

PinCH-Tutorial 0

Herzlich Willkommen! Das PinCH-Team der Hochschule Luzern bietet zur Software **PinCH** Tutorials an, um Ihnen die Funktionen und die Bedienung der Software vorzustellen. In sechs Tutorials werden Grundlagen der Energie- und Kostenoptimierung von industriellen Prozessen mit **PinCH** vermittelt:

PinCH-Tutorial 0	Einführung und Überblick
PinCH-Tutorial 1	Kontinuierliche Produktionsanlage
PinCH-Tutorial 2	Produktionsanlage mit mehreren Betriebsfällen
PinCH-Tutorial 3	Nicht-kontinuierliche Produktionsanlage
PinCH-Tutorial 4	Integration thermischer Energiespeicher
PinCH-Tutorial 5	Integration einer Wärmepumpe

Die Tutorials sind aufeinander aufbauend gestaltet. Wenn Sie **PinCH** zum ersten Mal benutzen, befinden Sie sich mit dem vorliegenden **Tutorial 0** am idealen Startpunkt zum Kennenlernen der Software.

Auf der Website www.pinch.ch können die Tutorials und die dazugehörenden PinCH-Dateien mit der jeweiligen Musterlösung heruntergeladen werden. Die Tutorials können mit der Testversion von **PinCH** (Vollversion, befristet auf 15 Tage, limitiert auf 6 Prozessströme) gelöst werden. Um die Testversion zu erhalten, schreiben Sie bitte eine E-Mail an pinch@hslu.ch.

Die Tutorials sind auf Deutsch, Englisch und Französisch erhältlich. Die Beschriftungen in Verfahrensfliessbildern, die Bezeichnungen von Prozessen, Strömen usw. sowie softwarebezogene Begriffe sind immer in Englisch gehalten. Als Währung wird Euro verwendet.

In den Tutorials liegt der Fokus auf der Bedienung der Software **PinCH.** Es wird davon ausgegangen, dass Sie mit den grundlegenden Prinzipien der Pinch-Analyse vertraut sind. Als Einführung bzw. für einen vertieften Einblick in die Pinch-Methode empfehlen wir folgende Bücher:

- F. Brunner, P. Krummenacher: Einführung in die Prozessintegration mit der Pinch-Methode - Handbuch für die Analyse von kontinuierlichen Prozessen und Batch-Prozessen, Bundesamt für Energie BFE, 2017 (erhältlich unter www.pinch.ch)
- R. Smith: Chemical Process - Design and Integration, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2016; Pinch-Analyse ab Kap. 15 (ISBN 978-1-1199-9013-0)
- I. C. Kemp: Pinch Analysis and Process Integration - A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy, 2nd Edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007 (ISBN 978-0-7506-8260-2)

Inhaltsverzeichnis

I. Einführung Tutorial 0 und Kontakt	2
II. PinCH Workbench	3
III. Die 10 Steps in PinCH	5
IV. Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	7

I. Einführung Tutorial 0 und Kontakt

Lernziel: Sie kennen die Benutzeroberfläche von **PinCH** sowie die **10 Steps**.

Dauer: 1/2 Stunde

Im vorliegenden **Tutorial 0** werden die Benutzeroberfläche der Software und die **10 Steps** zur erfolgreichen Durchführung einer Pinch-Analyse vorgestellt. Am Ende des Tutorials finden Sie ein Symbol- und Abkürzungsverzeichnis, welches für alle Tutorials gültig ist.

Sollten Sie Fragen haben, können Sie sich gerne an uns wenden. Das PinCH-Team der Hochschule Luzern sowie das Centre de Compétence PinCH Francophone der Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud stehen Ihnen gerne zur Verfügung. Nachfolgend finden Sie unsere Kontaktangaben:

Kontakt

Deutsch und Englisch:

Hochschule Luzern
Technik und Architektur
Kompetenzzentrum Thermische
Energiesysteme und Verfahrenstechnik
Technikumstrasse 21
CH-6048 Horw
pinch@hslu.ch

Französisch:

Haute Ecole d'Ingénierie et de
Gestion du Canton de Vaud
Institut de Génie Thermique
Centre de compétence PinCH francophone
Avenue des Sports 20
CH-1401 Yverdon-les-Bains
pinch@heig-vd.ch



Dieses Werk (nachfolgend „Tutorial“) dient zur Einführung in die Software **PinCH** der Hochschule Luzern/Fachhochschule Zentralschweiz. Das Tutorial ist kostenlos unter www.pinch.ch verfügbar. Es darf nicht kommerziell weiterverbreitet werden. Die Nutzung des Tutorials in kommerziellen Aus- und Weiterbildungskursen, Workshops, Coachings usw. ist nicht gestattet. Die Modifikation des Tutorials ist ebenfalls nicht gestattet.

II. PinCH Workbench

Übersicht

Abbildung 1 zeigt die Benutzeroberfläche der PinCH-Software.

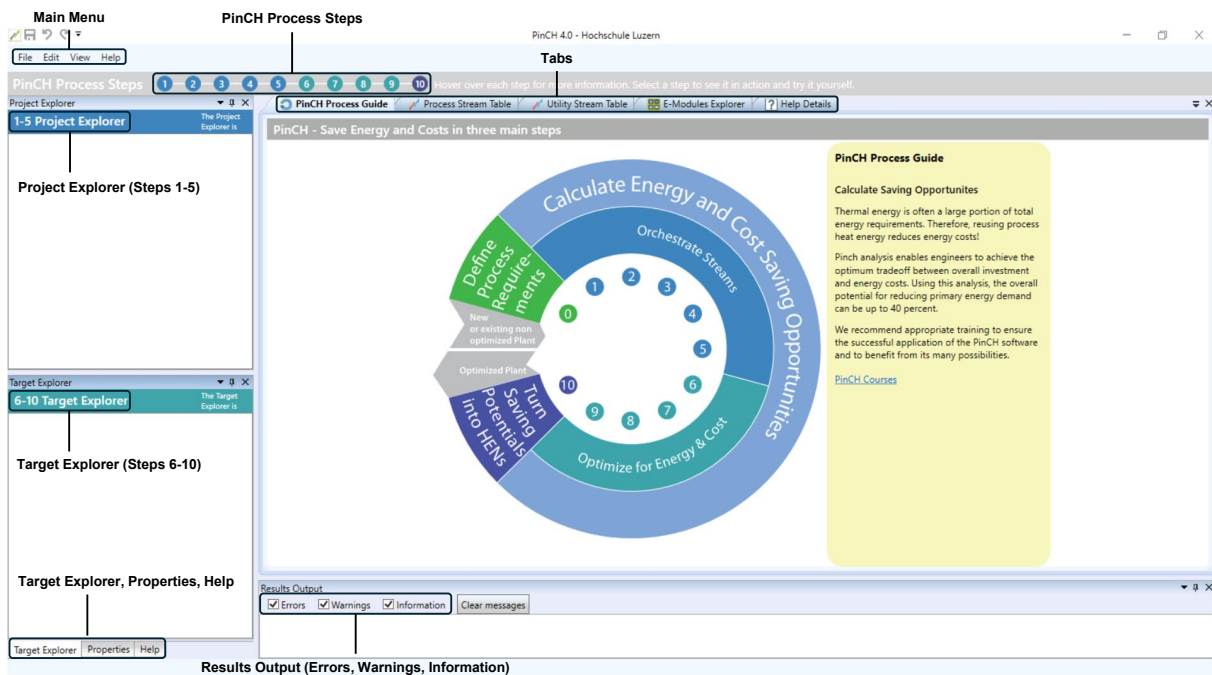


Abbildung 1: Workbench nach dem Starten von PinCH

Im **Project Explorer** werden die Eingaben der **Steps 1-5** gespeichert. Die Analyse und Optimierung in den **Steps 6-10** werden im **Target Explorer** durchgeführt. Um zwischen den einzelnen Steps zu wechseln, können Sie die Leiste **PinCH Process Steps** nutzen. Zur Bearbeitung der **10 Steps** stehen Ihnen verschiedene Registerkarten zur Verfügung, die Sie über den **Project Explorer** bzw. den **Target Explorer** öffnen können.

Fensteranordnung

Wenn Sie die Anordnung der Fenster (**Project Explorer**, **Target Explorer**, **Results Output**) ändern möchten, können Sie

- ☞ mit dem Cursor auf das obere Ende des jeweiligen Fensters fahren und
- ☞ mit gedrückter Maustaste das Fenster bewegen.

Das erscheinende Kreuz hilft Ihnen, das Fenster an einer anderen Position zu verankern (siehe Abbildung 2).

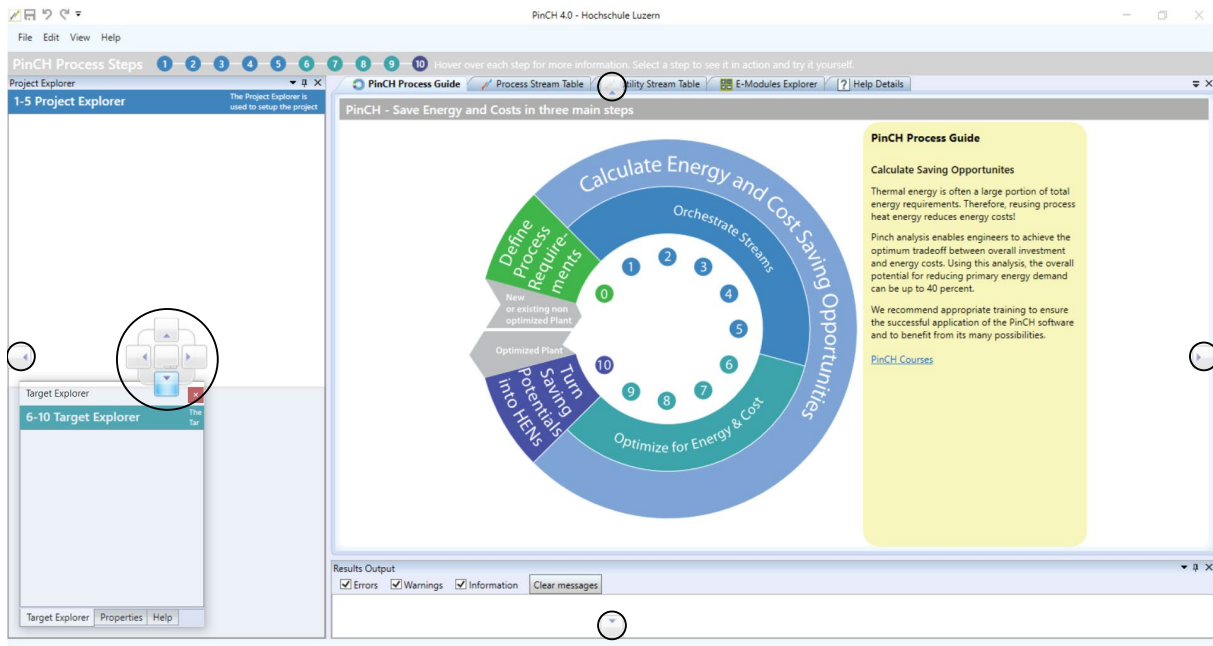


Abbildung 2: Bewegen und Platzieren eines Fensters, z. B. des Target Explorers

Um die Grösse eines Fensters zu verändern, gehen Sie wie folgt vor:

- 🖱️ Fahren Sie mit der Maus über den Rand des Fensters (Doppelpfeil erscheint).
- 🖱️ Ziehen Sie mit gedrückter Maustaste das Fenster in die gewünschte Richtung.

Einstellungen

Die Einstellungen können Sie über das Hauptmenü ändern:

- 🖱️ **File** 🖱️ **Settings**

In den Einstellungen gibt es fünf Registerkarten:

- Unter **User Interface** können Sie verschiedene Widgets ein- und ausblenden.
 - Unter **Units** können Sie die Einheiten für Energie und Leistung wählen.
 - Unter **Currencies** können Sie die gewünschte Währung wählen. Es besteht die Möglichkeit, in Schweizer Franken (CHF), Euro (€) oder US Dollar (\$) zu rechnen. Wenn Sie eine andere Währung als CHF verwenden möchten, können Sie den Wechselkurs relativ zum Schweizer Franken eingeben. In den folgenden Tutorials verwenden wir €. In **Tutorial 1** und **2** wird ein Wechselkurs von 0.95 CHF/€ genutzt, ab **Tutorial 3** arbeiten wir mit einem Wechselkurs von 1 CHF/€.
 - Unter **General** können Sie die Umgebungstemperatur anpassen.
 - Unter **Licensing** können Sie die Lizenzen verwalten.
- 🖱️ Die vorgenommenen Einstellungen mit einem Klick auf den Button **Save Settings** speichern und das Fenster schliessen.

Es ist empfehlenswert, alle Einstellungen vor dem Start einer Pinch-Analyse festzulegen.

III. Die 10 Steps in PinCH

Pinch-Analysen in Industrieunternehmen sind vielfältig. Die Komplexität der Analyse hängt von verschiedenen Faktoren, z. B. von der Anzahl der betrachteten Prozesse, der Grösse der einzelnen Prozesse (Anzahl der Ströme), der Anzahl der Betriebsfälle oder der Art der Prozesse (kontinuierlich/diskontinuierlich), ab. Um die Ingenieurin oder den Planer Schritt für Schritt durch die Analyse und Optimierung zu führen, haben wir in PinCH die **10 Steps** eingeführt. Nicht immer werden alle Schritte benötigt, sie dienen jedoch als Orientierungshilfe während einer Pinch-Analyse.

1	Enter Stream Data	Eingeben von Stromdaten
2	Configure Equipment	Zuweisen der Prozessströme zum Equipment
3	Define Processes	Definieren von Prozessen
4	Apply Scheduling to Processes	Erstellen von Zeitplänen für die Prozesse
5	Set Economic Data	Festlegen ökonomischer Kennzahlen
6	Prepare Targeting Calculations	Vorbereiten der Zielberechnung
7	Analyze Energy Targets	Analysieren der Energieziele
8	Calculate Energy & Cost Targets	Berechnen der Energie- und Kostenziele
9	Integrate Energy Conversion Units	Integrieren von Energieumwandlungsanlagen (ECU)
10	Design Heat Exchanger Network	Erstellen von Wärmeübertragernetzwerken

Tabelle 1: 10 Steps in PinCH

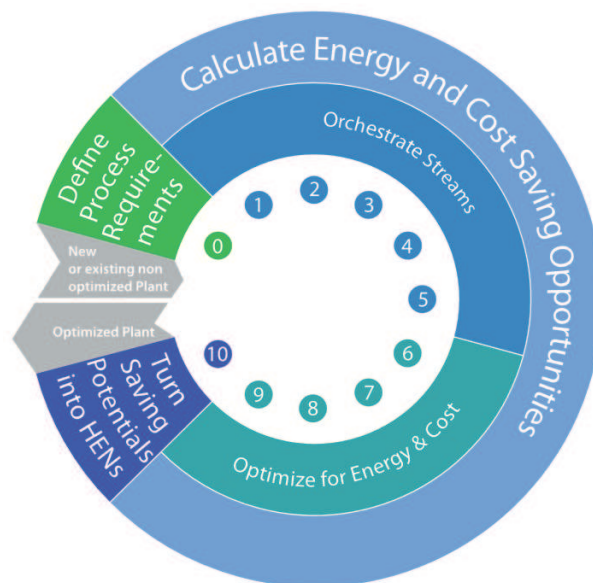


Abbildung 3: „Help-Kreisels“ für die 10 Steps

Das zielgerichtete Vorgehen gemäss den **10 Steps** erlaubt ein systematisches und effizientes Durchführen einer Pinch-Analyse. Wir empfehlen Ihnen, die Bearbeitung der **10 Steps** mit Hilfe unserer **Tutorials** zu üben. Der „Help-Kreisels“ in der Software (Abbildung 3) verschafft Ihnen einen Überblick über die **10 Steps**. Durch Anklicken des Kreisels können Sie jederzeit Informationen über die einzelnen Schritte einblenden.

Zusatzinformation: Die Definition der Prozessanforderungen in Step 0 (Define Process Requirements) bildet die Grundlage für die Pinch-Analyse. Step 0 erfolgt nicht in der PinCH-Software.

Eine detaillierte Darstellung der **10 Steps** finden Sie in Abbildung 4 auf Seite 6.

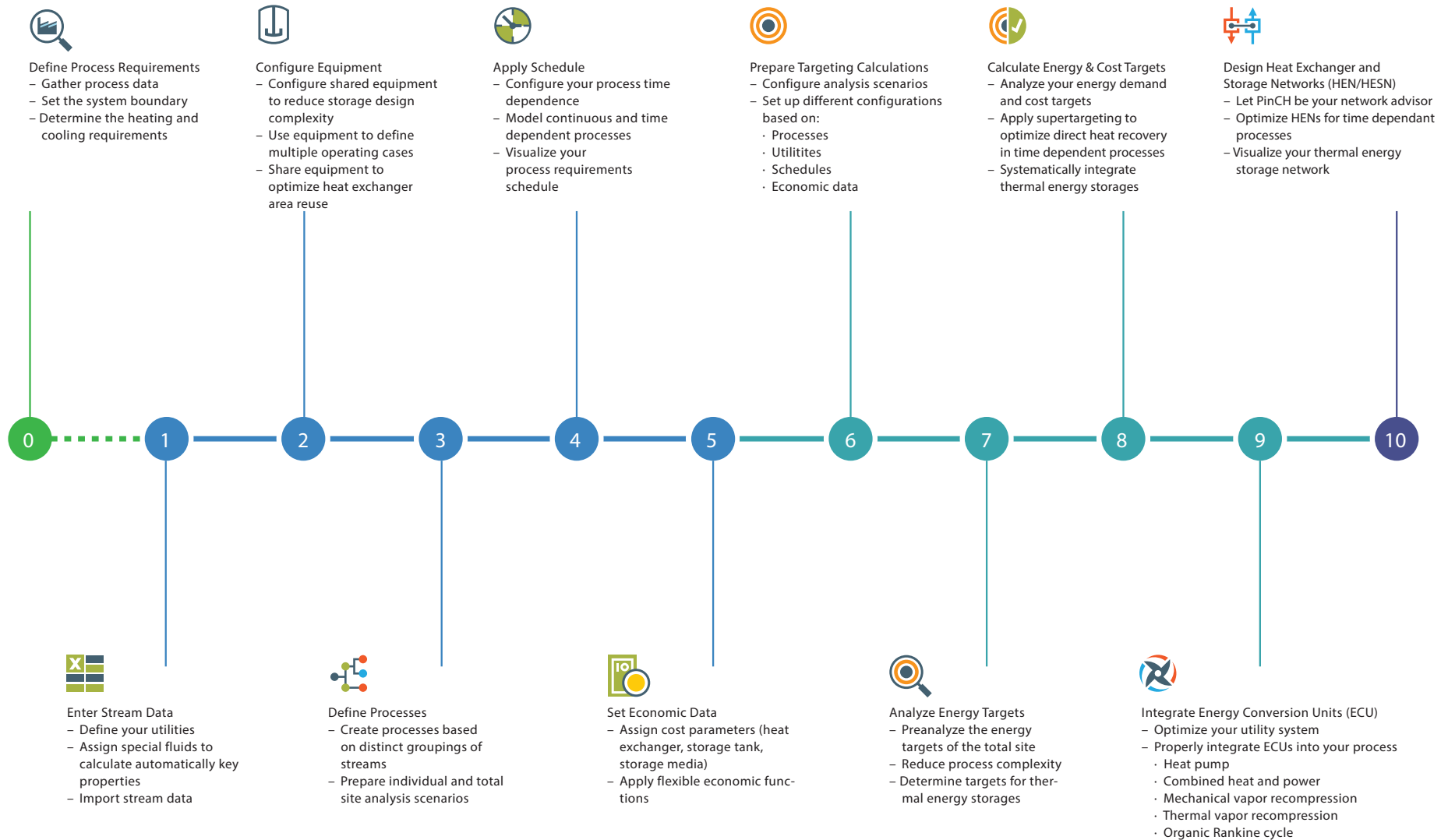


Abbildung 4: Übersicht der 10 Steps

IV. Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

Symbolverzeichnis

A	Annuitätsfaktor	-
A	Fläche	m^2
a	Grundkosten	€
A_b	Referenzfläche	m^2
α	Wärmeübergangskoeffizient	$\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
C	(jährliche) Kosten	€/a, €
c	spezifische Kosten	€/kg, €/kWh
C_b	Referenzkosten	€
c_{CU}	spezifische Kosten der Kälteumwandlungsanlage(n)	€/kg, €/kWh
$c_{CU, OC}$	spezifische Kosten der Kälteumwandlungsanlage(n) pro Betriebsfall	€/kg, €/kWh
$c_{CU, TS}$	spezifische Kosten der Kälteumwandlungsanlage(n) pro Zeitintervall	€/kg, €/kWh
C_{ECU}	Kosten der Energieumwandlungsanlage(n)	€
C_{En}	(jährliche) Energiekosten	€/a, €
C_{HEN}	Kosten des Wärmeübertragernetzwerks	€
C_{HESN}	Kosten des Wärmeübertrager- und Speichernetzwerks	€
C_{HEX}	Kosten des Wärmeübertragers	€
C_{HS}	Kosten des Wärmespeicherbehälters	€
c_{HU}	spezifische Kosten der Wärmeumwandlungsanlage(n)	€/kg, €/kWh
$c_{HU, OC}$	spezifische Kosten der Wärmeumwandlungsanlage(n) pro Betriebsfall	€/kg, €/kWh
$c_{HU, TS}$	spezifische Kosten der Wärmeumwandlungsanlage(n) pro Zeitintervall	€/kg, €/kWh
C_{IL}	Kosten des Zwischenkreislaufs	€
C_{Inv}	(jährliche) Investitionskosten	€/a, €
C_{Op}	(jährliche) Betriebskosten	€/a, €
$C_{Op, OC}$	(jährliche) Betriebskosten pro Betriebsfall	€/a, €
$C_{Op, TS}$	(jährliche) Betriebskosten pro Zeitintervall	€/a, €
CP	Wärmekapazitätsstrom	kW/K
c_p	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck	$\text{kJ}/(\text{kg K})$
C_{SM}	Kosten des Speichermediums	€
c_{SM}	spezifische Kosten des Speichermediums	€/kg
C_{tot}	(jährliche) Gesamtkosten	€/a, €
$\Delta \dot{H}$	Enthalpiedifferenzstrom	kW
Δh_V	spezifische Verdampfungsenthalpie	kJ/kg
ΔT	Temperaturdifferenz	K
Δt	Dauer eines Zeitintervalls	h
ΔT_m	mittlere logarithmische Temperaturdifferenz	K
ΔT_{min}	minimale Temperaturdifferenz	K
$\Delta T_{min, opt}$	optimale, minimale Temperaturdifferenz	K
f_L	Lang-Faktor	-
$\dot{H}$	Enthalpiestrom	kW
k	Wärmedurchgangskoeffizient	$\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
m	Degressionsexponent	-

m	Masse	kg
$\dot{m}$	Massenstrom	kg/s
m_{SM}	Masse des Speichermediums	kg
N	Anzahl der Ströme	-
n	Abschreibungszeitraum	a
N_{in}	Anzahl der in den Pinch-Punkt eintretenden Ströme	-
N_{out}	Anzahl der aus dem Pinch-Punkt austretenden Ströme	-
P	Leistung	kW
p	Absolutdruck	bar(a)
Q	Wärmeenergie	kJ
$\dot{Q}$	Wärmestrom	kW
$\dot{Q}_b$	Referenzwärmestrom	kW
$\dot{Q}_{CU}$	thermische Leistung der Kälteumwandlungsanlage(n)	kW
$\dot{Q}_{CU,OC}$	thermische Leistung der Kälteumwandlungsanlage(n) pro Betriebsfall	kW
$\dot{Q}_{CU,TS}$	thermische Leistung der Kälteumwandlungsanlage(n) pro Zeitintervall	kW
$\dot{Q}_{HU}$	thermische Leistung der Wärmeumwandlungsanlage(n)	kW
$\dot{Q}_{HU,OC}$	thermische Leistung der Wärmeumwandlungsanlage(n) pro Betriebsfall	kW
$\dot{Q}_{HU,TS}$	thermische Leistung der Wärmeumwandlungsanlage(n) pro Zeitintervall	kW
T	Temperatur	°C
t	Zeit	s
T^*	verschobene Temperatur	°C
T_{in}	Eintrittstemperatur	°C
T_{in}^*	verschobene Eintrittstemperatur	°C
T_{high}	Temperatur der oberen Schicht des Wärmespeichers	°C
T_{low}	Temperatur der unteren Schicht des Wärmespeichers	°C
T_{out}	Austrittstemperatur	°C
T_{out}^*	verschobene Austrittstemperatur	°C
T_{Pinch}	Pinch-Temperatur	°C
t_{start}	Start des Zeitintervalls	s
t_{stop}	Ende des Zeitintervalls	s
τ	jährliche Betriebsdauer	h/a
τ_{OC}	jährliche Betriebsdauer pro Betriebsfall	h/a
τ_{TS}	jährliche Betriebsdauer pro Zeitintervall	h/a
V	Volumen	m ³
V_b	Referenzvolumen	m ³
x	Dampfgehalt	kg/kg
Z	Zinsfaktor	-

Abkürzungsverzeichnis

BFE	Bundesamt für Energie (Swiss Federal Office of Energy)	IL	Zwischenkreislauf (Intermediate Loop)
BHKW	Blockheizkraftwerk (Combined Heat and Power)	Inv	Investition (Investment)
C	Kalter Strom (Cold Stream)	ISSP	Intermediate Source and Sink Profile
CC	Verbundkurve (Composite Curve)	MER	Minimum Energy Requirement, Maximum Energy Recovery
CU	Kälteumwandlungsanlage (Cold Utility)	MER HEN	Minimum Energy Requirement Heat Exchanger Network, Maximum Energy Recovery Heat Exchanger Network
ECU	Energieumwandlungsanlage (Energy Conversion Unit)		
el	elektrisch	OC	Betriebsfall (Operating Case)
EROP	Equipmentwise Repeat Operation Period	opt	optimal
GCC	Grand Composite Curve	ORC	Organic Rankine Cycle
H	Heisser Strom (Hot Stream)	PI	Prozessintegration
HD	Heizdampf (Heating Steam)	PA	Pinch-Analyse
HEN	Wärmeübertragernetzwerk (Heat Exchanger Network)	SM	Speichermedium (Storage Medium)
HESN	Wärmeübertrager- und Speichernetzwerk (Heat Exchanger and Storage Network)	SROP	Streamwise Repeat Operation Period
		SS	Schichtspeicher (Stratified Storage)
HEX	Wärmeübertrager (Heat Exchanger)	TAM	Time Average Model
HS	Wärmespeicher (Heat Storage)	TSM	Time Slice Model
		tot	gesamt (total)
HU	Wärmeumwandlungsanlage (Hot Utility)	WRG	Wärmerückgewinnung (Heat Recovery)