Systematische Erfassung von Energieeffizienzpotenzialen durch Wärmeintegration (Pinch-Analyse)

DM Energieberatung AG
Dipl.-Ing. Maik Albert
Paradiesstrasse 5
5200 Brugg (CH)
www.dmeag.ch

DM Energieberatung AG

DM Energieberatung AG

Firma

- AG, gegründet 2008, neutral und unabhängig
- 10 Mitarbeiter

Kunden

- Industrie, Dienstleistungsunternehmen, öffentliche Institutionen
- Tätigkeitsgebiete ganze CH, Europa

Dienstleistungen

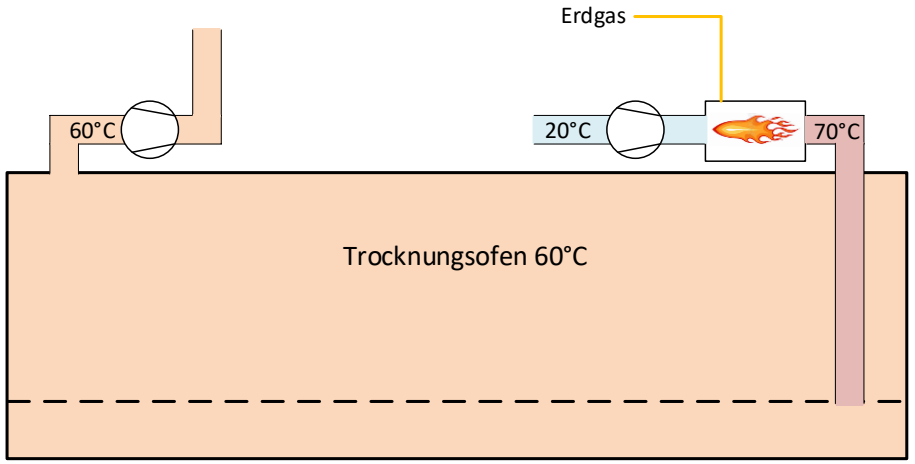
- Istzustands- und Potenzialanalysen
- Prozessanalysen (u.a. mit der Pinch-Methode)
- Konzept- und Variantenstudien, Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit
- Energie-Audits, Zielvereinbarungen

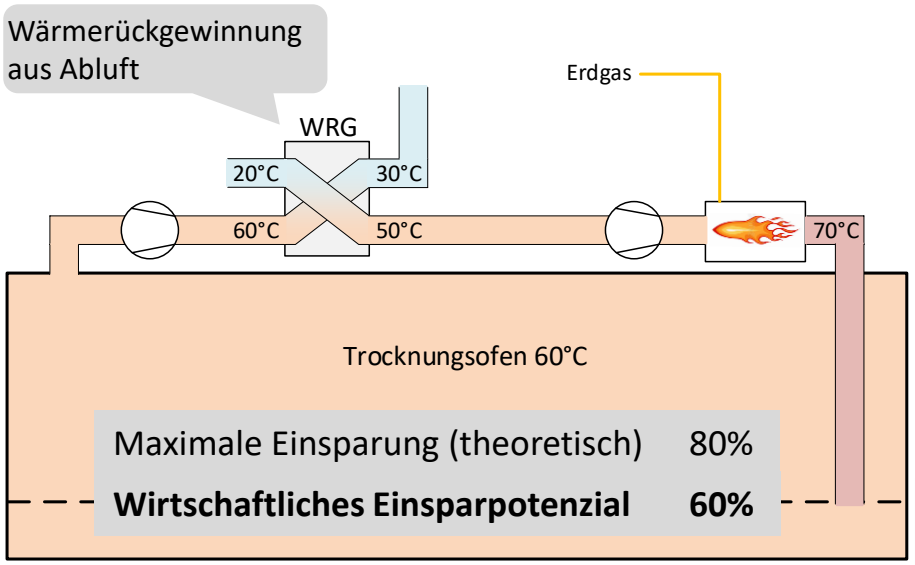
Um was geht es heute…?

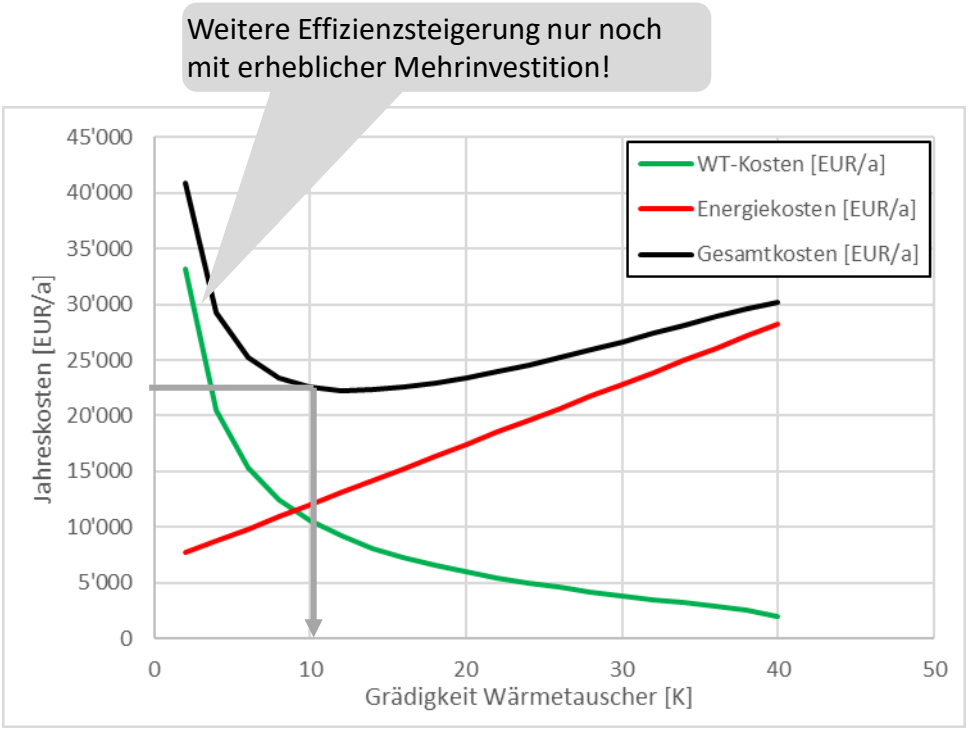
Hauptgedanken

- Die Grenzen der «klassischen» Effizienzsteigerung
- Neue Effizienzpotenziale durch Wärmeintegration
- Wärmeintegration – eine komplexe Herausforderung
- Die Pinch-Methode – eine systematischer und ganzheitlicher Ansatz
- Die Pinch-Analyse – die praktische Umsetzung der Pinch-Methode
- Erfolgsgeschichte in der Schweiz
- Anwendungsbereiche für die Pinch-Analyse

«Klassische» Effizienzsteigerung einer Einzelanlage

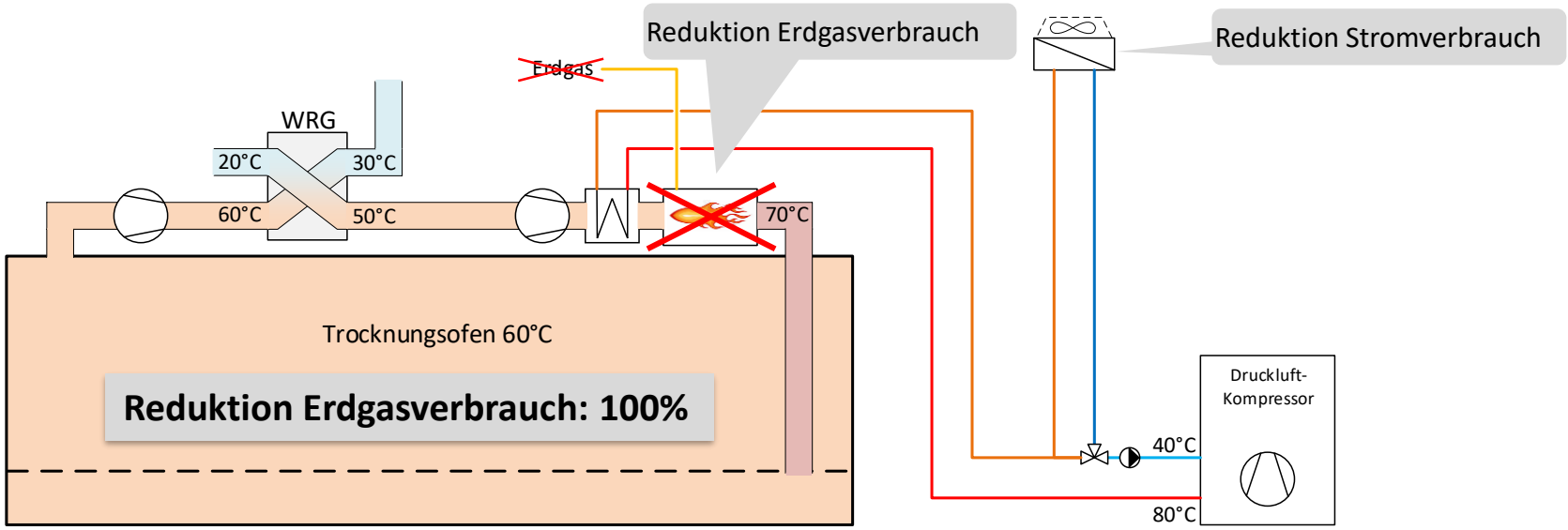


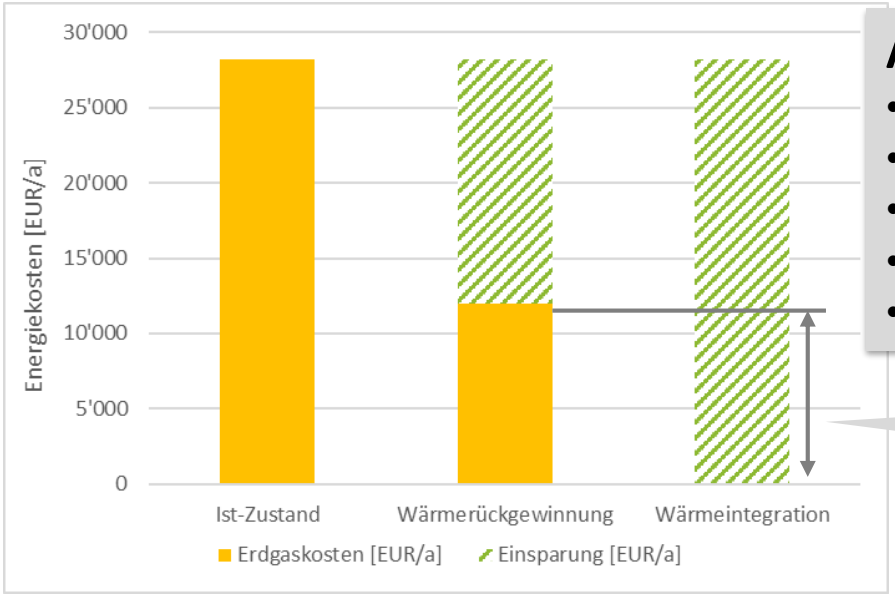




Die «klassische» Effizienzsteigerung ist durch technische und wirtschaftliche Randbedingungen eingeschränkt!

Effizienzsteigerung durch Wärmeintegration





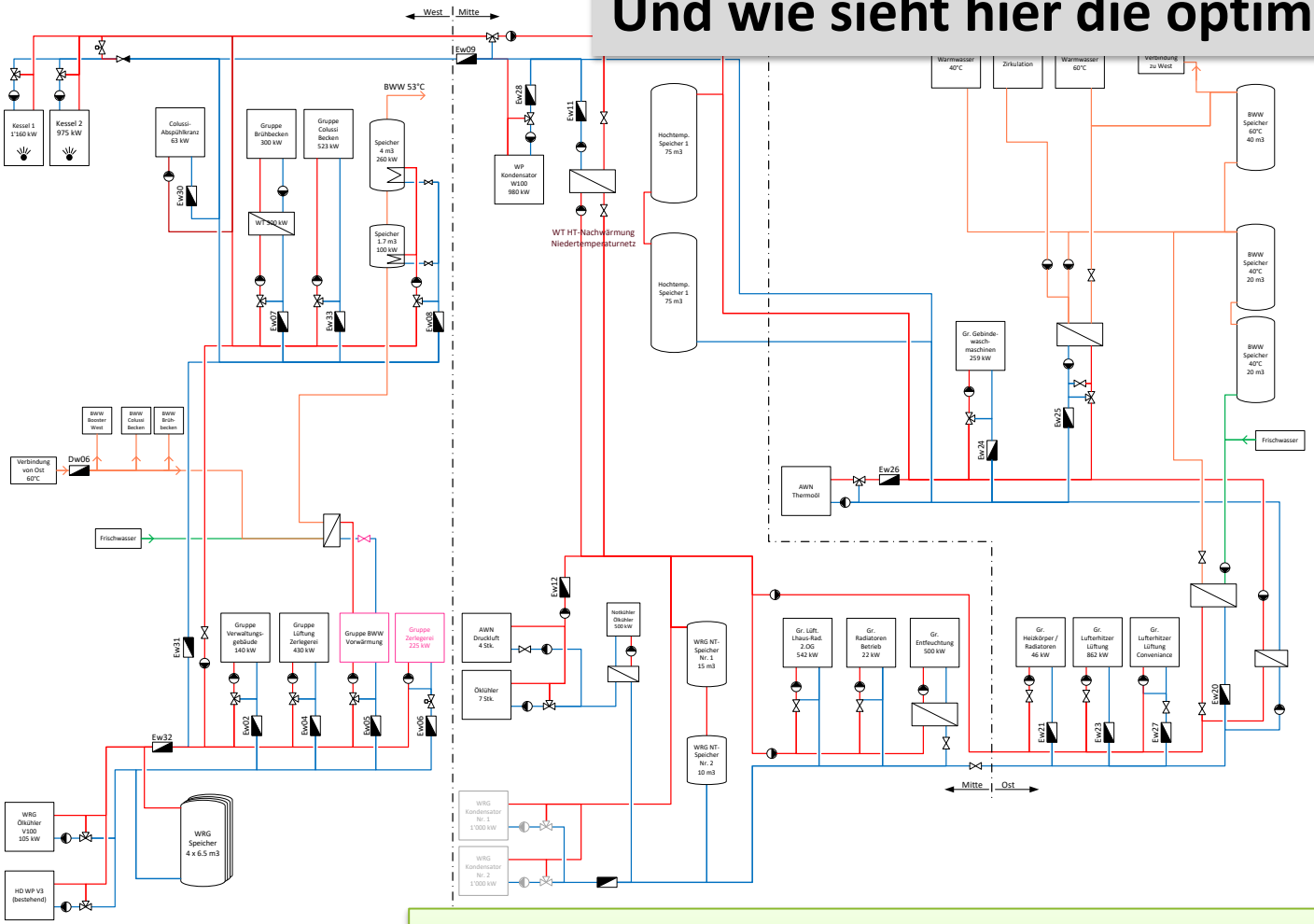
Zusätzliches Einsparpotenzial durch Wärmeintegration

Aber…

- Braucht es beide Wärmetauscher?
- Welches ist die wirtschaftlich optimale Dimensionierung?
- Gleichzeitigkeit von Wärmebedarf und -angebot?
- Könnte die Abwärme noch anderweitig genutzt werden?
- Gibt es noch bessere Abwärmequellen?

Wärmeintegration, eine komplexe Aufgabe…

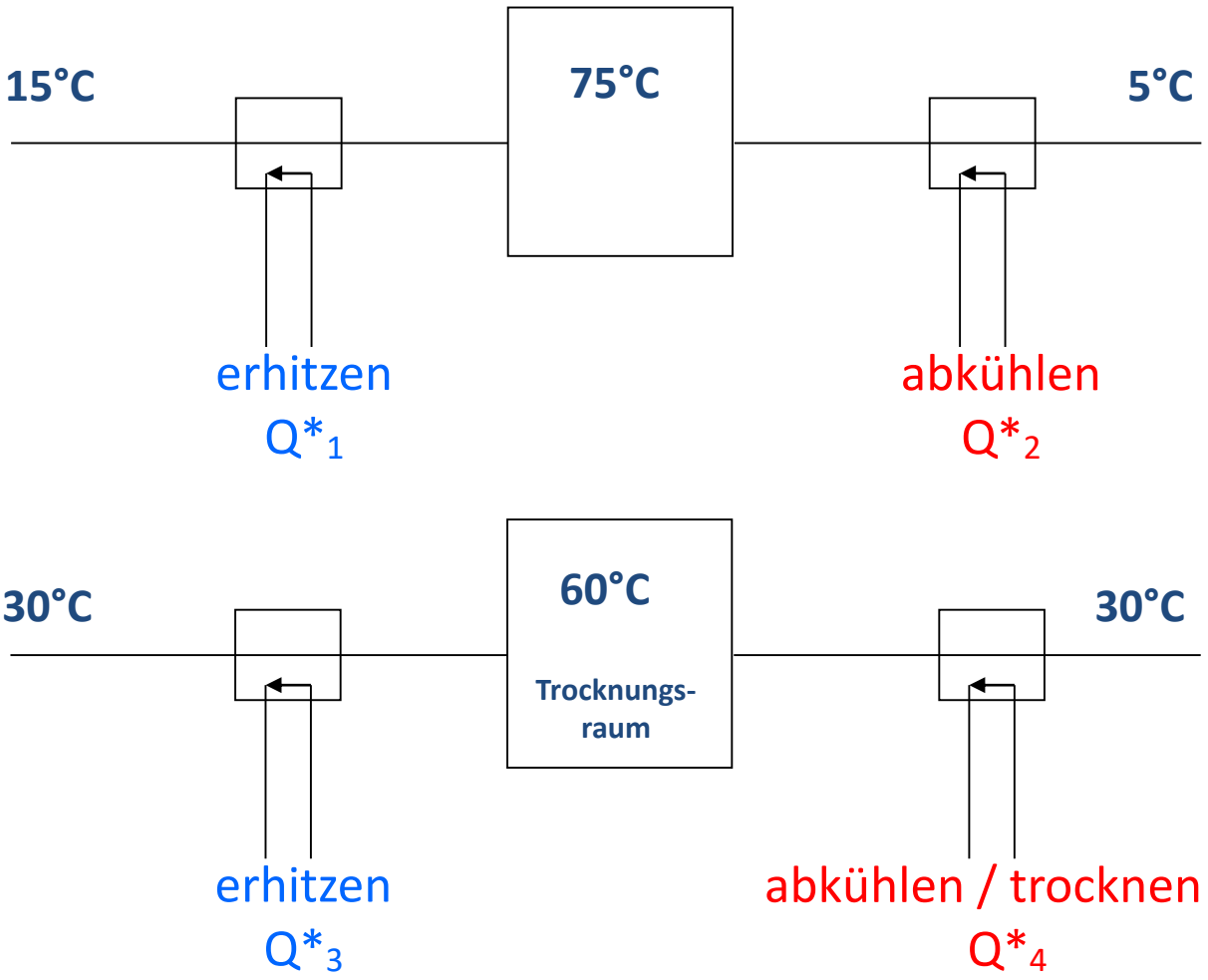
Und wie sieht hier die optimale Lösung aus?



Durch Wärmeintegration werden zusätzliche Einsparpotenziale erschlossen, die Komplexität nimmt jedoch erheblich zu.

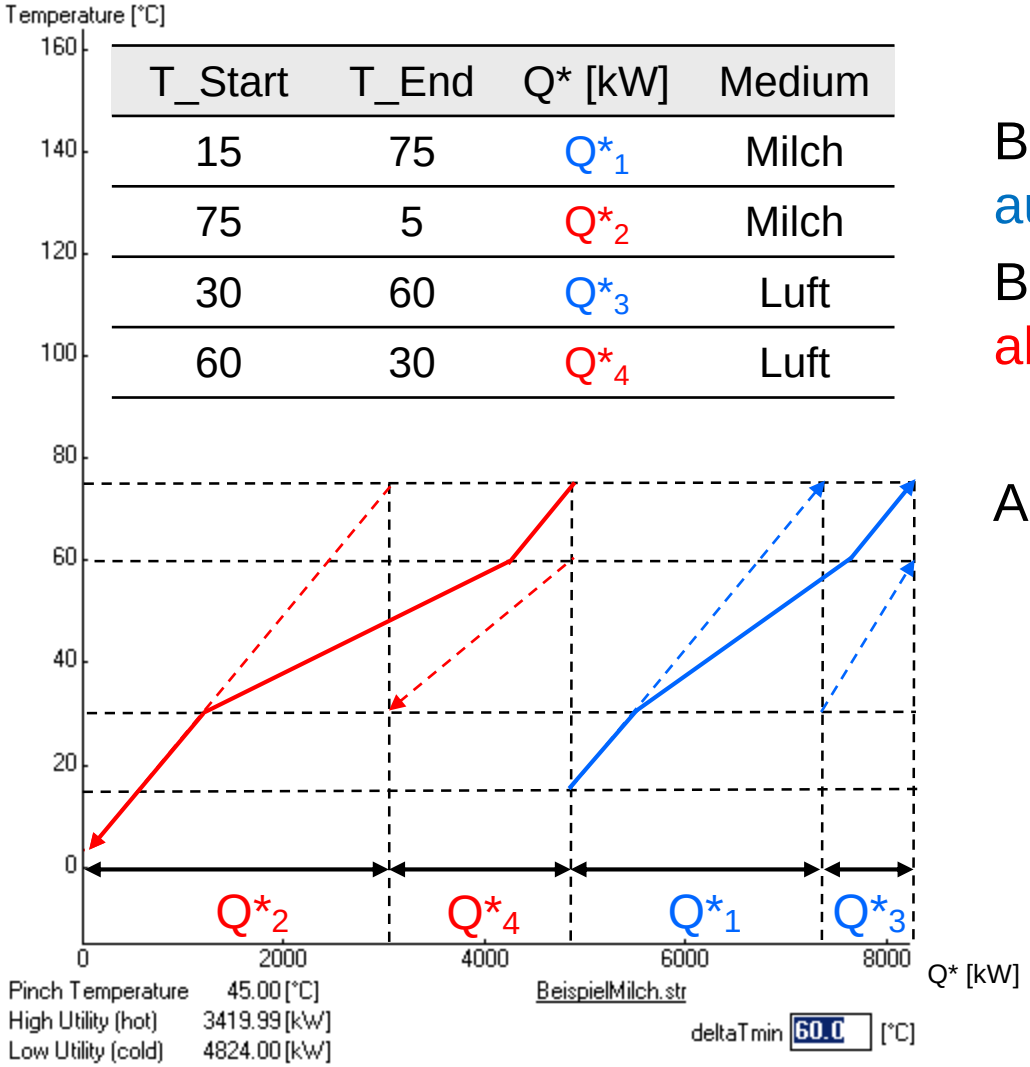
→ Für eine optimale Gesamtlösung ist ein systematischer Ansatz erforderlich!

Die Pinch-Methode



Die Pinch-Methode

T_Start	T_End	Q* [kW]	Medium
15	75	Q^*_1	Milch
75	5	Q^*_2	Milch
30	60	Q^*_3	Luft
60	30	Q^*_4	Luft



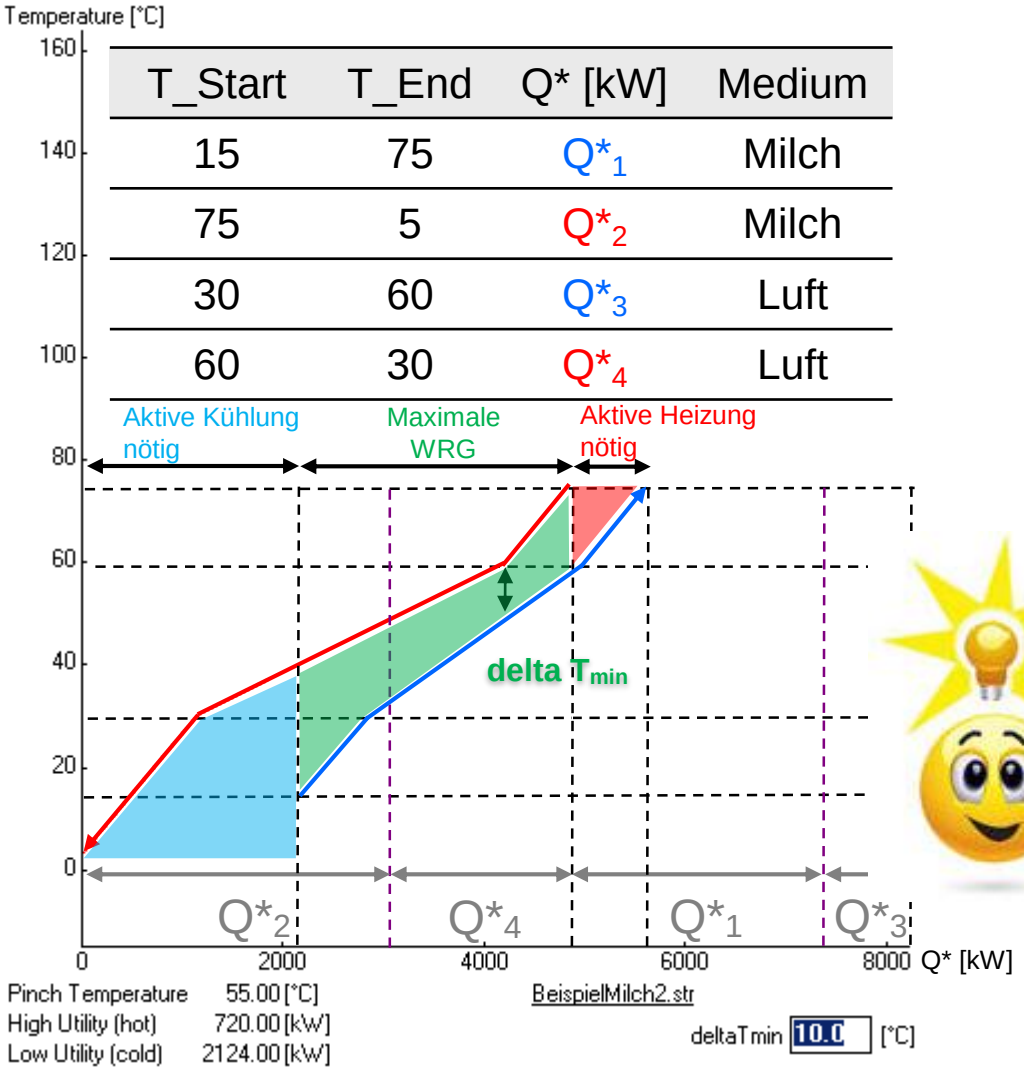
Betrachtung aller aufzuheizenden Wärmeströme

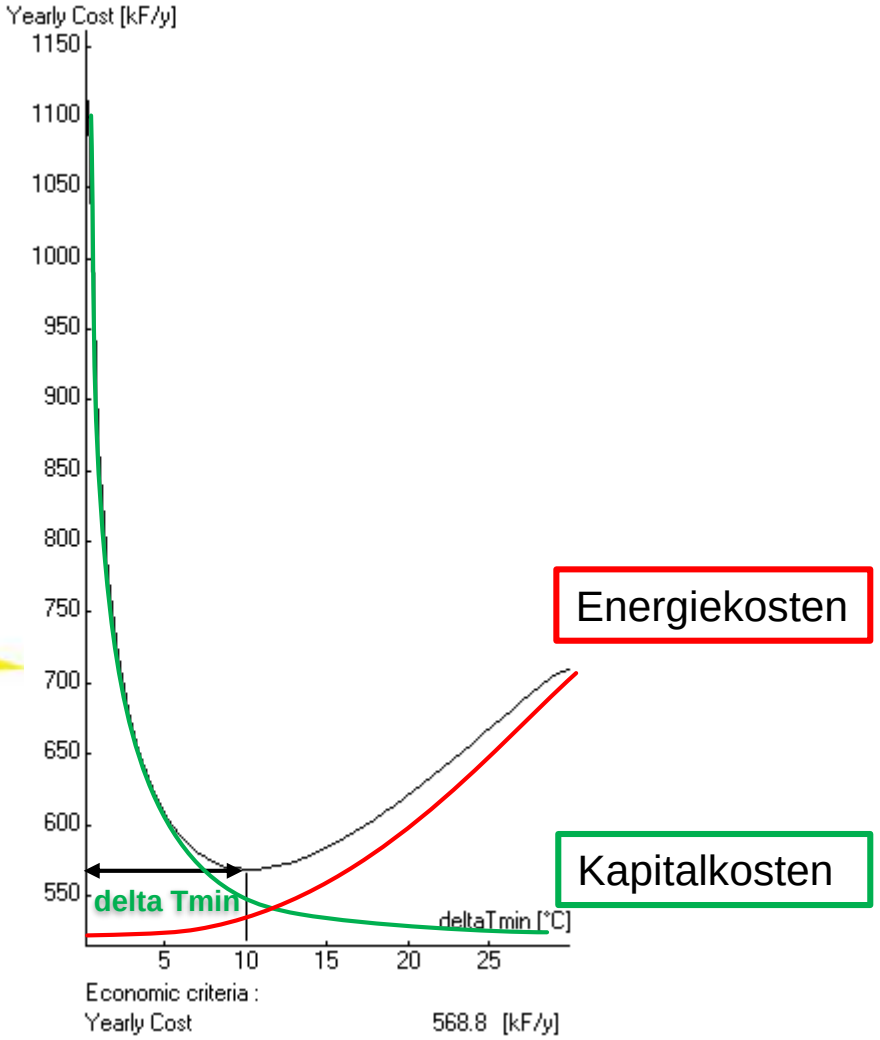
Betrachtung aller abzukühlenden Wärmeströme

Aufbau der Verbundkurve

Die Pinch-Methode

T_Start	T_End	Q* [kW]	Medium
15	75	Q^*_1	Milch
75	5	Q^*_2	Milch
30	60	Q^*_3	Luft
60	30	Q^*_4	Luft





Energiekosten

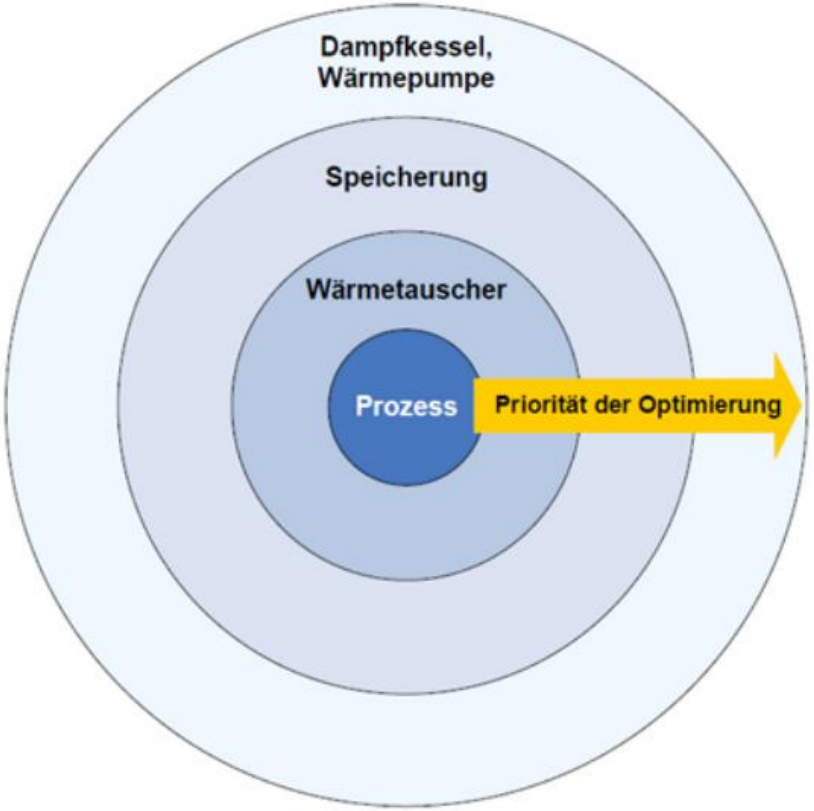
Kapitalkosten

Die Pinch-Methode

1. Schritt: Prozessoptimierung
Vor der Auslegung von Wärmetauschern, Speichern und Wärmeerzeugern ist der Energieverbrauch der Prozesse zu minimieren!

2. Schritt: Abwärmenutzung (mit Pinch-Methode)
Für die Wärmeströme der „optimierten“ Prozesse werden Massnahmen zur Abwärmenutzung umgesetzt.

3. Schritt: Optimierung Wärmeerzeugung
Die Wärmeerzeugung und -speicherung wird für die neue Situation mit kleinerem Wärmebedarf optimiert.

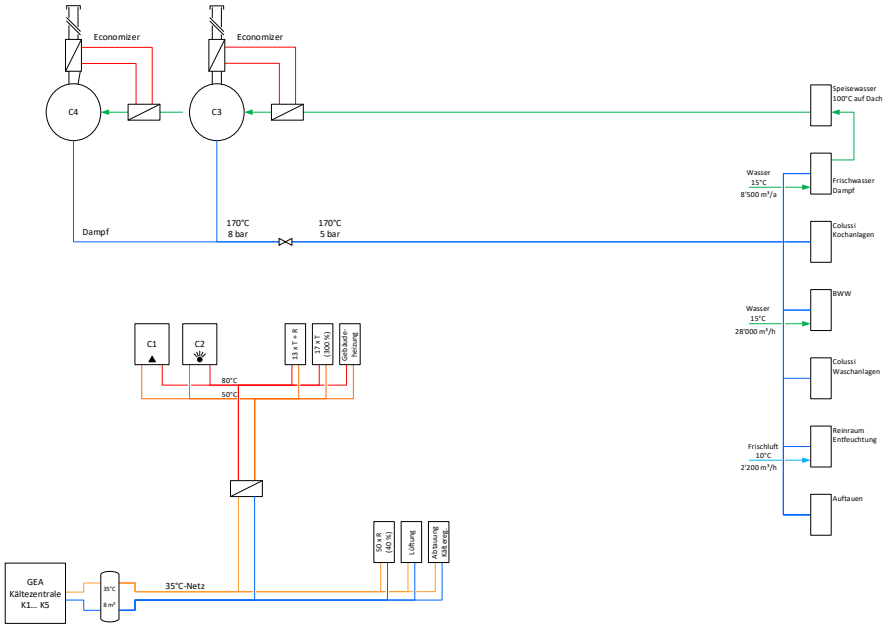


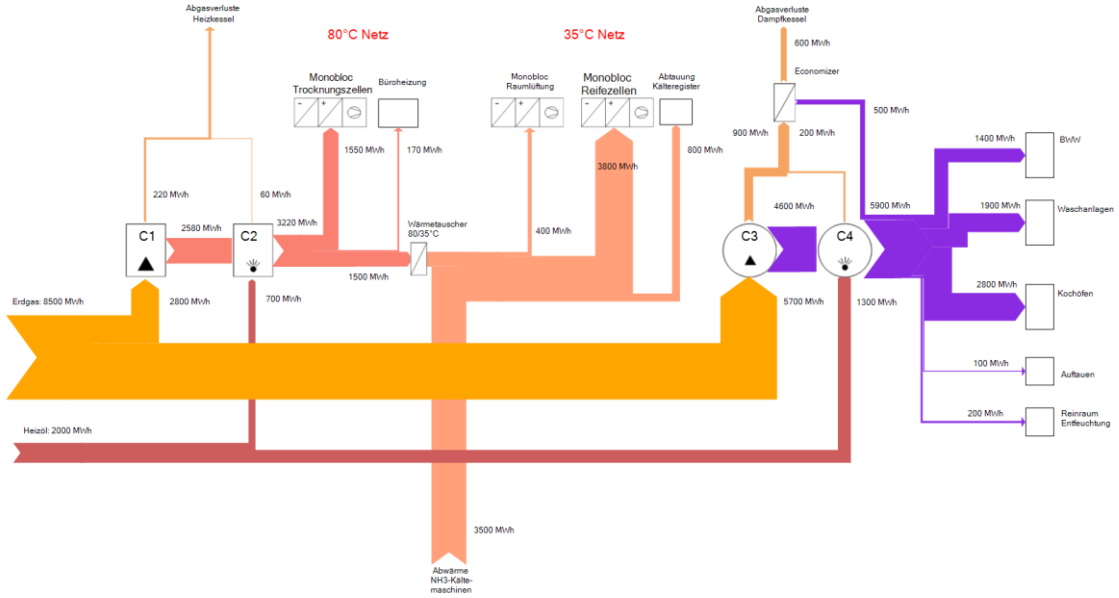
Quelle: Hochschule Luzern CC TEVT

Pinch-Analyse – Praktische Umsetzung

Analyse der Ist-Situation

- Datenerhebung (Schema, Prozessfliessbilder, Energiedaten, …)
- Erstellen eines vereinfachten Prinzipschemas der Gesamtanlage
- Erstellen der Energiebilanz über die Gesamtanlage (Sankey-Diagramm)
- Vertiefte Analyse der Produktionsprozesse (Prozessanforderungen)
- Durchführung von Messungen





Pinch-Analyse – Praktische Umsetzung

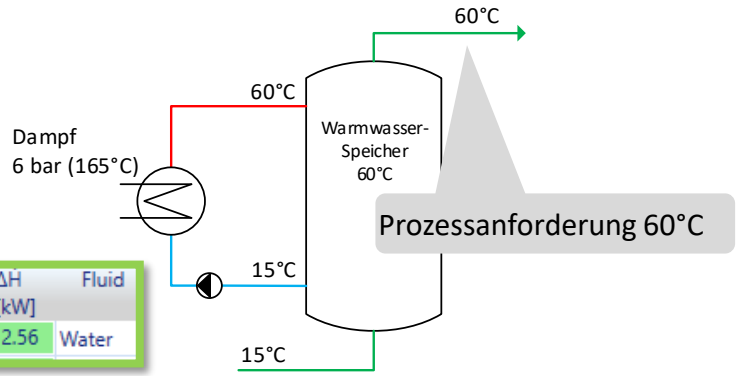
Erstellen der Stromtabelle

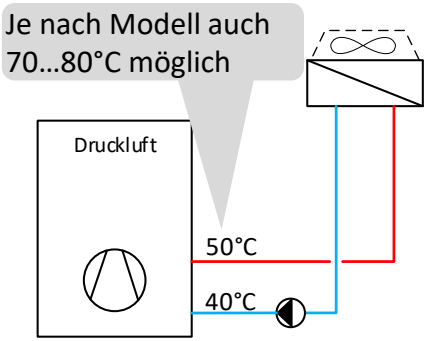
- Tabellarische Erfassung aller aufzuheizenden und abzukühlenden Ströme
- Ermitteln der minimalen Prozessanforderung (Was ist wirklich nötig?)
- Charakterisierung der Strome: Medium, Massenstrom, Temperatur Anfang & Temperatur Ende
- Definition der relevanten Betriebsfälle (z.B. «Produktion», «Nebenzeit», …)

1 Process Stream Table

+/-	Name	Hot/Cold	Tin [°C]	Tout [°C]	ṁ [kg/s]	Cp [kJ/(kg*K)]	Phase Change [kJ/kg]	α [W/(m²*K)]	Pressure [bar(a)]	CP [kW/K]	ΔH [kW]	Fluid
	Warmwasser 90°C (Produktion)		12	90	2.78	4.2084	-	1000	1	11.7	912.56	Water
	Warmwasser 45°C (Produktion)		12	42	2.61	4.2116	-	1000	1	10.99	329.77	Water
	Warmwasser 45°C (Reinigung)		12	42	7.74	4.2116	-	1000	1	32.6	977.92	Water
	Warmwasser 45°C (Nebenzeiten)		12	45	0.5	4.2124	-	1000	1	2.11	69.5	Water
	Speisewasser Dampfkessel (Produktion)		12	99	0.051	4.2064	-	1000	1	0.21	18.66	Water
	Speisewasser Dampfkessel (Reinigung)		12	99	0.04	4.2064	-	1000	1	0.17	14.64	Water
	Speisewasser Dampfkessel (Nebenzeiten)		12	99	0.009	4.2064	-	1000	1	0.04	3.29	Water
	Heizwärme Ost (Reinigung)		20	30	3.52	4.2119	-	1000	1	14.83	148.26	Water
	Heizwärme Ost (Nebenzeiten)		20	30	3.52	4.2119	-	1000	1	14.83	148.26	Water
	Heizung/Lüftung West (Winter)		45	51	17.9	4.2197	-	1000	1	75.53	453.19	Water
	Heizung/Lüftung West (Übergangszeit)		42	47	8.3	4.2206	-	1000	1	35.03	175.16	Water
	Heizung/Lüftung Ost (Winter)		40	50	5.8	4.2204	-	1000	1	24.48	244.78	Water
	Heizung/Lüftung Ost (Übergangszeit)		40	45	4.5	4.2209	-	1000	1	18.99	94.97	Water
⊞	KM West Kondensation (Produktion)		70	25	0.785	28.9049	-	-	10.3	22.69	1021.07	R717
⊞	KM West Kondensation (Reinigung)		70	25	0.694	28.9049	-	-	10.3	20.06	902.7	R717
⊞	KM West Kondensation (Nebenzeiten)		70	25	0.316	28.9049	-	-	10.3	9.13	411.03	R717
	KM West Ölkühler (Produktion)		55	45	2.7	4.2187	-	1000	1	11.39	113.91	Water
	KM West Ölkühler (Reinigung)		55	45	2.4	4.2187	-	1000	1	10.12	101.25	Water
	KM West Ölkühler (Nebenzeiten)		55	45	1.08	4.2187	-	1000	1	4.56	45.56	Water
⊞	KM Ost Kondensation (Produktion)		70	25	1.249	28.9049	-	-	10.3	36.1	1624.6	R717
⊞	KM Ost Kondensation (Reinigung)		70	25	1.249	28.9049	-	-	10.3	36.1	1624.6	R717
⊞	KM Ost Kondensation (Nebenzeiten)		70	25	0.624	28.9049	-	-	10.3	18.04	811.65	R717
	KM Ost Ölkühler (Produktion)		55	45	3.8	4.2187	-	1000	1	16.03	160.31	Water

Name	Hot/Cold	Tin [°C]	Tout [°C]	ṁ [kg/s]	Cp [kJ/(kg*K)]	Phase Change [kJ/kg]	α [W/(m²*K)]	Pressure [bar(a)]	CP [kW/K]	ΔH [kW]	Fluid
Warmwasser 90°C (Produktion)		12	90	2.78	4.2084	-	1000	1	11.7	912.56	Water

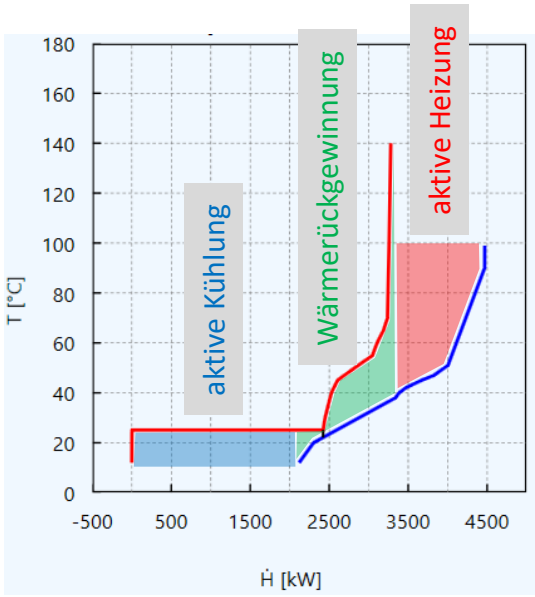


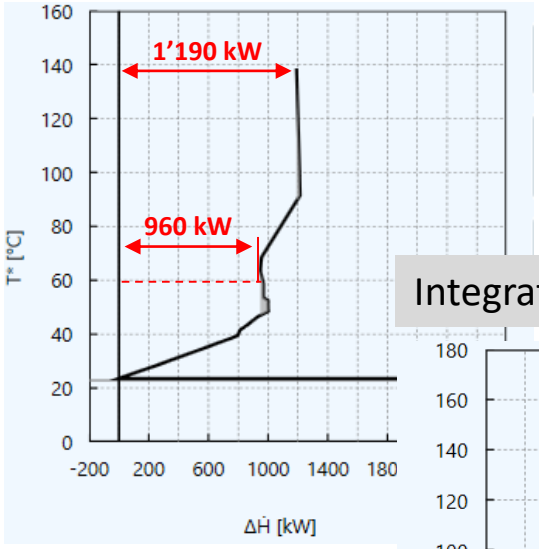


Pinch-Analyse – Praktische Umsetzung

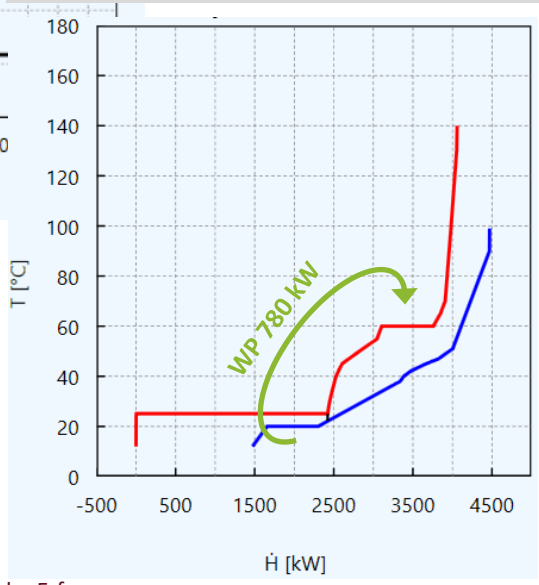
Energy Targeting & Optimierung der Energieversorgung

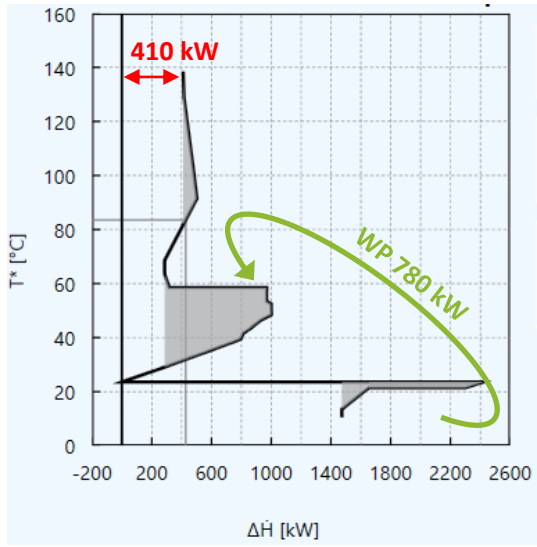
- Integration von Energieumwandlungssystemen (Wärmepumpe, Blockheizkraftwerk, ORC-Anlage, …)
- Auswahl der optimalen Wärmequelle (Thermalöl, Dampf, Warmwasser, …)





Integration einer Wärmepumpe (WP)

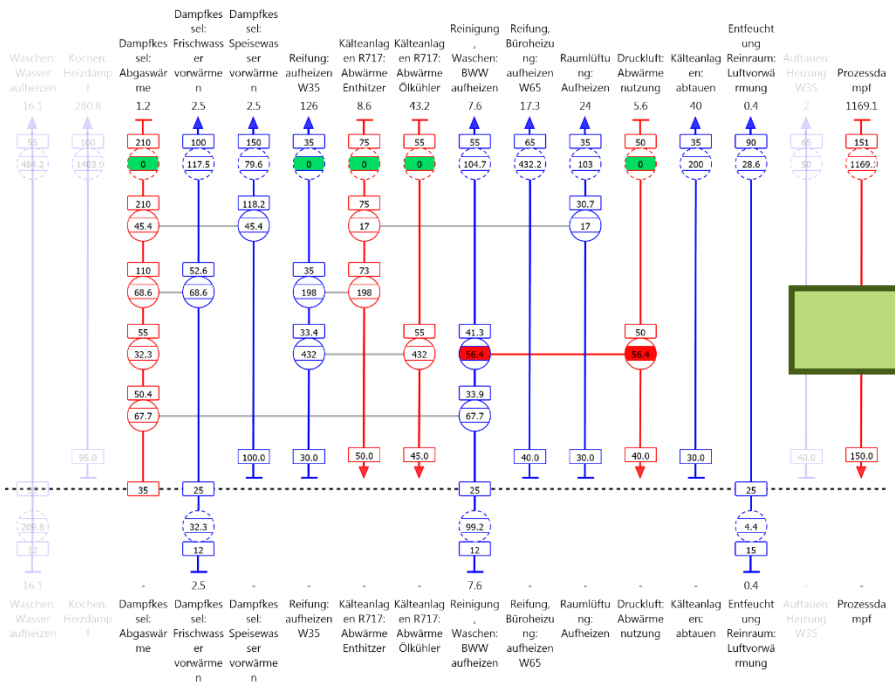


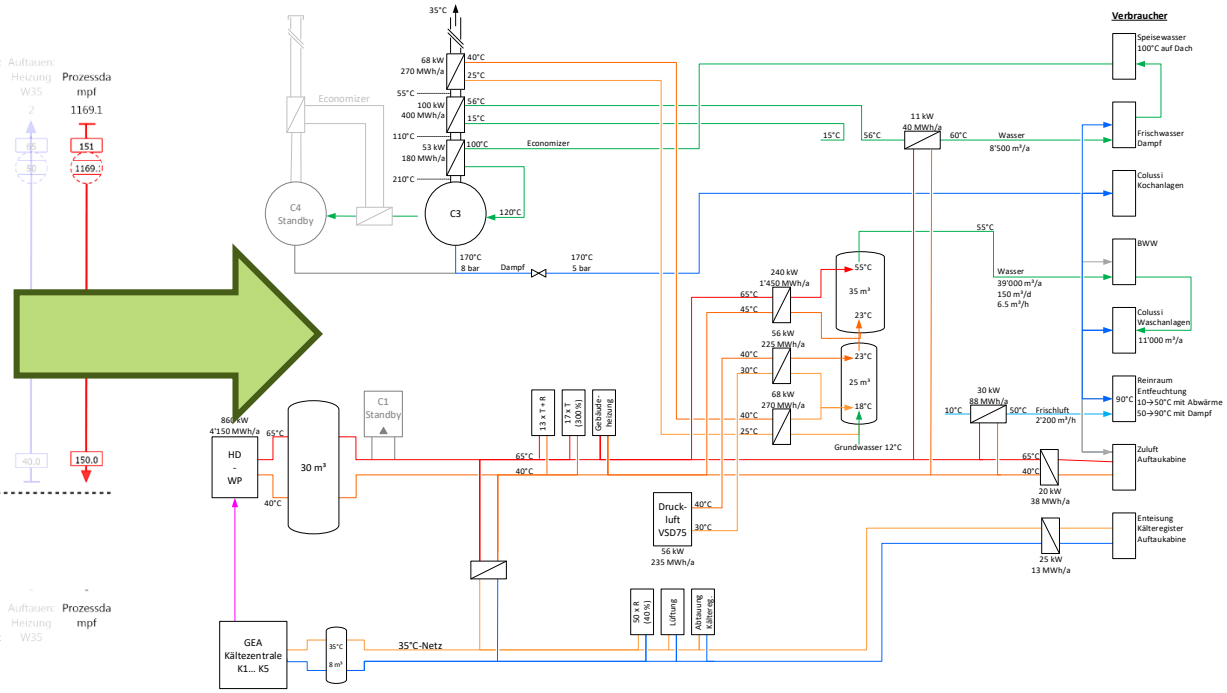


Pinch-Analyse – Praktische Umsetzung

Erstellung des idealen/machbaren Wärmetauscher-Netzwerks

- Erstellen des idealen WT-Netzwerkes, basierend auf Pinch-Regeln (energetisches Optimum)
- Erstellen des machbaren WT-Netzwerkes, unter Berücksichtigung technischer Einschränkungen
- Ergänzung Prinzipschema mit neuen Komponenten (Wärmetauscher, Wärmepumpe, …)
- Definieren und priorisieren von einzelnen Massnahmen zur Umsetzung



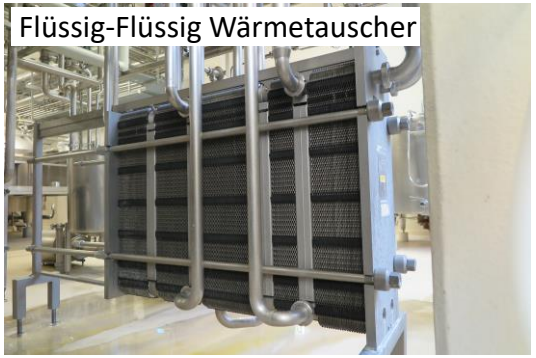


Pinch-Analyse – Praktische Umsetzung

Überprüfung technische/wirtschaftliche Umsetzbarkeit

- Prüfen der Machbarkeit intern (verschiedene Betriebsfälle, Platzverhältnisse, Wartung, …)
- Prüfen der technischen Machbarkeit und der Investitionskosten mit Lieferanten (Hauptkomponenten)
- Abschätzen der Gesamtinvestition und Beurteilung der Wirtschaftlichkeit

Auswahl geeigneter Wärmetauscher


Flüssig-Flüssig Wärmetauscher

Gas-Gas Wärmetauscher

Auswahl geeigneter Energieumwandlungsanlagen (ECU)

Hochdruck-Wärmepumpe (NH_3)

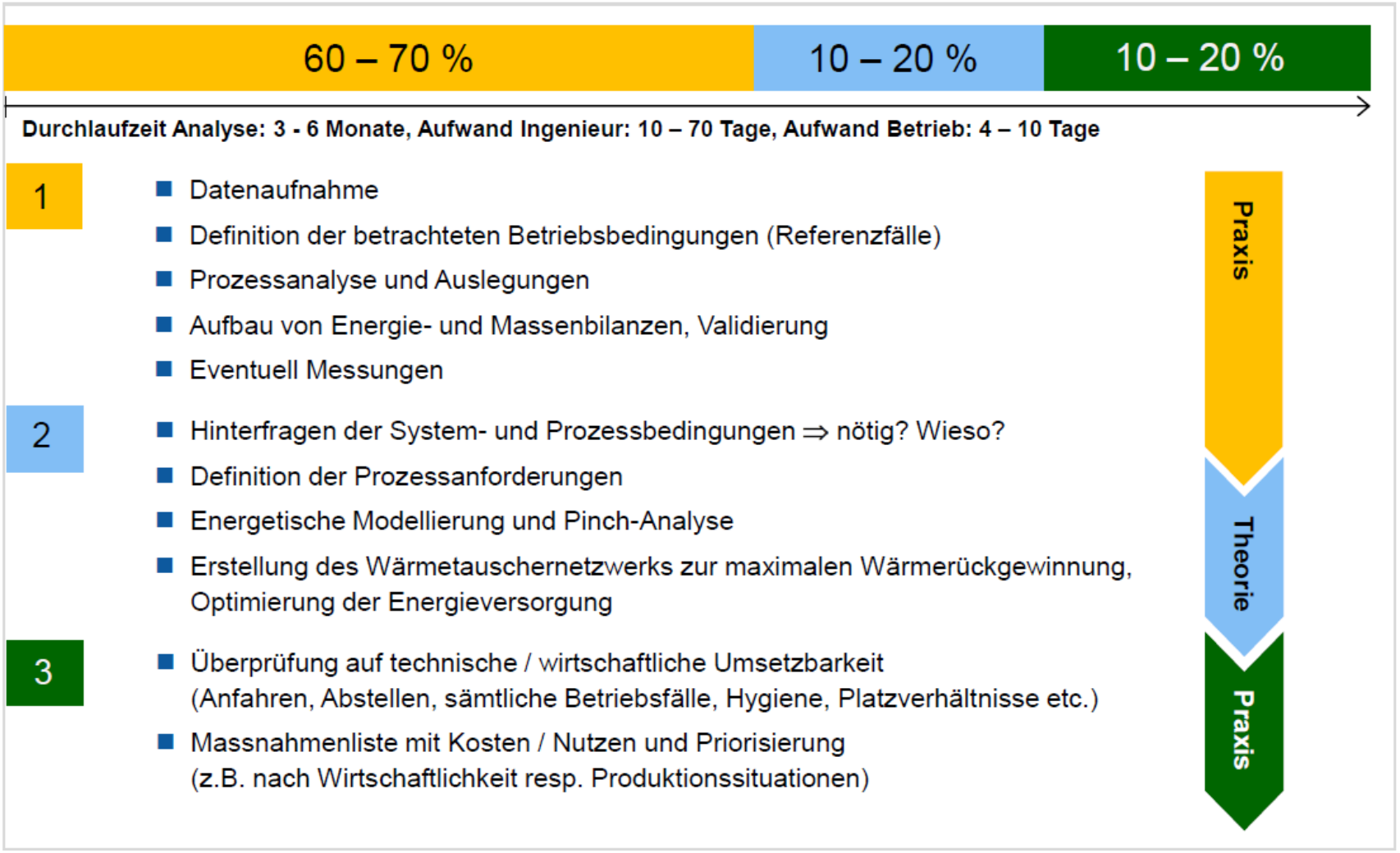
Quelle: www.johnsoncontrols.com

ORC-Anlage (WKK)

Quelle: www.durr-cyplan.com

Pinch-Analyse – Praktische Umsetzung

Zeitlicher Ablauf

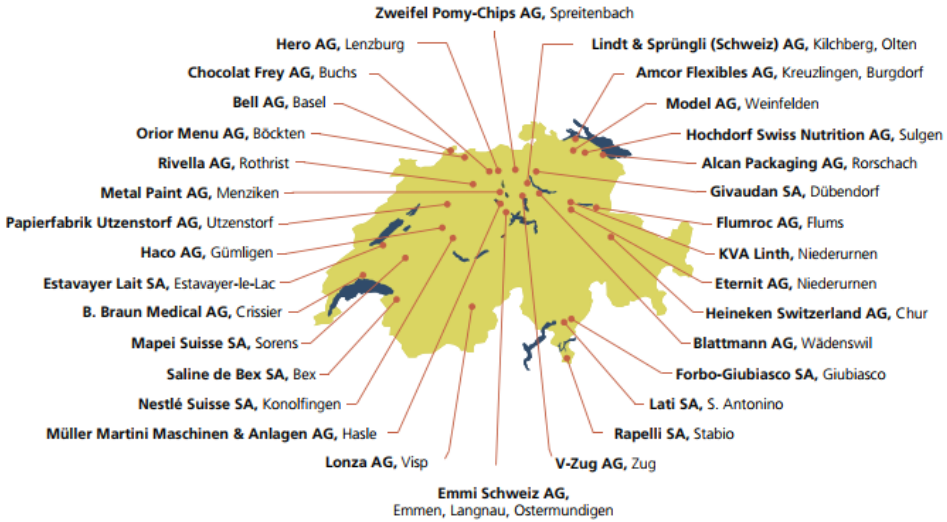


Quelle: www.bfe.admin.ch

Pinch-Analyse – Erfolgsgeschichte in der Schweiz

ERFOLGREICHE BEISPIELE SPRECHEN FÜR SICH

MEHR ALS 100 UNTERNEHMEN AUS UNTERSCHIEDLICHEN, ENERGIEINTENSIVEN BRANCHEN HABEN IN DER SCHWEIZ BEREITS EINE PINCH-ANALYSE DURCHGEFÜHRT (AUSZUG).



Quelle: www.energieschweiz.ch/pinch

pinch
saves energy and costs

Software-Tool: **PinCH 3.0**

- Entwickelt an der Hochschule Luzern
- Unterstützt durch:
  - Bundesamt für Energie
  - Energie-Agentur der Wirtschaft
- Weitere Infos unter: **www.pinch-analyse.ch**

Lucerne University of Applied Sciences and Arts
HOCHSCHULE LUZERN
Technik & Architektur
FH Zentralschweiz

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

ENERGIE-AGENTUR DER WIRTSCHAFT EnAW

… 18 davon durch die DM Energieberatung AG

- Lebensmittel (Fleisch, Schokolade, Bäckerei)
- Druckereien (flexible Verpackungen, mit Nachverbrennungsanlagen)
- Oberflächen (beschichten, verzinken, galvanisieren, lackieren, einbrennen)
- Metall (giessen, härten, pressen, bearbeiten)
- Kunststoffe (Spritzguss)
- Schlachtbetriebe
- Uhren- und Textilindustrie

Erfahrung aus über 100 Pinch-Analysen:

Einsparpotenzial Brennstoffe = 15…45%

Pinch-Analyse – Brauchen wir das?

Wer braucht eine Pinch-Analyse?

- Sie sind ein Produktionsunternehmen
- Sie brauchen Wärme für ihre Prozesse, müssen kühlen oder haben Abwärme
- Sie haben Energiekosten von mehr als 300’000 Euro pro Jahr

Wann ist der richtige Zeitpunkt?

- Sie wollen Energie und Kosten sparen
- Sie möchten eine Produktionsanlage erweitern, ersetzen oder modernisieren
- Sie suchen wertvolle Impulse zu neuen Technologien
- Sie sind an Erfahrungen aus anderen Branchen interessiert
- Der Ersatz der Energieerzeuger steht an
- Sie planen eine neue Produktionsanlage (Pinch-Design)

Zusammenfassung

- Das wirtschaftliche **Einsparpotenzial durch «klassische» Massnahmen ist oft bereits ausgeschöpft**
  → «klassische Massnahmen» zur Effizienzsteigerung beziehen sich meistens nur auf einzelne Apparate/Anlagen (Kessel, Lüftungsanlage, …)
  → diese liegen im Einflussbereich des jeweiligen Anlagenbauers/Herstellers
  → Anpassungen an bereits bestehenden, standardisierten Anlagen werden durch Lieferanten oft nicht unterstützt (Garantie)

- Durch Wärmeintegration lassen sich **zusätzlich 15…45% Wärmeenergie einsparen**
  → bei der Wärmeintegration werden Energieströme verschiedener Einzelapparate/-anlagen verknüpft
  → dies ist für jede Gesamtanlage individuell und muss durch den Anlagenbetreiber selbst initiiert werden
  → Anpassungen beschränken sich meist auf die Peripherie der bestehenden Anlagen (keine Eingriffe in den Prozess erforderlich)

- Die **Wärmeintegration wird zu einer komplexen Aufgabe**, je mehr Energieströme vorhanden sind

- Die **Pinch-Methode ist ein systematischer und ganzheitlicher Ansatz** zur Wärmeintegration
  → Gesamtbetrachtung aller Energieströme innerhalb eines definierten Perimeters (Produktionsanlage, Fabrik, Areal, …)
  → wirtschaftliche Optimierung des Gesamtsystems statt einzelner Massnahmen

- Die **Pinch-Analyse liefert konkrete und machbare Massnahmen** zur Reduktion des Energieverbrauches

- Die Pinch-Analyse ist **sinnvoll für Produktionsunternehmen mit Prozesswärme oder Abwärme**