



**Factsheet zu Kurzfristmaßnahmen
für Energieeinsparung und Energiesubstitution**

Interne Wärmerückgewinnung bei thermischen Prozessen nach Pinch-Analyse

Kategorie der Maßnahme

Gering-investiv¹

Thema der Maßnahme

Maschinen und Prozesstechniken

Umsetzungszeitraum

Mittelfristig

Effizienz/ Substitution

Energieeffizienz

Umsetzung durch

Mitarbeitende

Die Pinch-Analyse hilft dabei, Potenziale zur internen Wärmerückgewinnung in thermischen Prozessen oder Anlagen zu identifizieren. Die strukturierte Methode wurde in den 1980er Jahren für energieintensive Produktionsverfahren, etwa in Raffinerien, entwickelt. In den letzten Jahren ist sie jedoch auch für weitere Industriebranchen und kleinere Betriebe zugänglich geworden. Mithilfe der Pinch-Analyse können bis zu 30 Prozent an thermischer Energie in der Bereitstellung eingespart werden.

Einordnung

Der Industriesektor in Deutschland verbraucht ein Viertel der Endenergie, wovon zwei Drittel auf die Bereitstellung von Prozesswärme und -kälte entfallen. Damit einher geht auch ein hoher Anteil an Treibhausgasemissionen und an betrieblichen Kosten, die aus der prozessbedingten Wärme- und Kältebereitstellung entstehen. Eine Möglichkeit, diese zu senken, ist die Energieeffizienzsteigerung bei einzelnen Anlagenkomponenten in einem Produktionsbetrieb. Darüber hinaus kann aber auch viel Energie gespart werden, wenn die thermischen Energieströme im Gesamtsystem einer oder mehrerer Anlagen optimal verknüpft

sind. Mithilfe einer Pinch-Analyse, auch Prozessintegration genannt, wird die Energieversorgung auf Prozess- und Anlagenebene optimiert. Für die interne Wärmerückgewinnung werden hierbei Wärmeströme in Bestandsanlagen mittels Wärmeübertragern ideal miteinander verschaltet. Die Pinch-Analyse zielt darauf ab, Wärmeströme entsprechend ihres Temperaturniveaus so zu verbinden, dass der kleinstmögliche Energiebedarf für die Bereitstellung von Kälte und Wärme in den Prozessen entsteht. Anhand der Analyse kann eine veränderte Verschaltung für Wärmezuführung und Abwärmenutzung in einem Bestandsanlagen-Bereich geplant und umgesetzt werden.

Die Anwendung der Pinch-Analyse ist besonders erfolgversprechend, wenn Wärme- und Kältebedarfe auf unterschiedlichen Temperaturniveaus vorhanden sind und externe Wärmerückgewinnungsmöglichkeiten (beispielsweise zur Raumheizung) ausgeschöpft oder nicht möglich sind. Mithilfe der Pinch-Analyse lassen sich Einsparungen von 10 bis 30 Prozent bei der thermischen Energieversorgung erreichen. Jedoch lässt sich der Nutzen der Methode für individuelle industrielle Prozesse vorab schwer abschätzen.

¹ Maßnahme mit sehr geringen Anschaffungs-/ Herstellungskosten, z. B. wenige hundert Euro bei kleinen Unternehmen oder wenige tausend Euro bei größeren Unternehmen.

Umsetzung

Bei der energetischen Optimierung von thermischen Prozessen sollten zunächst immer Energieeffizienzpotenziale der Kernprozesse gehoben werden (zum Beispiel bessere Wärmdämmung von Flanschen, Maschinen oder Öfen), bevor die Wärmeströme mittels Pinch-Analyse optimiert werden. Diese Optimierung umfasst zunächst die Beschreibung und das Verständnis aller Prozessströme. Dieser Schritt nimmt etwa zwei Drittel des gesamten Zeitaufwands der Analyse ein, da es hierfür keine standardisierten Verfahren gibt und bei fehlenden Daten eventuell zusätzliche Messungen durchgeführt werden müssen.

Zur Datenerfassung können Hydraulikschemas, Verfahrens-Ablaufdiagramme und Parameter aus Prozessleitsystemen genutzt werden, um die Temperaturniveaus und Wärmemengen der Teilprozesse zu bestimmen. Diese werden jeweils einzeln in Temperatur-Wärmestrom-Diagrammen (T-Q-Diagrammen) dargestellt.

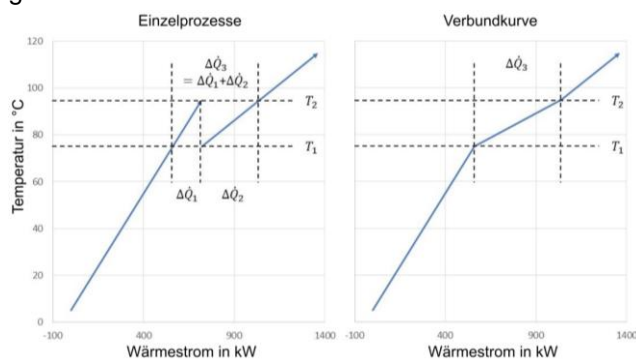


Abbildung 1: Erstellen von Verbundkurven (TLK Energy 2021)

Im zweiten Schritt werden die vorhandenen Wärme- und Kühlbedarfe verschiedener Prozesse zu Verbundkurven zusammengefasst. Die zwei Verbundkurven für kalte (aufzuheizende) und warme (abzukühlende) Energieströme spiegeln den Kühl- und Heizbedarf des Gesamtprozesses wider und sind das zentrale Instrument der Pinch-Methode. Dabei werden verschiedene Ströme in gleichen Temperaturintervallen nach dem Superpositionsprinzip zusammengefasst dargestellt (siehe Abbildung 1), wobei die benötigte Energiemenge gleichbleibt. Die beiden Verbundkurven für kalte und warme Ströme lassen sich nun nebeneinanderlegen und seitlich gegeneinander verschieben, bis sie sich in einem Punkt, dem Pinch-Point, berühren, bzw. an diesem Punkt eine minimale Temperaturdiffe-

renz aufweisen (siehe Abbildung 2). Der Überlappungsbereich beider Kurven zeigt auf der horizontalen Achse den maximal möglichen Wärmestrom durch Wärmerückgewinnung an. Der vertikale Abstand der Kurven in diesem Bereich ergibt das maximale treibende Temperaturgefälle der entsprechenden Wärmeübertragung. Links des Überlappungsbereichs besteht ein Wärmeüberschuss, der aus dem Prozess abgeführt werden muss und gegebenenfalls für eine externe Abwärmenutzung zur Verfügung steht. Rechts des Bereichs der Wärmerückgewinnung besteht ein Wärmedefizit, das durch externe Wärmezufuhr gedeckt werden muss.

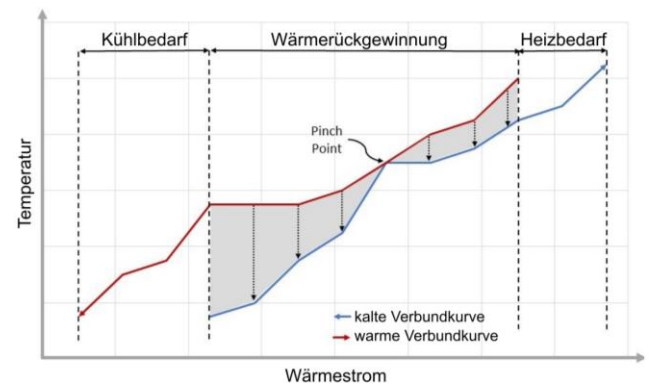


Abbildung 2: Pinch-Analyse (TLK Energy 2021)

Im Anschluss an die Pinch-Analyse erfolgt eine Überprüfung auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit der Integration. Dabei spielen sowohl der Platzbedarf für Wärmetauscher und die räumliche Distanz der Anlagenteile als auch die notwendige Flexibilität des Produktionsprozesses mit An- und Abfahrprozessen eine wichtige Rolle. Liegen einzelne Anlagenteile weit auseinander, müssen Wärmeverluste in Wärmeleitungen in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung integriert werden. Durch eine Gegenüberstellung des minimalen Heiz- und Kühlbedarfs aus der Pinch-Analyse und des tatsächlichen Energieverbrauchs der Anlage lassen sich mögliche Einsparpotenziale näherungsweise abschätzen.

Erste Schritte bei der Umsetzung

- Erfassen aller Prozessströme und deren Temperaturen
- Erstellen von Verbundkurven für kalte und warme Energieströme
- Pinch-Analyse und Grobplanung von Wärmetauschern, Speichern und Wärmepumpen
- Technische Umsetzbarkeit prüfen
- Wirtschaftliche Umsetzbarkeit prüfen
- Detailplanung von Wärmetauschern, Speichern und Wärmepumpen

Fördermöglichkeiten

Für Investitionen zur energetischen und ressourcenorientierten Optimierung von industriellen und gewerblichen Anlagen und Prozessen ist eine Förderung von bis zu 50 Prozent über die *Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW)* beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle in Modul 4 „Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen“ möglich.

Co-Benefits

Die Pinch-Analyse hilft dabei, einen Überblick über die thermischen Prozesse in der Produktion zu erhalten und kann Optimierungsansätze in Bezug auf Produktqualität und Materialeinsparungen liefern.



PRAXISBEISPIEL

Optimierung eines kontinuierlichen Reaktionsprozesses in der Feinchemie

In einer Produktionsanlage der Feinchemie werden zur Herstellung einer Grundchemikalie zwei Edukte (Reaktant A und Reaktant B) in einem Reaktor prozessiert. Anschließend wird das Reaktionsgemisch in einer Destillationskolonne in das Produkt C sowie einen Recycling-Strom aufgetrennt. Das Reaktionsgemisch wird vor dem Eintritt in die Kolonne erwärmt. Das Produkt und der Recycling-Strom werden nach der Kolonne abgekühlt.

Die bestehende Anlage umfasst zwar eine Wärmerückgewinnung. Die Kühlleistung für das ausgeschleuste Produkt C birgt jedoch noch ein erhebliches Potenzial zur Abwärmenutzung. Nach Durchführung der Pinch-Analyse wird ein weiterer Wärmetauscher eingebaut, um die Abwärmeströme oberhalb und unterhalb des Pinch-Points zu nutzen. Zudem wird die Verrohrung geändert. Die Entwicklungs- und Entscheidungskosten der Pinch-Analyse in Höhe von 30.000 € sind in der Investitionssumme enthalten. Die jährlichen Reinigungskosten der zusätzlichen Wärmeübertrager sind ebenfalls durch Abzug von den jährlich eingesparten Energiekosten berücksichtigt.

Unternehmensgröße	Größeres Unternehmen
Investitionssumme	189.000 €
Energieeinsparung (Strom)/ a ²	kWh
Energieeinsparung (Gas)/ a	1.915.000 kWh
CO ₂ -Einsparung/ a ³	387 t
Kosteneinsparung	210.650 €/ a
Amortisationszeit	0,9 Jahre
Rentabilität ⁴	1.224.000 €
Nutzungsdauer	10 Jahre

Weiterführende Informationen und Quellen

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi]. (2019): *Energieeffizienz in Zahlen – Entwicklungen und Trends in Deutschland 2018*, Berlin.

Brunner, F. & Kruppenacher, P. (2015): *Einführung in die Prozessintegration mit der Pinch-Methode. Bundesamt für Energie*, Bern.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. [FfE]. (2019): Info: Was ist eine Pinch-Analyse? [online], <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/info-was-ist-eine-pinch-analyse/>, [15.05.2023].

Hochschule Luzern (2018): *PinCH Tutorial 1: Kontinuierlicher Prozess mit Produktionsanlage*, [online], https://pinch-analyse.ch/downloads/PinCH_Tutorial_1_kontinuierliche_Produktionsanlage.pdf, [15.05.2023].

TLK Energy GmbH. (2021): *Pinch-Analyse*, [online], <https://tlk-energy.de/blog/pinch-analyse>, [15.05.2023].

² Erdgaspreis: 0,11 €/ kWh

³ CO₂-Emissionsfaktor: 204 g/ kWh nach UBA für 2021

⁴ Rentabilität: Nettobarwert mit kalkulatorischem Zinssatz von 8 %

Werden Sie Teil der Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke

Die Factsheets zu Kurzfristmaßnahmen für Energieeinsparung und Energiesubstitution werden von der Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke publiziert. Seit 2014 unterstützt die Netzwerkinitiative Unternehmen aller Branchen und Größen dabei, sich in Netzwerken auszutauschen und dadurch Maßnahmen für mehr Energieeffizienz und Klimaschutz zu identifizieren und umzusetzen. Die Netzwerkinitiative wird von 21 Verbänden und Organisationen der Wirtschaft gemeinsam mit der Bundesregierung getragen und von zahlreichen weiteren Projektpartnern unterstützt.

Die Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke unterstützt



Träger der Initiative




Kooperationspartner der Initiative



Geschäftsstelle





Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

Herausgeber

Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke
c/o Geschäftsstelle
Deutsche Energie-Agentur (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin

Dieses Factsheet entstand in Kooperation mit der Limón GmbH und IREES GmbH - Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien.

Sie möchten mehr News aus der Netzwerkinitiative erhalten?



Abonnieren Sie unseren Newsletter



Folgen Sie uns auf Twitter
@IEEKN_news