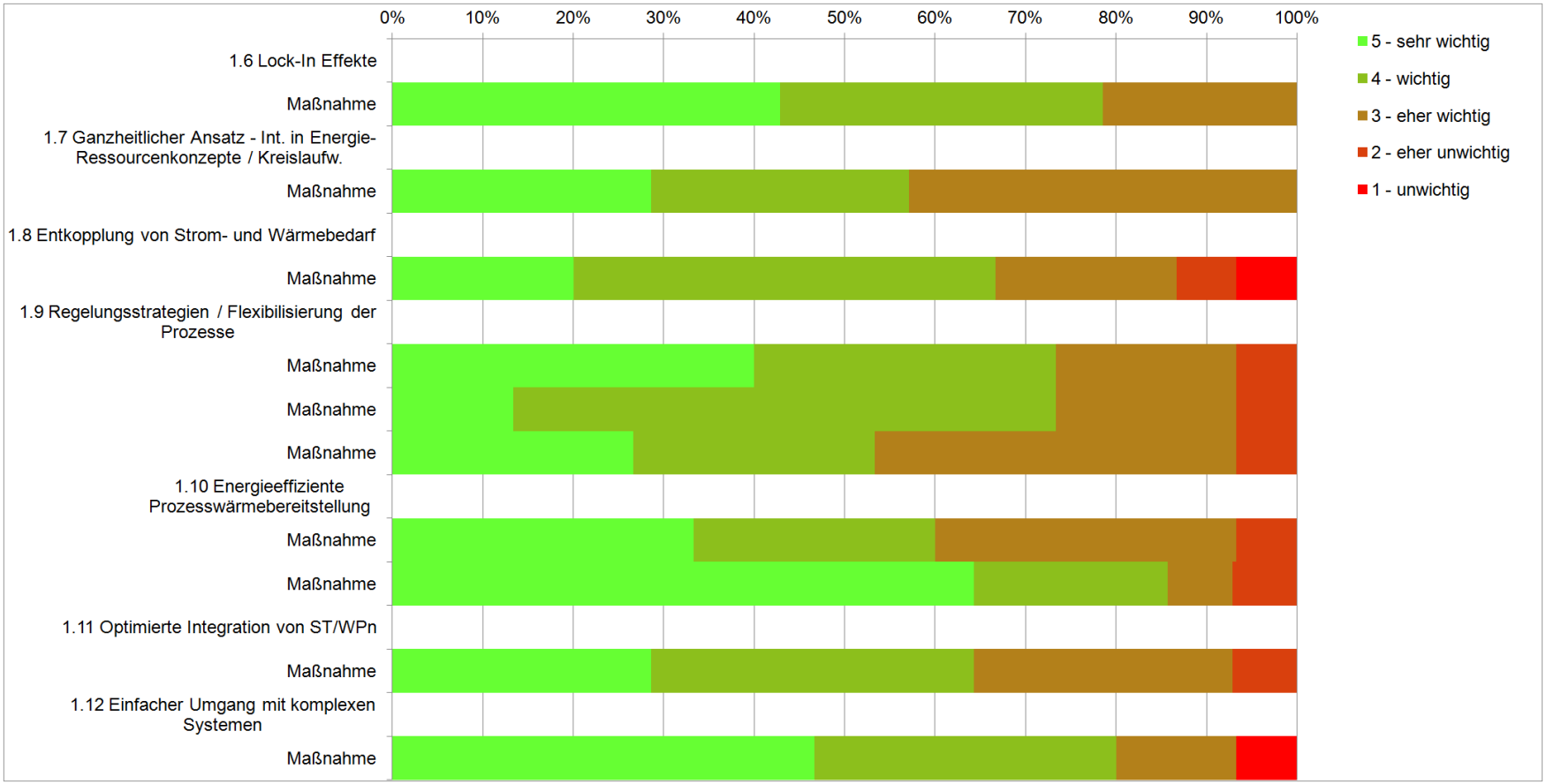
Auswertung des "Reviewing"-Prozesses

Block 1: Prozess- und systemspezifisch in der industriellen Produktion



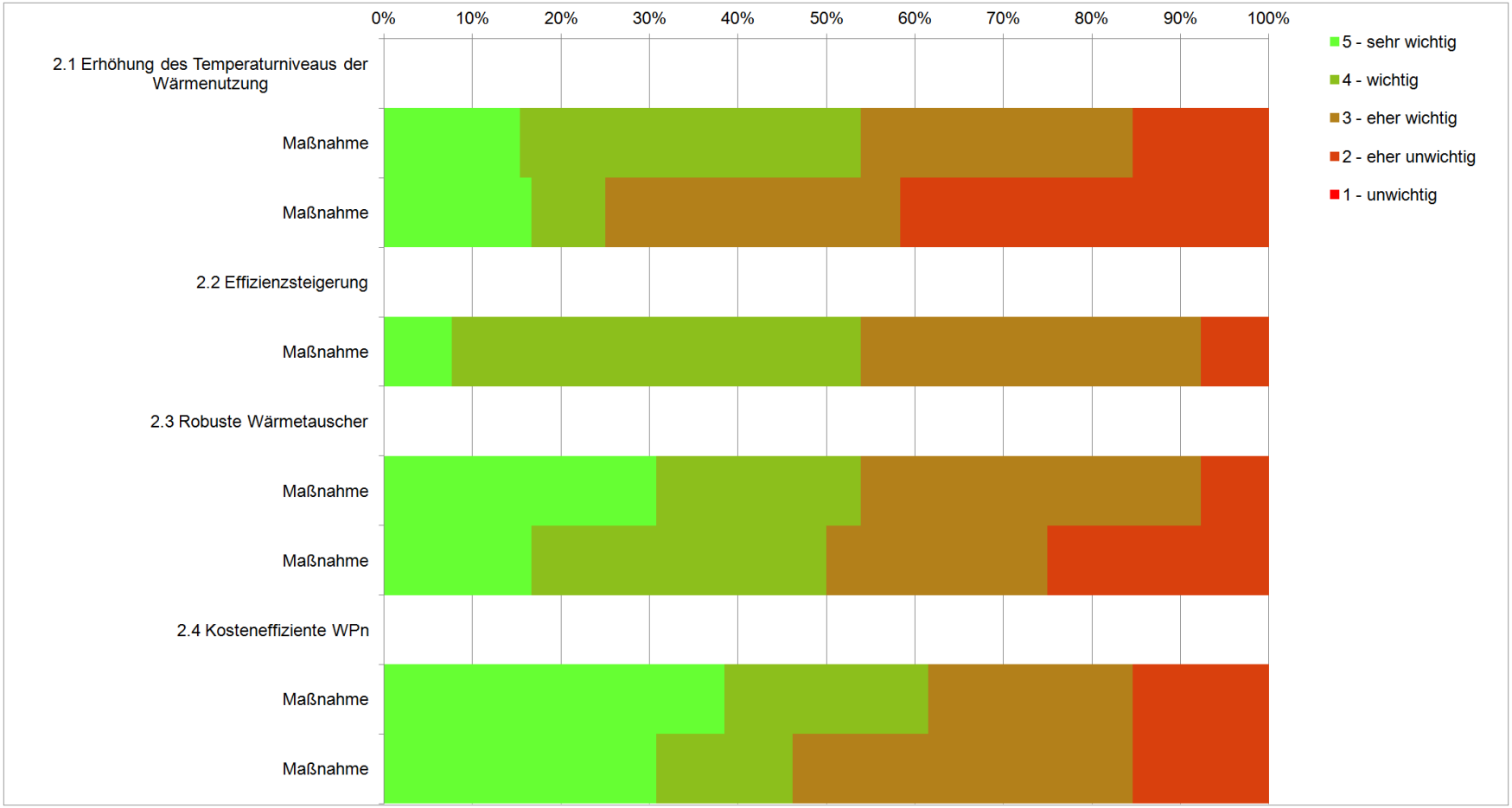
Auswertung des "Reviewing"-Prozesses

Block 1: Prozess- und systemspezifisch in der industriellen Produktion



Auswertung des "Reviewing"-Prozesses

Block 2: Wärmepumpen (WP)-spezifisch



Auswertung des "Reviewing"-Prozesses

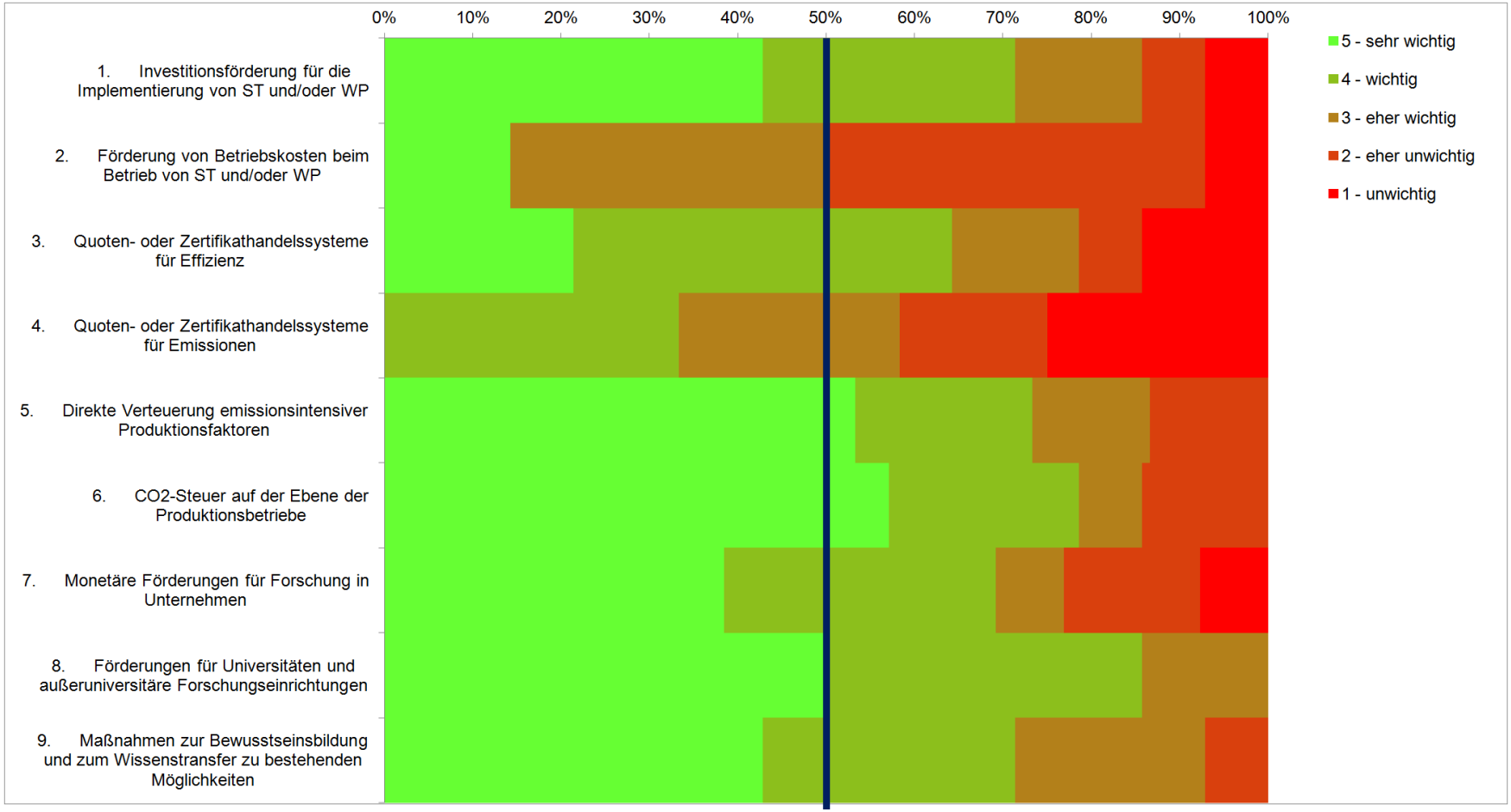
Block 3: Solarthermie (ST)-spezifisch

Auswertung des "Reviewing"-Prozesses

Block 4: Kombinationsspezifisch

Auswertung des "Reviewing"-Prozesses

Block Förderinstrumente



Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Maßnahmen zur weiteren Marktdurchdringung, Möglichkeiten und Grenzen

Symposium

Solarthermie und Wärmepumpen in der Industrie