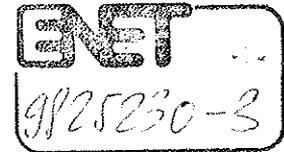


Forschungsprogramm
Umgebungs- und Abwärme,
Wärme-Kraft-Kopplung (UAW)



Einsatz der Pinch-Methode in der Haustechnik

Foliensammlung zum Teil Haustechnik des
BFE-Kurses „Einführung in die Pinch-Analyse“

ausgearbeitet durch
Urs Hofstetter
Helbling AG
Hohlstrasse 610, 8048 Zürich
uho@helbling.ch

im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Einsatz der Pinch-Methode in der Haustechnik

- Demonstration der Pinch-Methode in der Haustechnik anhand Fallbeispiel
- Übung zu Fallbeispiel

Zürich, den 11. November 1999

Projektvorschlag Nr. 6110.1124pmk4
Projektleiter: U. Hafstetter

Hebbling Ingenieurunternehmung AG
Hohlstrasse 610, 8048 Zürich
Telefon 01 438 18 11
Telefax 01 438 18 10

Seite 2

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Ausgangslage

- Pinch-Analyse für verfahrenstechnische und kontinuierliche Prozesse etabliert
- Einsatzmöglichkeiten in der Haustechnik noch unklar:
 - hochgradig diskontinuierlich
 - Parameter Umgebung (Temperaturen, Feuchtigkeit)
 - Variables Benutzerverhalten
- Heutige Optimierung erfolgt mit Zeitschrittsimulation von Standardschaltungen (z.B. WRG Zuluft/Abluft)
- ➔ Es wurde ein Handbuch erarbeitet, welches die selbständige Durchführung einer Pinch-Analyse an einem bestehenden oder geplanten Haustechnikobjekt ermöglicht und dabei u.a. eine optimierte Anlagenverschaltung zu finden.

Ausgangslage: Fallbeispiel

Neu zu erstellender Laborkomplex des Paul-Scherrer-Institutes

- Forschungsgebäude mit Labors, Büros und einem Gebäudevolumen von rund 50'000 m³
- **Gebäudehülle:** rund 10'000 m² mit einem Wärmedurchgangskoeffizient von 0.4 W/m²K
- **Luftbedarf:** Luftmenge ergibt sich aufgrund des dominierenden Bedarfs der 116 Laborkapellen ($V_{\text{max}}=70'000 \text{ m}^3/\text{h}$)
- **Warmwasserbedarf:** Bedarf kann aufgrund der 80 Zapfstellen und eines Gleichzeitigkeitsfaktors von 0.16 auf 0.075 kg/s abgeschätzt werden.
- **Laborgerätekühlung:** interner Kreislauf mit max. 100 kW Kälteleistung vorgesehen
- **Infrastruktur:** Fernheizung und Aarewasser stehen zur Verfügung

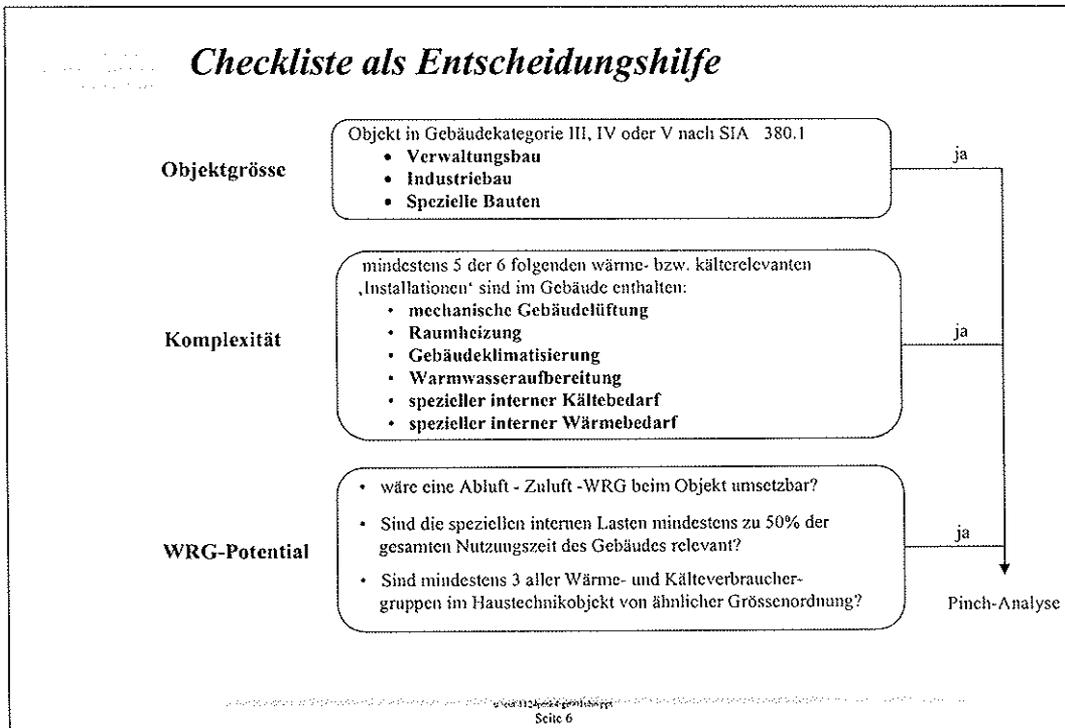


Vorgehen

- Prüfen des zu optimierenden Haustechnikobjekts auf die Zweckmässigkeit eine Pinch-Analyse durchzuführen (Checkliste)

- Planungshierarchie gemäss Zwiebschalenmodell
 - Prozess (1. Zwiebschale)
 - Wärmetauschernetz (2. Zwiebschale)
 - Wärmespeicherung (3. Zwiebschale)
 - Infrastruktur (4. Zwiebschale)

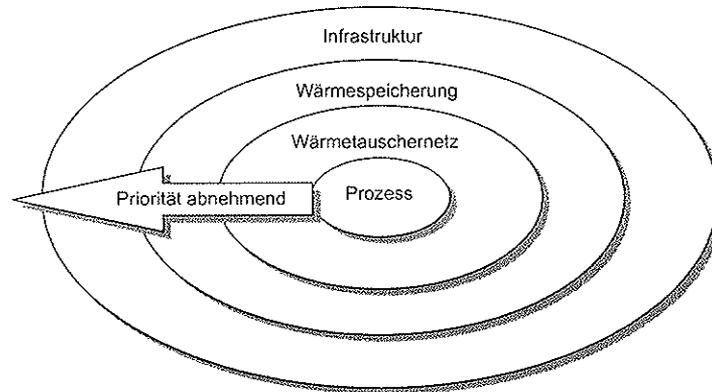
- Übersicht der Pinch-Methode in der komplexen Haustechnik



Die Durchführung der Pinch-Analyse ist zweckmässig, wenn das zu untersuchende Haustechnikobjekt gewisse Anforderungen bezüglich Grösse, Komplexität und WRG-Potential erfüllt. Als Entscheidungshilfe dient die obige Checkliste.



Zwiebelschalenmodell



- Prozess \Rightarrow verschiedene Wärme- und Kälteverbrauchergruppen des Haustechnikobjekts
- Wärmetauschernetz \Rightarrow Prozesswärmetauschernetz
- Infrastruktur \Rightarrow Wärme- und Kältelieferanten wie Fernwärme und Flusswasser

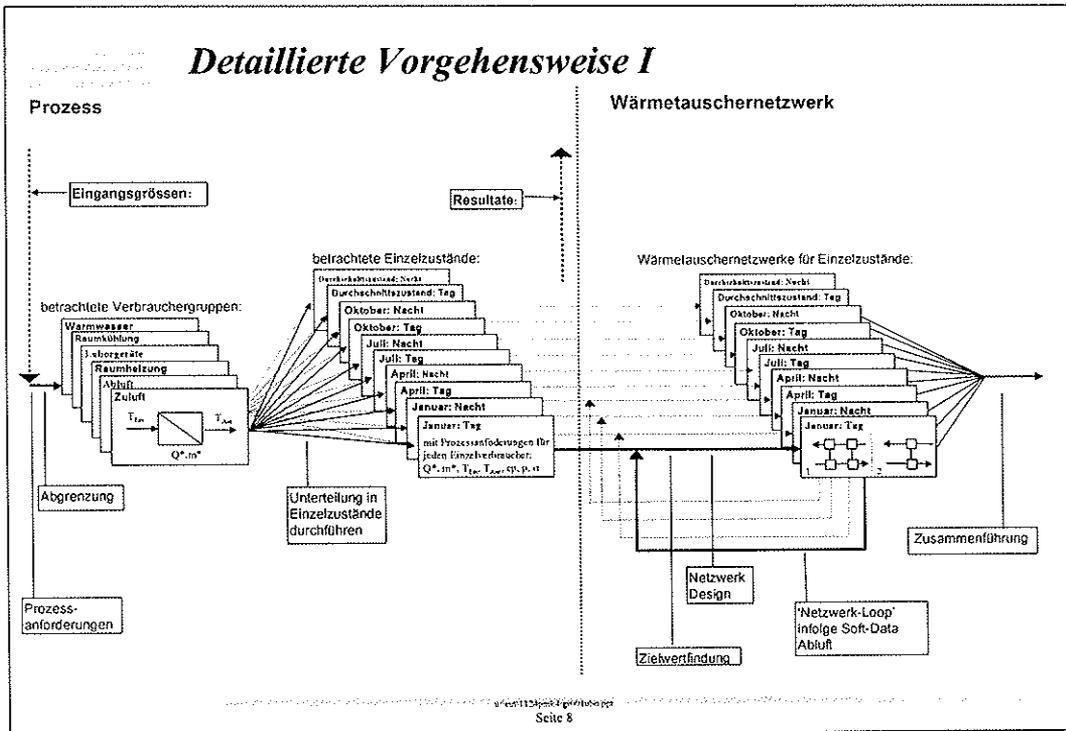
Seite 7

Eine hierarchische Vorgehensweise ist auch bei einem Haustechnik-objekt wesentlich. Dies kann mit dem Zwiebelschalenmodell veranschaulicht werden.

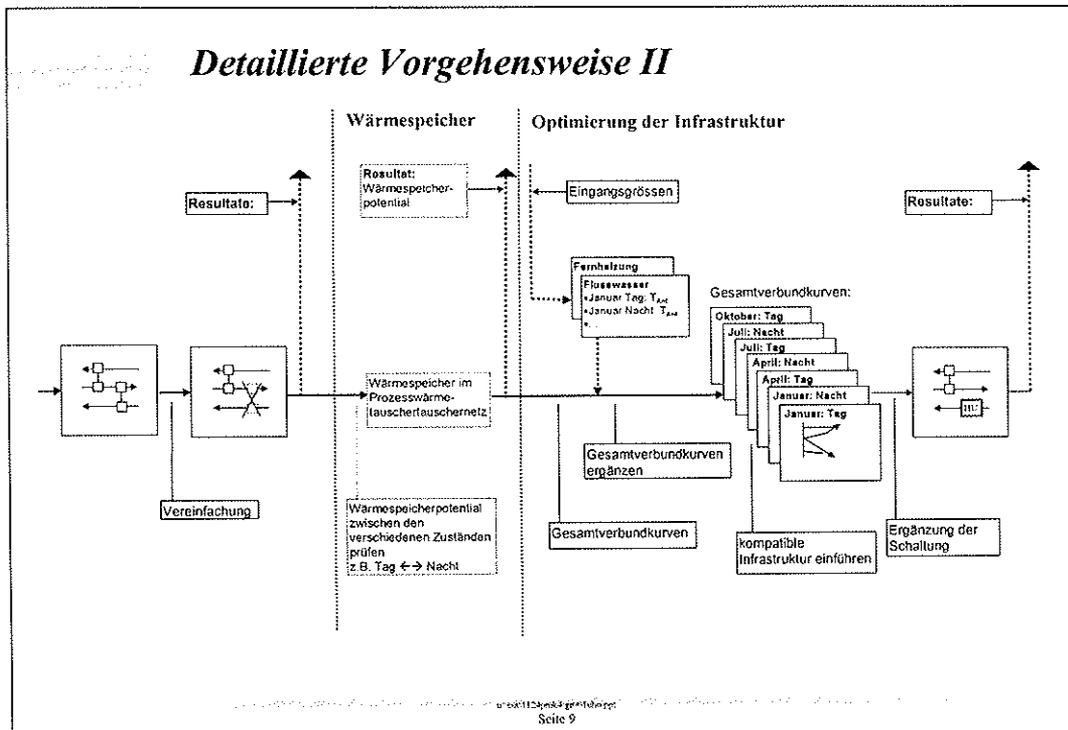
- Zuerst werden die eigentlichen Prozesse, die beim Haustechnikobjekt durch die verschiedenen Wärme- und Kälteverbrauchergruppen (verschiedene Kühlgeräte, Warmwasseraufbereitung, Raumheizung,...) repräsentiert sind, definiert und in geeigneter Weise voneinander abgegrenzt.
- Anschliessend erfolgt die Auslegung und Optimierung des Prozesswärmetauschernetzes unter Berücksichtigung des diskontinuierlichen Verlaufs des Wärme- und Kälteverbrauchs der einzelnen 'Prozesse'.
- Mit der nächsttieferen Priorität wird die Wärmespeicherung untersucht falls von Belang und mit letzter Priorität erfolgt die Auslegung des Infrastrukturnetzes. Dies sind im Fall des Haustechnikobjekts die Wärme- und Kältelieferanten wie Fernwärme und Flusswasser.

Eine Optimierung der Infrastrukturelemente ist im allgemeinen weniger wirtschaftlich als Massnahmen die in den inneren Schalen zu Prozessverbesserungen führen. Für das Haustechnikobjekt heisst dies, dass eine Optimierung der Wärme- und Kälteverbrauchergruppen mehr Wirkung auf das gesamte Objekt (Stichwort Investitionen) als auf Stufe Infrastruktur haben.

Detaillierte Vorgehensweise I



Detaillierte Vorgehensweise II





Pflichtenheft (Eingangsgrößen)

Grundlegenden Daten sind für die Pinch-Analyse notwendig, wenn sie den Wärme- oder Kälteverbrauch des Haustechnikobjekts in irgend einer Weise beeinflussen:

- Spezifikation des Gebäudetyps
- Baulicher Zustand
- Daten über die Medienerschliessung (z.B. Warmwasser, Heisswasser und Kühlwasser)
- Haustechnikgrundlegenden Daten (Anforderungen an Haustechnik, Gleichzeitigkeiten für Lüftung, Klima, Kälte)
- Nutzungskonzept (Raumnutzung, Raumprogramm)
- Infrastrukturbedürfnisse (Einrichtungen mit Kühlwassererfordernissen)
- Klimadaten für den Objektstandort

Bei einem Laborkomplex (dient in dieser Wegleitung als Fallbeispiel) sind u.a. die folgenden - vor allem thermischen - Spezifikationen relevant:

Gebäudehülle:

Insbesondere für die Berechnung der **Transmissionverluste** Q^*_T ist die Gebäudehülle von Bedeutung. Diese Verluste lassen sich bei Kenntnis der Hüllflächen A_p , der Wärmedurchgangskoeffizienten k_f und der Temperaturdifferenz über die Gebäudehülle berechnen.

Luftbedarf:

Die maximale **Luftmenge** des gesamten Gebäudes ergibt sich aus dem dominierenden Bedarf der 116 Laborkapellen. Andere Einflüsse wie die Personennutzung treten dabei in den Hintergrund.

Warmwasserbedarf:

Der **Warmwasserbedarf** lässt sich aus der Gesamtzahl der Zapfstellen bei Kenntnis des Verbrauchs (~ 0.35 l/min) je Zapfhahn und dem Gleichzeitigkeitsfaktor (~ 0.16) abschätzen.

Laborgerätekühlung

Um die in den Labors installierten Geräte zu kühlen ist ein Kühlwasserkreislauf mit einer Vorlauftemperatur von **16 °C** und einer Rücklauftemperatur von **26 °C** vorgesehen. Die maximale Kälteleistung kann aufgrund des Kältebedarfs der einzelnen Anlagen sowie des Nutzungsgrades abgeschätzt werden.

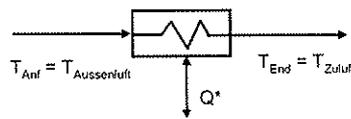
Infrastruktur

Für die Deckung des Wärme- und Kältebedarfs steht einerseits eine **Fernwärmeversorgung**, andererseits das Nahe dem Gebäudestandort vorhandene **Aarewasser** zur Verfügung.

Festlegen der Prozessanforderungen

Identifikation der verschiedenen Einzelverbraucher und Zusammenfassung zu einzelnen Wärme- und Kälteverbrauchergruppen:

- Zuluft (Wärmeverbraucher falls Aussentemperatur kleiner Raumtemperatur)
- Abluft
- Wärmebedarf der Raumheizeinrichtungen (Konvektoren, Bodenheizungen)
- Laborgeräterückkühlbedarf
- Bedarf der Raumkühlung (Umluftkühlgeräte, Kältedecke)
- Warmwasseraufbereitung



Seite 11

Aufgrund des Pflichtenheftes müssen die verschiedenen Einzelverbraucher im Haustechnik-Objekt **identifiziert** und zu Wärme- und Kälteverbrauchergruppen zusammengefasst werden. Beispielsweise werden die verschiedenen Kühlgeräte durch Bildung der Verbrauchergruppe Kühlgerätebedarf oder die verschiedenen Konvektoren durch Bildung der Gruppe Raumheizeinrichtungen in die Pinch-Analyse miteinbezogen.



Unterteilung in Einzelzustände durchführen

Prozessanforderungen weisen aufgrund variabler Aussentemperatur, variierendem Nutzungsgrad oder anderen Effekten eine zeitliche Abhängigkeit auf.

- Eine Einteilung in signifikante Einzelzustände muss durchgeführt werden, welche die verschiedenen während des Jahres auftretenden ‚Betriebsfälle‘ des Objekts repräsentieren:
 1. jahreszeitlicher Schwankung (Hauptverursacher: Aussentemperatur)
→ **Unterteilung: Januar, April, Juli, Oktober (x4 Zustände)**
 2. wöchentliche Schwankungen (Hauptverursacher: Nutzungsgrad)
→ **Unterteilung: Wochentag/-ende (x2 Zustände)**
 3. tägliche Schwankungen (Hauptverursacher: Nutzungsgrad (Warmwasser), Aussentemperatur)
→ **Unterteilung: Tag, Nacht (x2 Zustände)**
 4. stündliche Schwankungen (Hauptverursacher: einzelne Verbraucher)
→ **Unterteilung: Morgen, Mittag, Abend (x3 Zustände)**

Je nachdem ob man alle 4 Unterteilungsmöglichkeiten berücksichtigt (→ $4 \times 2 \times 2 \times 3 = 48$ Zustände) oder ob man nur zwei Unterteilungen vornimmt Nr. 1 und Nr. 2 (→ $4 \times 2 = 8$ Zustände) ist der nachfolgende Aufwand für die Datenzuordnung und Auswertung entsprechend. Eine vernünftige Einteilung muss nach Gewichtung der folgenden Kriterien erfolgen:

- Verfügbarkeit der Daten (Es macht keinen Sinn eine feine Unterteilung vorzunehmen, wenn die zugrundeliegenden Verläufe nur ungenau abgeschätzt werden können)
- Einfluss der einzelnen Schwankungen auf Gesamtwärme- und Gesamtkälteverbrauch (einzelne Verbraucher müssen eventuell bei der Unterteilung nicht berücksichtigt werden, da ihr Verbrauch im Vergleich zum Gesamtverbrauch nicht ins Gewicht fällt)
- Erwünschter Detaillierungsgrad und damit verbundener Auswertungsaufwand (Kosten!)
- Grösse und Komplexität des Haustechnikobjekts bez. Wärme- und Kälteverbrauch (je grösser desto lohnender wird eine genauere Unterteilung)
- vorhandene Erfahrungswerte ähnlicher Objekte

Wie aus diesen Kriterien hervorgeht, ist eine Einteilung vor allem auch mit dem Blick nach vorne verbunden und kann meist - vor allem bei einem grossen, nicht leicht überschaubaren Haustechnikobjekt - nur durch einen iterativen Prozess gewonnen werden.

Fallbeispiel: Einzelzustand Januar Tag

Januar: Tag	T_{Ant} [°C]	T_{End} [°C]	m^* [kg/s]	c_p [kJ/(kgK)]	p [bar]	α [W/m ² K]	Q [kW]	Stream
Zuluft	-3	20	23.1	1	1	300	531.3	Cold
Abluft	20	?	23.1	1	1	300	?	Hot (?)
Konvektoren	34.9	35	192	4.182	1	10000	80.2	Cold
Laborgeräte	26	16	2.3912	4.182	1	2000	100	Hot
Umluftgeräte	-	-	0	-	-	-	0	-
Warmwasser	11	60	0.075	4.182	1	2000	15.4	Cold

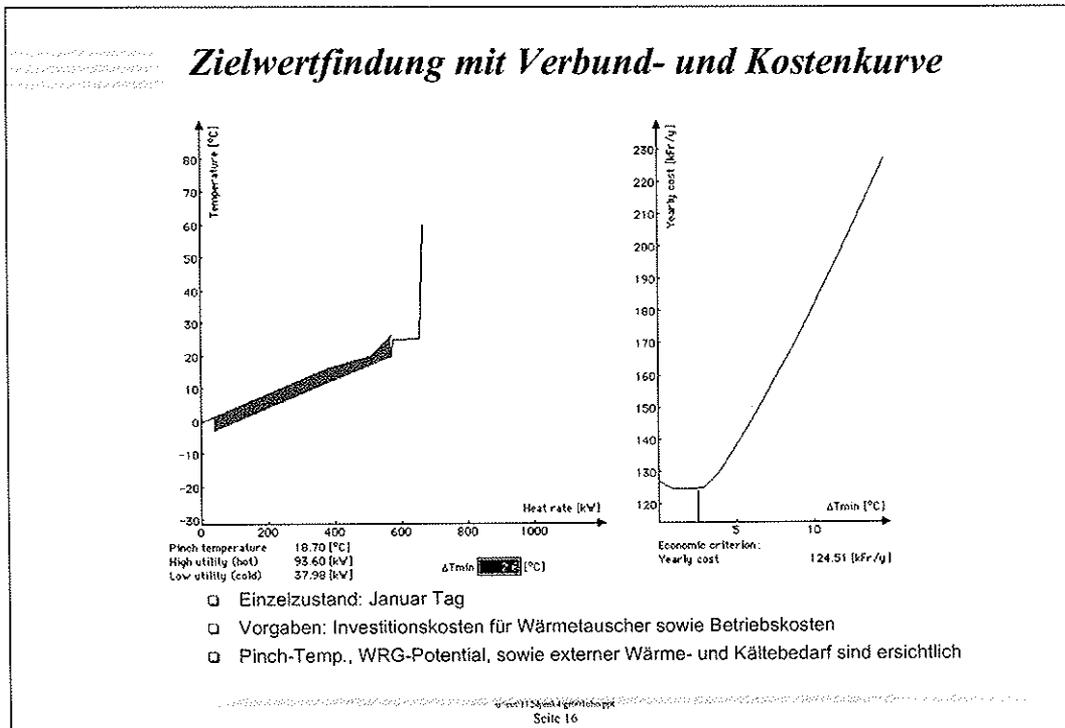
Bemerkung: Austrittstemperatur der Abluft ist ‚Soft-Data‘, da nicht bekannt.

Beim Fallbeispiel erweist sich eine Unterteilung in 8 Einzelzustände (Einteilung nach jahreszeitlichen und täglichen Schwankungen) am sinnvollsten. Damit kann sowohl der Haupteinflussfaktor Aussen-temperatur aber der Einflussfaktor Nutzungsgrad (hauptsächlich tägliche Schwankungen) mitberücksichtigt werden.

Die Abluftendtemperatur und der resultierende Wärmestrom ist nicht bekannt, da sie durch Iteration bestimmt werden muss.

Resultat Zwiebelschale 1 - Prozess

Als Resultat der Zwiebelschale 1 liegen die
Prozessanforderungen für jeden Wärme- und Kälte-
verbraucher für alle definierten Betriebszustände vor.



Für jeden einzelnen dieser Betriebszustände muss jeweils das optimale Einzelwärmetauschernetzwerke gefunden werden. Optimal heisst, dass gleichzeitig sowohl Kostenziele aber auch Energieziele erfüllt werden sollen. Dabei sind die wirtschaftlichen Grundlagendaten auf denen die Optimierung basiert einheitlich zu wählen:

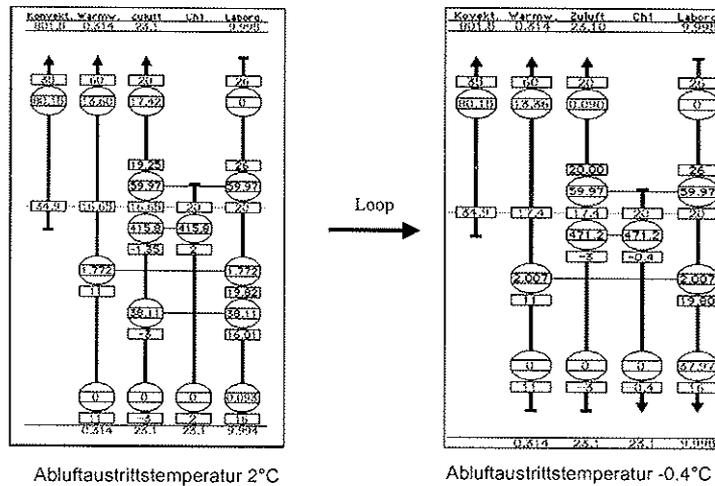
- Investitionskosten: (massgebend sind die Wärmeübertragerkosten)

$$K = Cr * (A/100)^{0.71} * ra * ff$$

- K = Kosten für den Wärmeübertrager in [Fr.]
- A = Wärmeübertragungsfläche [m²]
- Cr = Modellfaktor, ra = Aktualitätsfaktor und ff = Faktor Transport und Installation
- Betriebskosten:
 - Energiekosten inkl. Amortisation
 - Heizenergie: 0.04 Fr./kWh_{th}, Kühlenergie: 0.03 Fr./kWh_{th}
 - Jahresbetriebszeit (7'000 h/a)

Als erstes müssen daher die Gesamtkostenkurven, die sich aus obigen Investitions- und Betriebskosten zusammensetzen und addiert die jährlichen Gesamtkosten ergeben, berechnet werden. Diese Kurven werden über die minimale Temperaturdifferenz des Energiesystems (ΔT_{min}) aufgetragen und zeigen die optimale minimale Temperaturdifferenz auf. (siehe Darstellung)

Netzwerk Design mit Loop infolge Soft-Data Abluft

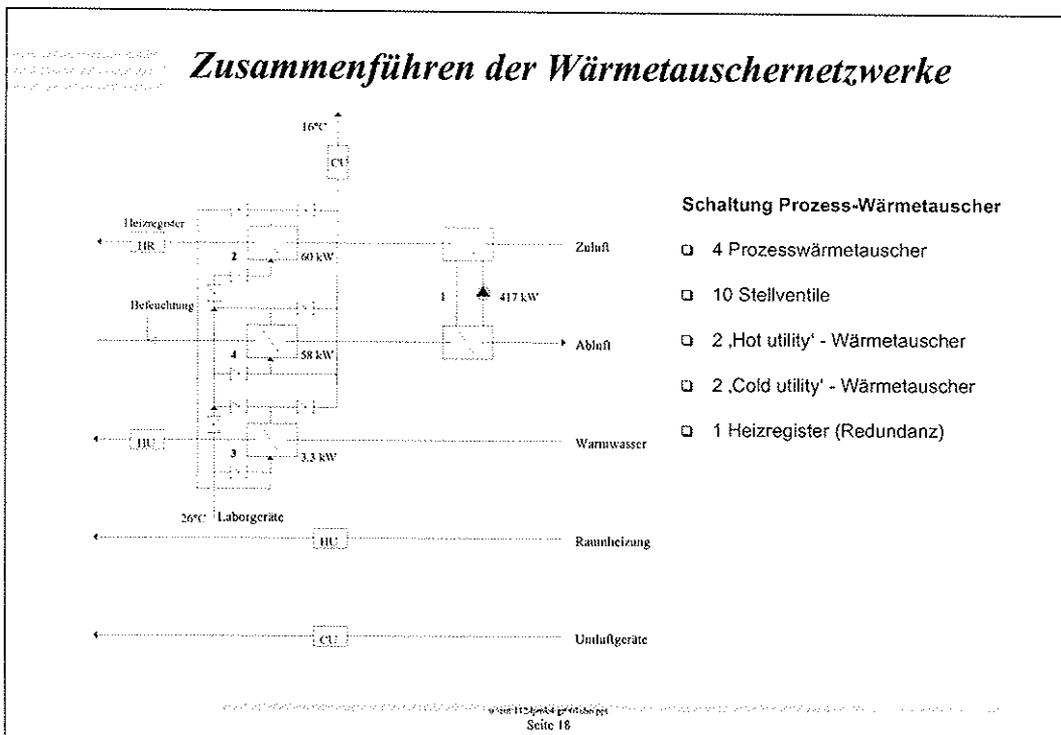


Einzelzustand: Januar Tag

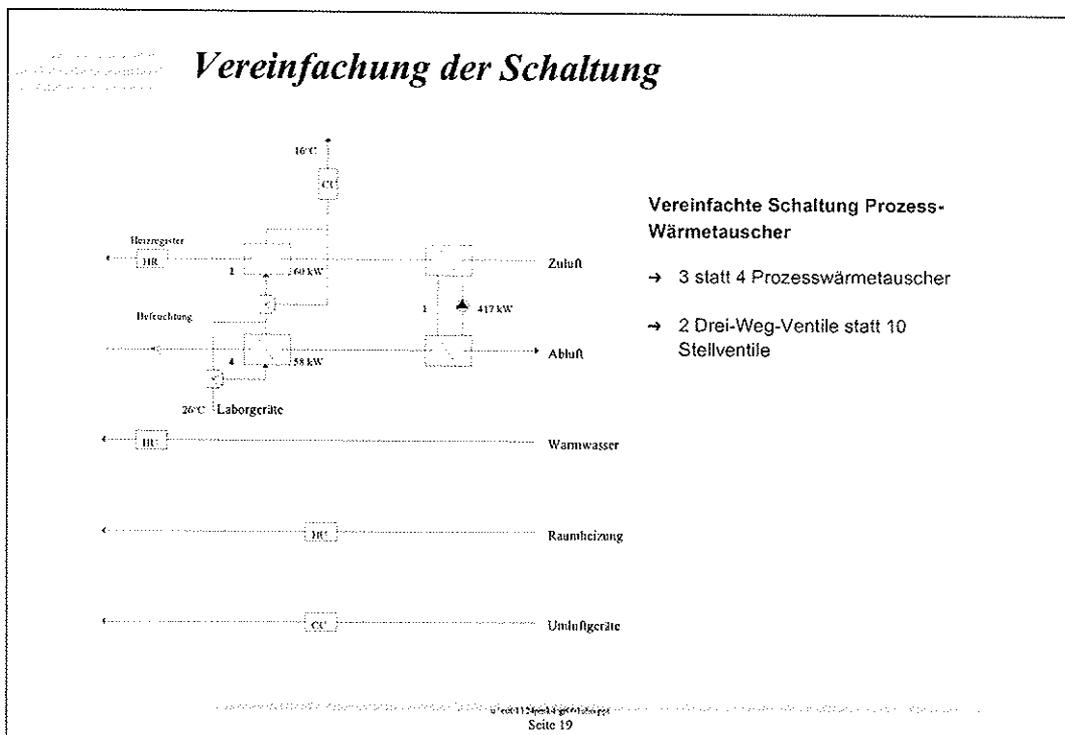
Die theoretischen Vorgaben der Verbundkurven (Zielwerte) inkl. der minimalen Temperaturdifferenz können mit Hilfe bestimmten Regeln den sogenannten 'Design -Regeln' zielgerichtet zur optimalen Schaltung Einzelwärmetauschnetzwerk umgesetzt werden, näheres in [4]. Im besten Fall werden die in der Zielwertfindung vorgegebenen Werte erreicht. Liegen vom Betrieb her Einschränkungen (sog. Constraints) vor, die technischer, sicherheitstechnischer, geographischer oder betrieblicher Art sein können, so können diese Zielwerte oft nicht erreicht werden.

Die Abluftaustrittstemperatur resp. die Fortlufttemp. ist keine eigentliche Prozessanforderung, sondern eine Soft-Data, die derart gewählt werden muss, dass das Netzwerk-Design aufgrund der Verbundkurven möglichst optimal ausgeführt werden kann. Um diese Netzwerke zu erhalten muss nun für jeden Einzelzustand wie folgt, jeweils iterativ vorgegangen werden:

1. Eine Abluftaustrittstemperatur vorwählen,
2. Gesamtkostenkurve berechnen und Verbundkurve bestimmen
3. Netzwerk-Design nach den Design-Regeln durchführen
4. gefundenes Netzwerk auf obigen Optimierungsgrad prüfen
5. falls optimales Netzwerk nicht erreicht, Abluftaustrittstemperatur geeignet abändern und erneut bei Punkt 1 beginnen.



Die Einzelnetzwerke der verschiedenen Betriebszustände liegen nun vor und müssen zu einer Schaltung 'Prozess-Wärmetauscher' zusammengeführt werden und zwar derart, dass mit der Gesamtschaltung alle Betriebszustände 'gefahren' werden können.



Wärmetauscher mit geringer Fläche resp. kleiner Leistung können vernachlässigt werden, insbesondere wenn ihr Wegfall zu einer einfacheren Verschaltung führt.

Durch die Elimination des Warmwasseres - Laborgerätewärmetauschers (Nr. 3) mit der geringen maximalen Leistung von 3.3 kW können die zehn Stellventile auf zwei Drei-Weg-Ventile reduziert werden. Der dadurch notwendige Infrastrukturmehrverbrauch ist im Vergleich zu den eingesparten Investitionskosten vernachlässigbar.

Auslegungsgrößen für die Gesamtschaltung

Total maximal		Hot streams										
		Zuluft		Abluft		Laborappar.		Umluft		Hot utility	Fernheiz.	WP-K.
Q _{tot} =972 kW, A _{tot} =1746 m ²		Q*[kW]	A[m ²]	Q*[kW]	A[m ²]	Q*[kW]	A[m ²]	Q*[kW]	A[m ²]	Q*[kW]	Q*[kW]	Q*[kW]
Cold streams	Zuluft			417	1208	60	56.5					
	Abluft	139	411			57.8	70.1					
	Raumheizung									80,15	80,15	
	Warmwasser					3,3	0,8			15,4	15,4	
	Cold utility					100		100				
	Flusswasser					41,3		0,0				300
	WP- Verdampfer											

Die maximalen Wärmetauscherleistungen der Prozess- und Infrastrukturströme sind für die aufzuheizenden Ströme (Cold Streams) und abzukühlenden Ströme (Hot Streams) in obiger Tabelle zusammengefasst.

Einzig im Abluft-Zuluft Wärmetauscher findet die Wärmeübertragung in beiden Richtungen statt, d.h. sind die Zu- und Abluft sowohl Hot wie auch Cold Streams.

Vorhandene Infrastruktur spezifizieren

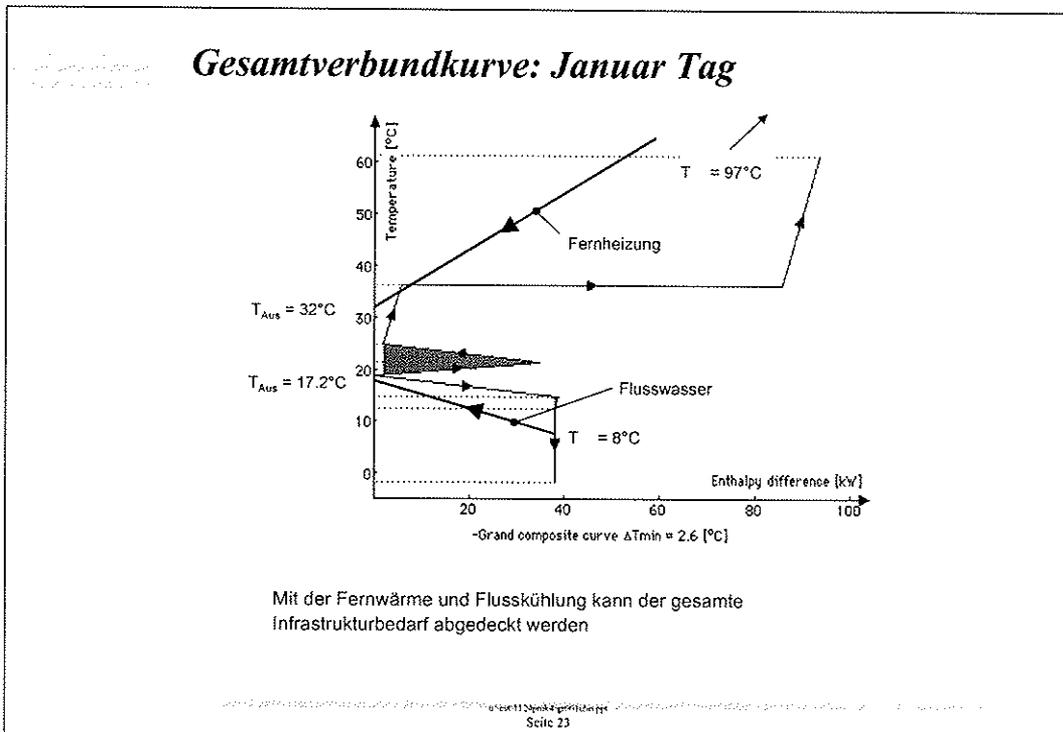
Zustand	Fernwärme $T_{\text{Ant}} [^{\circ}\text{C}]$	Flusswasser $T_{\text{Ant}} [^{\circ}\text{C}]$
Januar: Tag	97	8
Januar: Nacht	97	8
April: Tag	76	12
April: Nacht	76	12
Juli: Tag	70	21
Juli: Nacht	70	21
Oktober: Tag	76	16
Oktober: Nacht	76	16

Infrastruktur: Flusswasser (Aare) und Fernwärme

Bevor irgendwelche neue Infrastruktur eingesetzt wird, d.h. bevor z.B. ein Heizkessel, eine Wärmepumpe oder ein Sonnenkollektoren für das Haustechnikobjekt geplant wird um den Infrastrukturbedarf abzudecken ist es sinnvoll, zuerst alle vorhandenen resp. einfach verfügbaren oder zugänglichen Infrastruktur einzusetzen resp. soweit wie möglich auszunutzen. Beispiele hierfür sind:

- Flusswasser oder Seewasser → ist dieses in der Nähe eines Haustechnikobjekts resp. einfach verfügbar, so kann es als Kühlenergie einfach nutzbar gemacht werden, bevor eine Kältemaschine für die Abdeckung des Kühlbedarfs eingesetzt wird. Voraussetzung ist, dass das notwendige Temperaturniveau unterschritten wird.
- Fernwärme → ist eine Fernwärmeversorgung vorhanden, so ist es zweckmässig, den Wärmebedarf zuerst durch diese Wärmequelle abzudecken, bevor ein Heizkessel zum Einsatz gelangt. Voraussetzung hierfür ist, dass das Temperaturniveau der Fernwärme grösser ist als das der Wärmeverbraucher.

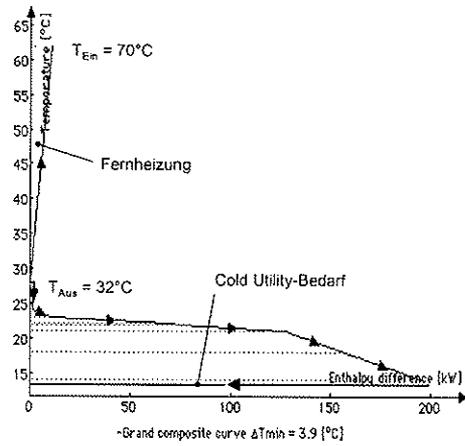
Um diese Infrastrukturen verwenden zu können, müssen sie zuerst geeignet spezifiziert werden, das heisst, das verfügbare Temperaturniveau resp. die Anfangstemperatur jedes Stromes muss für jeden Einzelzustand definiert werden. Die restlichen Infrastrukturgrössen (T_{Aus} , m^* , ...) können erst durch eine Abschätzungen mit Hilfe der Gesamtverbundkurven gewonnen werden.



Die spezifizierte Infrastruktur wird nun zweckmässig in die Gesamtverbundkurven der Einzelzustände eingetragen. Zweckmässig heisst, dass die Austrittstemperatur des Infrastrukturstromes derart gewählt werden muss, dass einerseits eine maximale Abdeckung des Infrastukturbedarfs möglich ist, aber andererseits die Infrastrukturkosten (benötigter Massenstrom) minimal werden. Ein minimaler Massenstrom wird wiederum nur erreicht, wenn die Temperaturdifferenz des Infrastrukturstromes (End- minus Anfangstemperatur) maximal gewählt wird. Für die Heizenergie bedeutet dies, dass die Rücklaufstemperatur (Endtemperatur) minimal und für die Flusswasser die Rücklaufstemperatur (Endtemperatur) maximal zu wählen ist. Die restlichen Infrastrukturanforderungen (Massenstrom, Endtemperatur) lassen sich dann aus den Gesamtverbundkurve bestimmen.

Bemerkung: Ist das Temperaturniveau der vorhandenen Heizenergie nicht genügend hoch, resp. das Temperaturniveau der vorhandenen Kühlenergie nicht genügend tief, so kann nicht der gesamte Infrastukturbedarf abgedeckt werden und es muss zusätzlich Infrastruktur eingefügt werden.

Gesamtverbundkurve: Juli Tag



- Mit der Fernwärme kann wiederum gesamte Heizenergiebedarf gedeckt werden
- Flusswassertemperatur zu hoch --> Kältebedarf muss durch zusätzliche Infrastruktur gedeckt werden



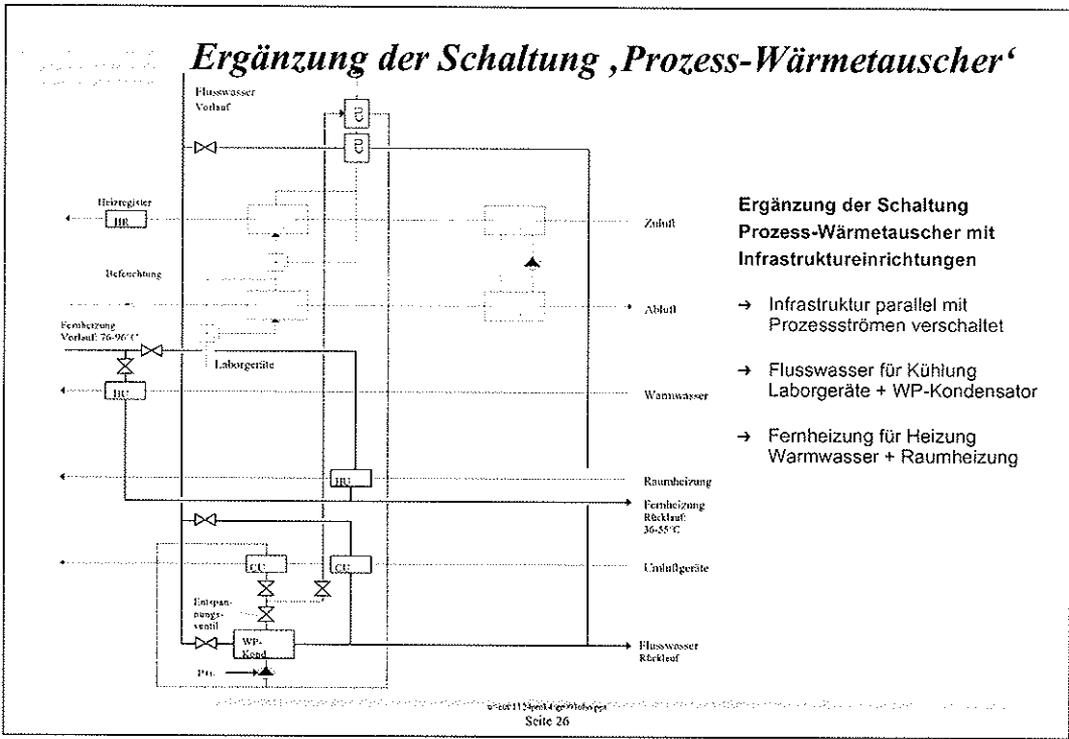
Kompatible Infrastruktur einführen

Infrastrukturbedarf, der nicht durch die vorhandene Infrastruktur abgedeckt werden kann, muss durch zusätzliche Heiz- und Kühlenergiequellen gedeckt werden. Diese müssen mit allen Einzelzuständen kompatibel sein und den gesamten Restbedarf abdecken.

- z.B. Sonnenkollektoren oder Heizkessel für Deckung Heizenergiebedarf oder
- Kältemaschine für die Deckung des Kältebedarfs

Fallbeispiel

- ⇒ Heizenergie: Mit der Fernwärme können alle Bedarfsfälle abgedeckt werden. Folglich ist keine zusätzliche Infrastruktur erforderlich.
- ⇒ Das Temperaturniveau des Flusswassers ist in den Sommermonaten zu hoch, daher Bereitstellung der Kühlenergie mit Kälteaggregat. Der Kondensator der Kältemaschine kann hingegen durch Flusswasser rückgekühlt werden.





Resultat Zwiebelschale 4 - Infrastruktur

Als Resultat der Zwiebelschale 4 sind die Infrastruktureinrichtungen spezifiziert. Die entsprechende Verschaltung der Infrastruktur mit den Prozessströmen liegt vor. Aus den Gesamtverbundkurven geht der genaue Infrastrukturbedarf während den einzelnen Betriebszuständen hervor.

Übersicht der Pinch-Methode in der komplexen Haustechnik

- Bestätigung von bestehenden Anlagenverschaltungen:
 - Mit Pinch-Analyse werden alle Anlagenverschaltungen / Potentiale gefunden - auf Prozess, wie auch auf Infrastrukturebene - die auch konventionell eruiert werden können.
 - Durch Verwendung Gebäudesimulationsprogrammes DOE-2 (konventionelle Methode) kann gefundene Anlagenverschaltung zudem auf Wirtschaftlichkeit überprüft werden.
 - Anwendung Pinch-Methode in der Haustechnik ergänzt konventionelle Methoden aufgrund ihrer gesamtheitlichen Betrachtungsweise und steht nicht in Konkurrenz zu ihnen.
- Definition von neuen Anlagenverschaltungen:
 - Mittels der Pinch-Analyse kann zusätzliches WRG-Potential sogar unter Mitberücksichtigung zeitlich ändernder Prozessanforderungen erschlossen werden.

Zusammengefasst: Je stärker die einzelnen Prozesse miteinander gekoppelt resp. voneinander abhängig sind und je stochastischer der zeitliche Verlauf der einzelnen Verbraucher, desto aufwendiger und schwieriger wird die Anwendung der Pinch-Methode. Sind die Objekte hingegen klein und nicht sehr komplex, so lohnt sich der Aufwand für die Pinch-Methode nicht mehr. Dies ist z.B. bei Gebäuden der Kat. I (Einfamilienhäuser) und II (Mehrfamilienhäuser) nach SIA 381.1 der Fall.



Übersicht der Pinch-Methode in der komplexen Haustechnik

□ Grenzen der Pinch Methode

Pinch-Methode in der Haustechnik nur einsetzbar, wenn

- die einzelnen Prozessanforderungen exakt voneinander abgegrenzt werden können:
- zeitliche Änderung der Verbraucher systematisch durch Unterteilung in signifikante Zustände wiedergegeben werden kann.