



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Marktregulierung

EBP

Oktober 2024

Externe Evaluation von Pinch: Energieanalysen für Industriebetriebe

Im Auftrag des Bundesamt für Energie

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern

www.bfe.admin.ch

Auftragnehmerin:

EBP Schweiz AG, Zürich

Projektbegleitung:

Richard Phillips, Sektionsleiter Industrie & Dienstleistungen, BFE
Frederic Maurer, Fachspezialist Industrie & Dienstleistungen, BFE
Beat Wellig, Professor für Thermodynamik, Verfahrenstechnik und
Umwelttechnik, Hochschule Luzern

Dieser Bericht wurde im Rahmen der Evaluationen des Bundesamts für
Energie erstellt. Für den Inhalt sind ausschliesslich die Autorinnen
verantwortlich

Autorinnen EBP:

Mercedes Rittmann-Frank
Sabine Perch-Nielsen
Elisabeth Tanner

BFE-Projektbegleitung:

Bruno Nideröst, Evaluationsverantwortlicher Energiewirtschaft

Zusammenfassung

Einleitung: Mehr als die Hälfte des Energieverbrauchs von Schweizer Industriebetrieben entfällt auf Prozesswärme. Sogenannte Pinch-Analysen untersuchen die Energieströme von Industrieunternehmen, um Potenziale für Energieeinsparungen und zur Integration erneuerbarer Energien zu finden. Seit 2015 unterstützt EnergieSchweiz sowohl Pinch-Grobanalysen als auch detaillierte Pinch-Analysen mit Fördermitteln. Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Wirkung der bisherigen Förderung zu ermitteln und Empfehlungen zur Optimierung der Förderung zu formulieren. Damit sollen mehr Betriebe analysiert, mehr energieeffizienzsteigernde Massnahmen umgesetzt und letztlich die Dekarbonisierung der Industrie vorangetrieben werden. Zur Konkretisierung der übergeordneten Ziele bestehen zehn konkrete Evaluationsfragen, die im Rahmen der Studie beantwortet wurden.

Vorgehen: Es wurden zu Erreichung der Ziele folgende Methoden kombiniert: 1) Auswertung durchgeführter Pinch-Analysen, 2) Erhebung des Potenzials für weitere Pinch-Analysen 3) Befragung von Energieberatern, 4) Befragung von Betrieben und 5) Befragung von Experten.

Beantwortung der Evaluationsfragen: Die Evaluationsfragen wurden wie folgt beantwortet:

- *Zusätzliches Potenzial an Betrieben, die sich für Pinch-Analysen eignen:* In den sechs Industriebranchen mit dem höchsten Wärmebedarf liegt das zusätzliche Potenzial bei rund 800 Unternehmen mit einem Gesamtenergieverbrauch von je über 1 GWh/a.
- *Erreichung der Zielgruppe:* Die Betriebe werden am häufigsten direkt über EnAW- oder Energieberater auf Pinch aufmerksam, Fachtagungen spielen auch eine Rolle. Vor der Kontaktaufnahme durch Berater ist Pinch in den Industriebetrieben kaum bekannt. Wird einem Betrieb mit Zielvereinbarung oder Interesse am Energiethema eine Analyse angeboten, führt der Betrieb die Analyse praktisch immer durch und erhält daraus Vorschläge für konkrete Massnahmen.
- *Empfohlene Massnahmen:* Rund die Hälfte der empfohlenen Massnahmen betreffen die Prozessoptimierung, rund ein Viertel die betriebliche Energieversorgung. Die mit Abstand am häufigsten vorgeschlagene Einzelmassnahme ist die Technologie «Wärmeübertrager» (40% aller Massnahmen). Der statische Payback der empfohlenen Massnahmen liegt im Median bei lediglich drei Jahren (vor dem starken Anstieg der Energiepreise im Jahr 2022).
- *Hemmnisse:* Die wichtigsten Hemmnisse für die Nicht-Umsetzung von Massnahmen sind die fehlende Wirtschaftlichkeit bei einer Amortisationsdauer von über 5 Jahren, die fehlenden betriebsinternen Ressourcen und die technische Umsetzbarkeit. Aus Sicht der Unternehmen gewinnt das bisher weniger wichtige Thema Energie durch die im Jahr 2022 stark angestiegenen Energiepreise an Bedeutung und wird weniger zum Hindernis.

- **Umgesetzte Massnahmen:** Die Betriebe setzen zumindest die Massnahmen mit dem besten Kosten-Nutzen-Verhältnis um. Es werden viele Massnahmen bei den Energieversorgungssystemen (Utilities¹) umgesetzt, da sie einfach umzusetzen sind und die Kernprozesse nicht verändern. Betriebe, die eine detaillierte Pinch-Analyse durchgeführt haben und bei der Umsetzung vom Pinch-Berater weiterhin begleitet werden, setzen einen Grossteil der empfohlenen Massnahmen um.
- **Mitnahmeeffekte:** Der Mitnahmeeffekt ist sehr gering, da neue Massnahmen erst durch die Pinch-Analyse identifiziert bzw. zuvor geplante Massnahmen optimiert oder verworfen werden konnten.
- **Wirkung:** Im Rahmen der Befragungen konnte nicht erhoben werden, welche Massnahmen umgesetzt wurden und welches ihre Wirkung war. Analysen zu den empfohlenen Massnahmen in 78 Betrieben zeigen, dass diese zu einer Einsparung von gut 22% der thermischen Energie pro Betrieb führen würden (Median). Insgesamt würde dies in diesen 78 Betrieben über 430 GWh/Jahr an Einsparungen bedeuten. Als Vergleich: Es wurden bisher Analysen in 220 Betrieben umgesetzt.
- **Nebeneffekte:** Die drei am meisten genannten Nebeneffekte sind: 1) Eine aktualisierte und detaillierte Analyse des Energiehaushaltes, 2) Know-How Transfer und Schulung des Personals, und 3) Anstoss von weiteren Massnahmen in den Bereichen Strom, Wasser und Net-Zero Roadmaps.

Schlussfolgerungen zu Wirkungskette und Flaschenhälsen: Insgesamt hat die Beantwortung der Evaluationsfragen gezeigt, dass viele Elemente der Wirkungskette der Pinch-Analysen als positiv beurteilt werden können (siehe nachstehende Tabelle 1). Es besteht ein grosses und noch nicht erschlossenes Marktpotenzial für solche Analysen. Kontaktierte Unternehmen bestellen sehr oft eine Analyse, und fast alle erhalten daraus eine Liste an konkreten Massnahmen. Wenn sie die Massnahmen umsetzen, sind die Mitnahmeeffekte gering.

Wirkungskette	Beurteilung Status Quo
Es besteht ein noch nicht erschlossenes Marktpotenzial.	● ● ● ● ●
Der Betrieb erfährt von Pinch.	● ● ○ ○ ○
Der Betrieb bestellt Analyse.	● ● ● ● ○
Der Betrieb erhält Massnahmenempfehlungen.	● ● ● ● ●
Der Betrieb setzt Massnahmen um und erzielt energ. Wirkung.	● ● ● ○ ○
Die Massnahmen sind additionell.	● ● ● ● ○

Tabelle 1: Zusammenfassung der Beurteilung der Wirkungskette zur Pinch-Förderung

Eine der wichtigen Schwachstellen ist, dass Pinch-Analysen noch nicht bekannt sind und Energieberater keine Zeit für zusätzliche Akquisitionen ver-

1 Technologien der betrieblichen Energieversorgung zugeordnet werden, z.B. Dampfkessel, Heizkessel, Wärmepumpe, Kälteanlage

wenden, da sie auch ohne genügend Arbeit haben. Eine weitere Schwachstelle ergibt sich bei der Umsetzung der Massnahmen. Es werden zwar in sehr vielen Betrieben Massnahmen umgesetzt, aber oft beschränkt sich die Umsetzung nur auf die Massnahmen mit kurzen Amortisationszeiten und nur im Bereich der Energieversorgung.

Empfehlungen: Im letzten Kapitel dieses Berichts werden Empfehlungen formuliert, die dem Modell der fünf «P» von Marketingstrategien folgen (Produkt, Preis, Placement, Promotion und Personen). Es werden dabei Erkenntnisse, Empfehlungen und offene Fragen formuliert. Die Empfehlungen verfolgen die Stossrichtung, für die Pinch-Analysen eine detaillierte Marketingstrategie auszuarbeiten. Wichtige Empfehlungen dazu lauten:

- **Produkt:** Überprüfung der Produktpalette und Schaffung von klar abgegrenzten Dienstleistungen für unterschiedliche Unternehmensgrössen. Zudem sollen die Anforderungen an die Akkreditierung von Energieberatern und für Erstanalysen erhöht werden, um die Qualität der Analysen sicherzustellen. Schliesslich eine Überprüfung des Produktumfangs im Anschluss an den Bericht, um die Chancen der Umsetzung der Massnahmen zu erhöhen.
- **Preis:** Auch wenn kein unmittelbarer Handlungsbedarf bei der Preispolitik besteht, könnten die Förderhöhen überdacht und überprüft werden, ob sie angemessen sind oder gesenkt werden könnten. Darüber hinaus sollten die Anforderungen an die Förderkriterien für die verschiedenen Arten von Analysen klarer definiert und kommuniziert werden.
- **Placement (Vertrieb):** Mehr aktive Ansprache der Unternehmen, um die Anzahl der Analysen zu steigern. Dafür sollen diverse Massnahmen geprüft werden (bspw. Aufbau Akquisekapazität bei EnergieSchweiz, Anreize für EnAW- und ACT Berater, Nutzung von Synergien mit dem Programm PEIK, Schulung der Energieberater etc.).
- **Promotion:** Verstärkung der Aktivitäten auf den bestehenden Kommunikationskanälen und Ergänzung durch zusätzliche Kommunikationskanäle. Gewinnung von zusätzlichen Multiplikatoren wie «normale» Energieberater, Anlagenbauer, etc.. Zudem Ergänzung der Info-Materialien um branchenspezifische Unterlagen und Videos mit Testimonials der zufriedenen Betriebe.
- **Personen (Fachkräfte):** Verkaufstraining für Energieberater sowie Ausbildung von mehr Energieberatern von Pinch-Analysen. Zudem Ausarbeitung von Lernmaterialien, die in bereits bestehende Weiterbildungsangebote zu Energie in Prozessen und Betrieben integriert werden können.

Résumé

Introduction : plus de la moitié de la consommation d'énergie des entreprises industrielles suisses est imputable à la chaleur industrielle. Les analyses dites "Pinch" examinent les flux d'énergie des entreprises industrielles afin de trouver des potentiels d'économies d'énergie et d'intégration des énergies renouvelables. Depuis 2015, SuisseEnergie soutient par des subventions aussi bien les analyses Pinch préliminaires que les analyses Pinch détaillées. L'objectif général de la présente étude est de déterminer l'impact des mesures d'encouragement en vigueur et de formuler des recommandations pour les optimiser. Cela doit permettre d'analyser davantage d'entreprises, de mettre en œuvre plus de mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique et, en fin de compte, de faire avancer la décarbonisation de l'industrie. Pour concrétiser les objectifs généraux, il existe dix questions d'évaluation concrètes auxquelles il a été répondu dans le cadre de l'étude.

Procédure : les méthodes suivantes ont été combinées pour atteindre les objectifs : 1) évaluation des analyses Pinch réalisées, 2) recensement du potentiel d'autres analyses Pinch, 3) enquête auprès des conseillers en énergie, 4) enquête auprès des entreprises et 5) enquête auprès des experts.

Réponse aux questions d'évaluation : les réponses aux questions d'évaluation sont les suivantes :

- *Potentiel supplémentaire d'entreprises se prêtant à des analyses Pinch* : dans les six secteurs industriels présentant les besoins en chaleur les plus élevés, le potentiel supplémentaire est d'environ 800 entreprises consommant chacune plus de 1 GWh/a d'énergies.
- *Atteindre le groupe cible* : les entreprises sont le plus souvent informées de l'existence de la méthode Pinch directement par des conseillers de l'AEnEC ou des conseillers en énergie, les conférences spécialisées jouent également un rôle. Avant d'être contactées par des conseillers, les entreprises industrielles ne connaissent rarement la méthode Pinch. Lorsqu'une analyse est proposée à une entreprise ayant conclu une convention d'objectifs ou intéressée par le thème de l'énergie, l'entreprise effectue pratiquement toujours l'analyse et en tire des propositions de mesures concrètes.
- *Mesures recommandées* : environ la moitié des mesures recommandées concernent l'optimisation des procédés, et environ un quart l'approvisionnement énergétique de l'entreprise. La mesure individuelle de loin la plus souvent proposée est la technologie "échangeur de chaleur" (40% de toutes les mesures). La valeur médiane du payback statique des mesures recommandées est de trois ans seulement (avant la forte hausse des prix de l'énergie en 2022).
- *Obstacles* : les principaux obstacles à la non-application de mesures sont le manque de rentabilité lorsque la durée d'amortissement est supérieure à 5 ans, le manque de ressources internes à l'entreprise et la faisabilité technique. Du point de vue des entreprises, le thème de l'énergie, moins

important jusqu'à présent, gagne en importance et devient moins un obstacle en raison de la forte augmentation des prix de l'énergie en 2022.

- *Mesures mises en œuvre* : les entreprises mettent en œuvre au moins les mesures présentant le meilleur rapport coût/efficacité. De nombreuses mesures sont mises en œuvre dans les systèmes d'approvisionnement en énergie (utilités²), car elles sont faciles à mettre en œuvre et ne modifient pas les procédés clés. Les entreprises qui ont effectué une analyse Pinch détaillée et qui continuent à être accompagnées par le conseiller Pinch lors de la mise en œuvre, mettent en œuvre une grande partie des mesures recommandées.
- *Effets d'aubaine* : l'effet d'aubaine est très faible, car de nouvelles mesures n'ont pu être identifiées que grâce à l'analyse Pinch ou des mesures prévues auparavant ont pu être optimisées ou abandonnées.
- *Impact* : dans le cadre des enquêtes, il n'a pas été possible de déterminer quelles mesures ont été mises en œuvre et quel a été leur impact. Les analyses des mesures recommandées dans 78 entreprises montrent qu'elles permettraient d'économiser un peu plus de 22% d'énergie thermique par entreprise (valeur médiane). Au total, cela représenterait une économie de plus de 430 GWh/an dans ces 78 établissements. A titre de comparaison, des analyses ont été réalisées jusqu'à présent dans 220 entreprises.
- *Bénéfices additionnels* : les trois bénéfices connexes les plus souvent cités sont : 1) une analyse actualisée et détaillée du bilan énergétique, 2) le transfert de savoir-faire et la formation du personnel, et 3) le déclenchement d'autres mesures dans les domaines de l'électricité, de l'eau et des feuilles de route Net-Zéro.

Conclusions sur la chaîne d'effets et les goulots d'étranglement : dans l'ensemble, les réponses aux questions d'évaluation ont montré que de nombreux éléments de la chaîne d'effets des analyses Pinch peuvent être considérés comme positifs (voir tableau 1 ci-dessous). Il existe un potentiel de marché important et encore inexploité pour de telles analyses. Les entreprises contactées commandent très souvent une analyse, et presque toutes en tirent une liste de mesures concrètes. Lorsqu'elles mettent en œuvre les mesures, les effets d'aubaine sont faibles.

2 les technologies d'approvisionnement en énergie de l'entreprise, par ex. chaudière à vapeur, chaudière, pompe à chaleur, installation de production de froid

Chaîne d'effets	Évaluation du statu quo
Il existe un potentiel de marché qui n'a pas encore été exploité.	● ● ● ● ●
L'entreprise apprend l'existence de la méthode Pinch.	● ● ○ ○ ○
L'établissement commande une analyse Pinch.	● ● ● ● ○
L'entreprise reçoit une liste de mesures recommandées.	● ● ● ● ●
L'entreprise met en œuvre des mesures et obtient des résultats sur le plan énergétique.	● ● ● ○ ○
Les mesures sont additionnelles.	● ● ● ● ○

Tableau 2: Résumé de l'évaluation de la chaîne d'effets pour la promotion de la méthode Pinch

L'un des points faibles importants est que les analyses Pinch ne sont pas encore connues et que les conseillers en énergie ne consacrent pas de temps à des acquisitions supplémentaires, car ils ont déjà suffisamment de travail sans cela. Un autre point faible apparaît lors de la mise en œuvre des mesures : certes, des mesures sont mises en œuvre dans un très grand nombre d'entreprises, mais elles se limitent souvent à celles dont la durée d'amortissement est courte et uniquement dans le domaine de l'approvisionnement en énergie.

Recommandations : le dernier chapitre de ce rapport formule des recommandations qui suivent le modèle des cinq "P" des stratégies de marketing (produit, prix, placement, promotion et personnes). Des conclusions, des recommandations et des questions ouvertes y sont formulées. Les recommandations visent à élaborer une stratégie de marketing détaillée pour les analyses Pinch. Les principales recommandations à cet égard sont les suivantes :

- **Produit** : révision de la gamme de produits et création de services clairement délimités pour différentes tailles d'entreprises. En outre, les exigences en matière d'accréditation des conseillers en énergie et pour les premières analyses doivent être renforcées afin de garantir la qualité des analyses. Enfin, une révision de l'étendue du produit à la suite du rapport afin d'augmenter les chances de mise en œuvre des mesures.
- **Prix** : même s'il n'est pas nécessaire d'agir dans l'immédiat sur la politique de prix, les niveaux de soutien pourraient être reconsidérés et examinés afin de déterminer s'ils sont appropriés ou pourraient être réduits. En outre, les exigences en matière de critères d'éligibilité pour les différents types d'analyses devraient être définies et communiquées plus clairement.
- **Placement (distribution)** : s'adresser plus activement aux entreprises afin d'augmenter le nombre d'analyses. Pour cela, diverses mesures doivent être examinées (par exemple, développement de la capacité de prospection de SuisseEnergie, incitations pour les conseillers de l'AEnEC et de l'ACT, utilisation des synergies avec le programme PEIK, formation des conseillers en énergie, etc.)

- **Promotion** : renforcer les activités sur les canaux de communication existants et les compléter par des canaux de communication supplémentaires. Acquisition de multiplicateurs supplémentaires tels que les conseillers en énergie "normaux", les constructeurs d'installations, etc. En outre, compléter le matériel d'information par des documents spécifiques à la branche et des vidéos avec des témoignages d'entreprises satisfaites.
- **Personnes (professionnels)** : entraînement à la vente pour les conseillers en énergie et formation aux analyses Pinch d'un plus grand nombre de conseillers en énergie. En outre, élaboration de matériel didactique pouvant être intégré dans les offres de formation continue déjà existantes sur l'énergie dans les procédés et les entreprises.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	11
1.1	Ausgangslage	11
1.2	Förderung von Pinch-Analysen	11
1.3	Ziele der Evaluation	12
2.	Pinch-Analysen und ihre Förderung	13
2.1	Prinzip der Pinch-Analyse	13
2.2	Förderung von Pinch-Analysen	15
2.3	Wirkungsmodell der Förderung	17
3.	Methoden	19
3.2	Berechnung des Marktpotentials für Pinch-Analysen	19
3.3	Auswertung von Pinch-Analysen	20
3.4	Telefonische Befragungen	20
4.	Evaluationsfragen	22
4.1	Marktpotenzial	22
4.2	Erreichung der Zielgruppe	25
4.3	Empfohlene Massnahmen	27
4.4	Hemmnisse bei der Massnahmenumsetzung	31
4.5	Anteil und Art der umgesetzten Massnahmen	33
4.6	Mitnahmeeffekte bei der Massnahmenumsetzung	35
4.7	Wirkung der Massnahmen	35
4.8	Nebenwirkungen	38
4.9	Erreichung der Zielgruppe	39
4.10	Umsetzung der Massnahmen	42
5.	Empfehlungen	45

Anhänge

A1	Gesprächsleitfaden Energieberater	51
A2	Gesprächsleitfaden Betriebe	52
A3	Vereinfachte PinCH-Version	54

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Industrie ist für einen Fünftel des Energieverbrauchs der Schweiz verantwortlich. Rund 55% der in der Industrie eingesetzten Energie entfällt auf «Prozesswärme»³. Die CO₂-Relevanz der Prozesswärme ist gross, da sie zu ca. 85% mit fossilen Energieträgern bereitgestellt wird. Zur Erreichung des Klimaziels von Netto-Null ist es daher entscheidend, die Energieeffizienz von Industrieprozessen markant zu steigern und die Energieversorgung auf erneuerbare Energiequellen umzustellen.

Energieverbrauch
und CO₂-Emissionen
Industrie

An Produktionsprozesse werden hohe Anforderungen gestellt: Sie müssen nicht nur maximale Wirtschaftlichkeit aufweisen, sondern auch Ressourcen schonen und geringe Emissionen erzeugen. Die Reduktion des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen gewinnt sowohl für Grossunternehmen als auch für kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) vor dem Hintergrund ökonomischer und ökologischer Aspekte zunehmend an Bedeutung.

Hohe Anforderungen
an Prozesse

Die Industrie ist aufgrund der hohen Komplexität, Heterogenität und Temperaturniveaus der Heiz- und Kühlanforderungen der anspruchsvollste Sektor für die Dekarbonisierung. Ein wichtiger Schlüssel zu mehr Energieeffizienz, zum vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien und höherer Wirtschaftlichkeit ist die energetische Prozessintegration mittels Pinch-Methode. Das Bundesamt für Energie fördert daher die sogenannte Pinch-Analyse zur Energie-Optimierung in Industriebetrieben.

Energetische Prozessintegration
Pinch

1.2 Förderung von Pinch-Analysen

Das Bundesamt für Energie unterstützt im Rahmen des Programms EnergieSchweiz die Pinch-Analysen in Industrie- und Gewerbebetrieben seit 2011 finanziell. Seit dem Jahr 2015 wird zusätzlich zur detaillierten Pinch-Analyse eine Grobanalyse gefördert. Die Grobanalyse hatte zum Ziel, in einem ersten Schritt das Energiesparpotenzial grob abzuschätzen und die Eignung des Betriebs für die detaillierte Pinch-Analyse zu prüfen (siehe Kapitel 2.2). Ab November 2021 förderte das BFE zusätzlich Umsetzungsbegleitungen, konkret die Kosten für die externen Beratungsleistungen bei der Umsetzung von empfohlenen Massnahmen. Diese Förderung wurde zeitlich bis Ende 2022 beschränkt.

Übersicht zur bisherigen Förderung

³ Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2021 nach Verwendungszwecken, Bundesamt für Energie BFE, 2022

1.3 Ziele der Evaluation

Die Evaluation betrachtet die Förderung der Grobanalysen und der Pinch-Analysen. Die Förderung der Umsetzungsbegleitung wurde nicht betrachtet, da diese erst Ende 2021 eingeführt wurde. Zeitlich beschränkt sich die Analyse auf den Zeitraum von 2015 bis 2020.

Systemgrenze der Evaluation

Die übergeordneten Ziele der vorliegenden Evaluation ist die Erhebung der Wirkung der Förderung und die Formulierung von Empfehlungen zur Optimierung. Konkret sollen folgende Evaluationsfragen beantwortet werden:

Evaluationsfragen

- 1) Wie gross ist das aktuelle Potenzial an Industriebetrieben, die sich für Pinch-Analysen eignen? Wie gross ist dieses Potenzial im Vergleich zur Potenzialanalyse von 2015?
- 2) Wie wurden die Industriebetriebe auf die Pinch-Analyse aufmerksam? Wie bekannt ist die Pinch-Analyse bei den Industriebetrieben? Wie gut wird die Zielgruppe erreicht?
- 3) Welche Massnahmen werden den Industriebetrieben empfohlen?
- 4) Welches sind die wichtigsten Hemmnisse bei der Umsetzung der Massnahmen?
- 5) Welche Art und wie viele der aufgrund von Pinch-Analysen empfohlenen Massnahmen setzen die Industriebetriebe um?
- 6) Wurden durch Pinch ohnehin geplante Effizienzmassnahmen zeitlich vorgezogen und/oder in grösserem Umfang verwirklicht? Wie viele der unterstützten Industriebetriebe hätten auch ohne Pinch-Analysen die entsprechenden Massnahmen umgesetzt?
- 7) Wie hoch ist die Wirkung der Massnahmen, die dank Pinch-Analysen umgesetzt wurden (Energieeinsparung und Verminderung des CO₂-Ausstosses)?
- 8) Welche Nebeneffekte entstehen bei den Pinch-Analysen?
- 9) Wie können die Betriebe besser erreicht werden?
- 10) Wie kann der Anteil umgesetzter Massnahmen gesteigert werden?

2. Pinch-Analysen und ihre Förderung

2.1 Prinzip der Pinch-Analyse

Die Pinch-Analyse ist eine systemorientierte Methode zur Bestimmung des optimalen Energieeinsatzes und Anlagendesigns unter der Randbedingung von minimalen Kosten (Investition und Betrieb).

Systemorientierte
Methode

Als grundlegende Philosophie der Pinch-Methode werden vor dem Design der Systeme die Energie- und Kostenziele bestimmt (targets before design). In einer Pinch-Analyse werden die aufzuwärmenden und abzukühlenden Prozessströme in zwei Verbundkurven (Composite Curves, CCs) zusammengefasst. Die «kalte Verbundkurve» zeigt den Heizbedarf und die «warme Verbundkurve» den Kühlbedarf (Abbildung 1, links). Im überlappenden Bereich ist Wärmerückgewinnung (WRG) möglich. Durch horizontales Verschieben der CCs ändert sich die minimale Temperaturdifferenz ΔT_{min} zwischen den Kurven, das WRG-Potenzial und die benötigte Heiz- und Kühlleistung (Hot Utility HU, Cold Utility CU). Mit der Zielsetzung minimaler jährlicher Gesamtkosten erhält man die optimale Temperaturdifferenz $\Delta T_{min,opt}$, der so genannte Pinch-Punkt (Abbildung 1, rechts). Je grösser ΔT_{min} , umso kleiner ist der überlappende Bereich und damit das Potenzial für WRG. Gleichzeitig wird mehr Heiz- und Kühlleistung benötigt, was zu höheren Betriebskosten führt. Gerade umgekehrt verhalten sich die Investitionskosten für die WRG: Diese sinken mit steigendem ΔT_{min} , da weniger WRG möglich ist und kleinere Wärmeübertrager benötigt werden.

Energie- und Kos-
tenziele

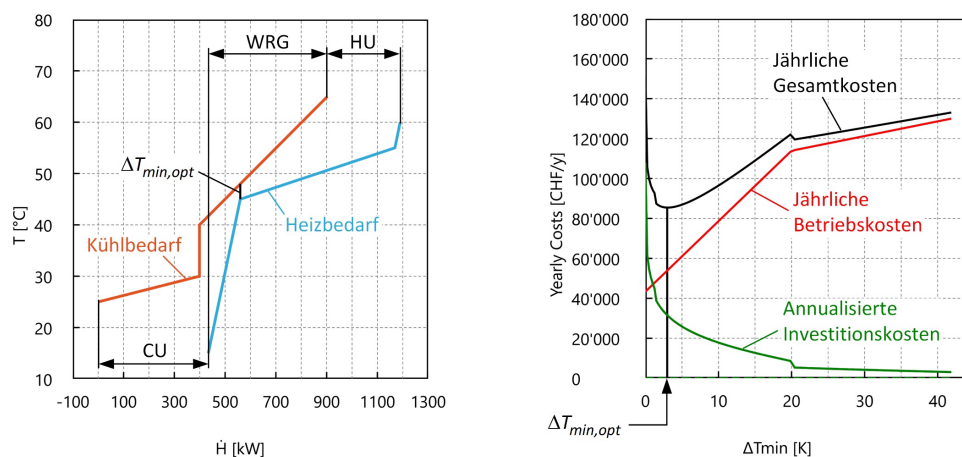


Abbildung 1 Verbundkurven und Kostenkurven (Beispiel Metallverarbeitungsbetrieb)

Anschliessend wird das Wärmeübertrager-Netzwerk konzipiert, mit welchem die Energie- und Kostenziele aus den Verbundkurven – unter Einhaltung von $\Delta T_{min,opt}$ – möglichst gut erreicht werden. Dabei müssen folgende drei Hauptregeln beachtet werden: (1) keine Kühlung über dem Pinch, (2) keine Heizung unter dem Pinch und (3) kein Wärmetransfer über den Pinch.

Wärmeübertrager-
Netzwerk

Die Pinch-Analyse führt systematisch zum Ziel einer energetisch und wirtschaftlich optimierten Anlage. Die Pinch-Analyse kann für die Energieoptimierung von Anlagen von Nutzen sein, sowohl bei einfachen als auch komplexen Systemen. Bei komplexen Anlagen mit vielen Stromströmen stellt sie das einzig praktikable Werkzeug zur Energie-Optimierung dar.

Pinch-Analyse bei komplexen Prozessen wichtig

Eine Pinch-Analyse ermöglicht Transparenz und Übersicht über die Energienutzung. Die Resultate bilden eine belastbare Entscheidungsgrundlage für die strategische Planung der Schritte auf dem Weg zur Dekarbonisierung. Nachfolgend sind Nutzen und Möglichkeiten von Pinch-Analysen aufgeführt:

Nutzen und Möglichkeiten von Pinch-Analysen

- Ganzheitliche Optimierung von Anlagendesign, Energieversorgung, Energieeffizienz sowie Investitions- und Betriebskosten
- Bestimmung des *absoluten* Energiesparpotenzials
- Erarbeitung von optimal aufeinander abgestimmten Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und Optimierung der Wärme- und Kälteversorgung (Dampf, Heisswasser, Kälte, Wärmekraftkopplung usw.)
- Überprüfung der Wirksamkeit bestehender Effizienzmassnahmen (Verletzung der Pinch-Regeln, die zu einem Mehrbedarf führen)
- Optimierung von nicht-kontinuierlichen Prozessen durch Speicher-Integration
- Basis zur Integration von erneuerbaren Energiesystemen; z.B. wie Wärmepumpen oder Solarenergie.
- Identifikation und Charakterisierung von Abwärme zur Nutzung in thermischen Netzen usw.
- Optimierung von Industriearealen und Verbindung zu Infrastruktursystemen und Gebäudetechnik
- Umfassende Kosten/Nutzen-Betrachtung unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien und Randbedingungen
- Strategische Planung der Massnahmen-Umsetzung
- Reduktion des Energiebedarfs um 10 bis 40% durch Umsetzung von wirtschaftlichen Massnahmen aus Pinch-Analysen

Durch Pinch-Analysen wird nicht nur thermische Energie eingespart, sondern oft auch eine beträchtliche Menge an elektrischer Energie, z.B. durch verringerte Leistungen von Kälteanlagen und Rückkühlsystemen. Weitere Zusatznutzen sind Produktivitätssteigerungen durch Debottlenecking⁴, reduzierter Wasserverbrauch oder verbesserte Arbeitsbedingungen durch gezielte Abwärmeabfuhr. Insbesondere Produktivitätssteigerungen gehen mit relevanten Ertragssteigerungen einher.

Relevante Zusatznutzen von Pinch-Analysen

4 Unter *Debottlenecking* versteht man die Steigerung der Produktionsleistung von bestehenden Anlagen und Ausrüstungen durch die Verbesserung von Prozessen oder die Erneuerung von Ausrüstungen.

2.2 Förderung von Pinch-Analysen

Das BFE unterstützt seit dem Jahr 2015 sowohl Grobanalysen als auch detaillierte Pinch-Analysen. Unterstützt werden dabei ausschliesslich Analysen von Fachleuten mit anerkannter Ausbildung in der Pinch-Methodik. Der Förderbeitrag wird direkt an den jeweiligen Energieberater ausbezahlt.

Förderung Grobanalysen und Pinch-Analysen

In der nachstehenden Tabelle 1 sind die Unterschiede zwischen Grob- und Pinch-Analysen gemäss Merkblatt von EnergieSchweiz beschrieben. Die Grobanalyse ist sehr kurz und dient hauptsächlich dazu, die Eignung eines Unternehmens für eine Pinch-Analyse zu ermitteln.

	Grobanalyse	Pinch-Analyse
Ziel	— Energiesparpotenziale orten und quantifizieren — Betrachtung erneuerbarer Energie um in der Pinch-Analyse zu prüfen — Klärung, ob sich eine Pinch-Analyse und/oder eine Strom-Analyse lohnt — Detaillierte Kosten für eine Pinch-Analyse und/oder eine Strom-Analyse bestimmen — Empfehlung des weiteren Vorgehens formulieren	— Detaillierte Datenaufnahme — Überprüfung der Prozessanforderungen und Energiemodellierung — Analyse und Optimierung der Prozesse mit der PinCH-Software — Energieeinsparungen berechnen — Einsatz von erneuerbaren Energien prüfen — Massnahmen erarbeiten — Kosten, Payback-Zeiten und Priorisierung der Massnahmen bestimmen — Schlussbericht verfassen und Ergebnisse präsentieren
Förderung	60%	40%
Geschätzte Kosten	5'000 - 10'000 Fr.	30'000 - 60'000 Fr.

Tabelle 3: Unterschiede zwischen der Grobanalyse und der Pinch-Analyse gemäss dem Merkblatt *Förderungen Pinch* von EnergieSchweiz, 2021

Der vorgesehene Ablauf ist in der nachstehenden Abbildung 2 dargestellt: Der Energieberater schlägt zu Beginn eine Grobanalyse vor, um das Energieeinsparpotenzial und die Pinch-Eignung des Unternehmens abzuklären. Nach der Grobanalyse formuliert der Energieberater Empfehlungen für das weitere Vorgehen, darunter ggf. eine detaillierte Pinch-Analyse. Im Rahmen der Pinch-Analyse werden zuerst Daten erhoben, die Prozessanforderungen definiert, die Analyse in der PinCH-Software durchgeführt und auf dieser Grundlage konkrete Massnahmen vorgeschlagen.

Grobanalysen in der Theorie

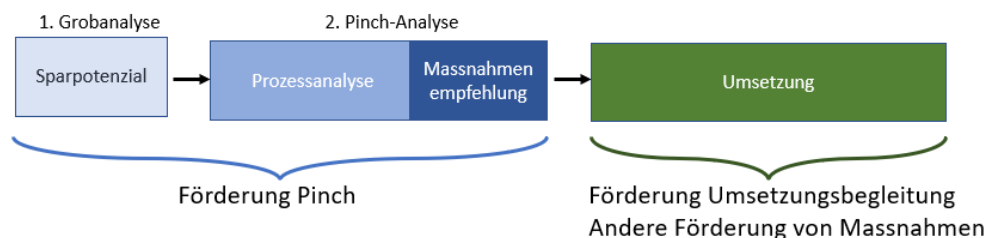


Abbildung 2 Darstellung der Förderinstrumente von Pinch bis zur Umsetzung von Massnahmen

In der Praxis wird das Fördermodell meistens nicht wie vorgesehen umgesetzt, denn die durchgeführten Grobanalysen beinhalten oft nicht nur die Er-

Grobanalysen in der Realität

hebung des Potenzials oder die Eignung für eine Pinch-Analyse. In der Realität sind Grobanalysen meist etwas weniger detailliertere Pinch-Analysen, inklusive Prozessanalyse und konkreten Massnahmenempfehlungen. Daher bezieht sich der Begriff Pinch-Analyse in dieser Evaluation sowohl auf die Grobanalyse als auch auf die Pinch-Analyse.

In der nachstehenden Abbildung 3 wird die Entwicklung der Anzahl vom BFE geförderten Grob- und Pinch-Analysen dargestellt. Die Auswertung der 257 Analysen ergab, dass insgesamt 169 Grobanalysen und 88 Pinch-Analysen durchgeführt wurden. Seit der Förderung von Grobanalysen hat die Anzahl detaillierter Pinch-Analysen abgenommen, die Gesamtzahl an Analysen jedoch stark zugenommen.

Starke Zunahme der Analysen mit der Einführung der Grobanalysen

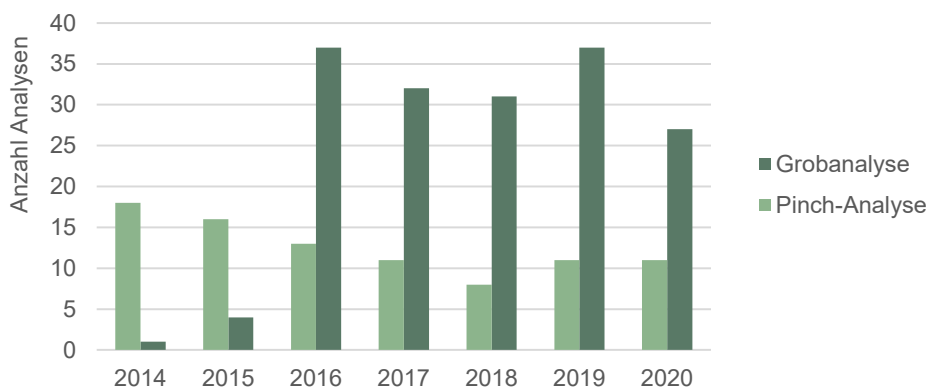


Abbildung 3 Anzahl geförderter Grob- und Pinch-Analysen (2014 bis 2020)

Die Auswertung ergab weiterhin, dass nur 37 (22%) der Grobanalysen zu Pinch-Analysen führten wie im Fördermodell vorgesehen. Knapp 78% der Grobanalysen wurden hingegen nicht weiter vertieft. Dies bedeutet jedoch nicht, dass den Unternehmen keine Massnahmen empfohlen wurden. In den meisten Fällen waren diese Grobanalysen nach Ansicht der Energieberater und Experten etwas weniger detailliertere Pinch-Analysen, die auch Empfehlungen für Massnahmen umfassten. Umgekehrt wurden insgesamt 51 Pinch-Analysen ohne vorgängige Grob-Analyse durchgeführt. Insgesamt wurden im betrachteten Zeitraum rund 220 Unternehmen beraten (257 Analysen minus 37 Unternehmen, in denen sowohl eine Grob- als auch eine Detailanalyse durchgeführt wurde).

Grobanalysen meist ohne nachfolgende Detailanalyse

Nach Ansicht der Energieberater ist die erweiterte Grobanalyse für viele Unternehmen oft ausreichend, insbesondere wenn die Prozesse nicht sehr komplex sind. Diese Analyse wird von den Unternehmen gerne angenommen, da sie sehr günstig ist und weniger interne Ressourcen beansprucht.

erweiterte Grobanalyse entspricht den Bedürfnissen der Betriebe

2.3 Wirkungsmodell der Förderung

Die Förderung von Grobanalysen und Pinch-Analysen, ihre Aktivitäten und ihre Wirkungskette ist in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Die Evaluationsfragen fokussieren sich hauptsächlich auf den Ebenen Outcome, Output und Impact (Abbildung 4):

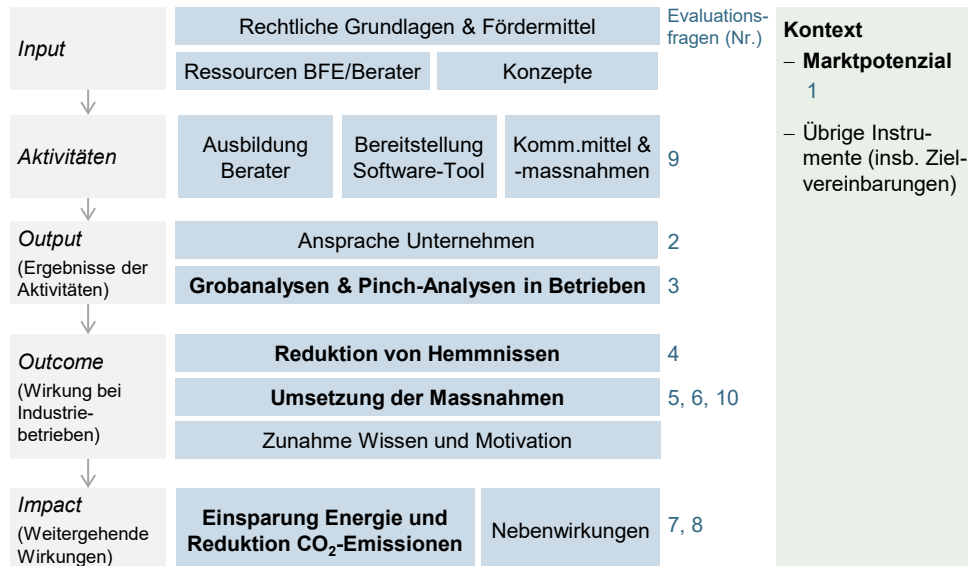


Abbildung 4 Darstellung Wirkungsmodell

Als Programm des Bundesamts für Energie unterstützt EnergieSchweiz freiwillige Massnahmen zur Umsetzung der Schweizer Energiepolitik und flankiert so die Energiestrategie 2050. In diesem Rahmen fördert EnergieSchweiz Pinch-Analysen.

Input für die Förderung

Wichtiger Träger der Aktivitäten sind die nationalen Stützpunkte «Prozessintegration/PinCH». Sie werden in der Deutschschweiz von der *Hochschule Luzern (HSLU)* betrieben und in der Suisse Romande von der *Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD)*. Die beiden Stützpunkte dienen als Anlaufstelle für Industrieunternehmen, Ingenieurbüros, Anlagenbauer und Behörden bei Fragen rund um das Thema Prozessintegration und Pinch-Analyse. Wichtige Hauptaufgaben der Stützpunkte sind Pflege, Weiterentwicklung und Support der PinCH-Software sowie die Durchführung von Weiterbildungskursen.

Aktivitäten: zwei nationale Stützpunkte als Basis

Die HSLU hat mit der Unterstützung des BFE und einem Expertenteam eine Software PinCH für die Durchführung von Pinch-Analysen in der Industrie entwickelt. Die Software unterstützt ein systematisches, schrittweises Vorgehen und schafft durch das Visualisieren des Ist-Zustands und der Einsparpotenziale Transparenz. Sie ermöglicht eine schnelle Einarbeitung in die Methode und damit eine kostengünstige Durchführung von klassischen Pinch-Analysen. Darüber hinaus ermöglicht die PinCH-Software die Auslegung von Wärmeübertragernetzen. Die Software wird durch die HSLU laufend weiterentwickelt. So wurden beispielsweise Excel-basierte Energie-Module (E-Module) erarbeitet, um den Aufwand für Datenerhebung und Energiemodellierung zu senken.

Aktivitäten: Software-Tool

Zu den Aktivitäten der beiden Pinch-Stützpunkte gehört die Ausbildung der Fachleute. Die Förderung unterstützt ausschliesslich Analysen durch Fachleute mit anerkannter Ausbildung oder langjähriger Erfahrung in der Pinch-Methodik. Die HSLU bietet dreitägige Weiterbildungskurse an. Die Kurse vermitteln die Grundlagen und die Anwendung der Pinch-Methode sowie die Anwendung der PinCH-Software auf einfache industrielle Prozesse. Die auf Pinch-Analysen spezialisierten Energieberater sind auf der Website aufgeführt⁵.

Aktivitäten: Ausbildung Berater

Der zentrale Kommunikationskanal für die Förderung von Pinch-Analysen ist die Website von Energieschweiz⁶. Hier finden sich folgende Dokumente und Merkblätter:

Aktivitäten: Kommunikationsmittel und -massnahmen

- Broschüre für Unternehmen zu Pinch-Analyse und Förderung
- Branchenbasierte Kompetenz- und Adressliste von spezialisierten Beratern
- Merkblatt zu den Förderbedingungen für Pinch-Analysen
- Fallbeispiele zu abgeschlossenen Pinch-Analysen in Unternehmen

Andere wichtige Akteure in diesem Bereich (ProKiloWatt, EnAW, HSLU) verweisen alle auf die Website von EnergieSchweiz. Weitere Kommunikationskanäle sind Präsentationen auf EnAW-Fachtagungen, Veröffentlichungen in Fachzeitschriften sowie Auftritte an Veranstaltungen und Messen.

Der Output dieser Aktivitäten ist die Ansprache der Unternehmen durch die ausgebildeten Berater. Durch die Ansprache werden Unternehmen überzeugt, Pinch-Analysen durchzuführen. Der Output liegt für die Jahre 2014 bis 2020 bei insgesamt 257 geförderten durchgeführten Analysen. Diese beinhalten konkrete Empfehlungen zur Umsetzung energiesparender Massnahmen.

Output: Ansprache und Analysen

Mit einer durchgeführten Pinch-Analyse werden die bestehenden Hemmnisse zur Umsetzung von Energiesparmassnahmen abgebaut. Die Analyse schafft beispielsweise das Grundlagenwissen zu den Prozessen und formuliert und quantifiziert konkrete Vorschläge. In einem nächsten Schritt setzen die Unternehmen einen Teil der Massnahmen um. Zu diesem Outcome der Massnahmen gehören auch die Mitnahmeeffekte, also jene Massnahmen, die auch ohne Pinch-Analysen umgesetzt worden wären. Schliesslich können Pinch-Analysen zu einer Steigerung der Motivation und des Wissens über Energiethemen im Unternehmen führen. Damit würden die Pinch-Analysen nicht nur konkret zur Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen beitragen, sondern auch dazu, dass im Nachgang, beispielsweise bei der nächsten Beschaffung von Anlagen, vermehrt Rücksicht auf die energetischen Aspekte genommen wird.

Outcome: Umsetzung Massnahmen

Die Umsetzung der Massnahmen führt dazu, dass die Energieeffizienz gesteigert wird und erneuerbare Energiequellen für Wärme und Kälte genutzt

Impact: Energieeffizienz und erneuerbare Energien

5 [http://pinch-analyse.ch/downloads/211110%20Beraterliste%20Pinch%20d%20\(Web\).pdf](http://pinch-analyse.ch/downloads/211110%20Beraterliste%20Pinch%20d%20(Web).pdf)

6 <https://www.energieschweiz.ch/beratung/pinch/#:~:text=Das%20Bundesamt%20f%C3%BCr%20Energie%20BFE,von%20maximal%2040%25%20der%20Gesamtkosten.>

werden. Dies trägt zur Dekarbonisierung der Energienutzung in der Schweiz bei. Die Umsetzung der Massnahmen kann jedoch auch weitere Effekte haben, sowohl positive als auch negative Nebenwirkungen. So wurde als positiver Nebeneffekt genannt, dass durch die Umsetzung einer effizienzsteigernden Massnahme die Produktivität der Anlage gesteigert werden konnte.

3. Methoden der Evaluation

Für die Beantwortung der Evaluationsfragen wurden folgende Methoden eingesetzt:

Mix an Methoden

- Analyse von Daten, Literatur und Dokumenten
- Potenzialberechnung
- Auswertung von durchgeführten Pinch-Analysen
- Telefonische Befragungen (Energieberater, Industriebetriebe und weitere Experten).

Daten-, Literatur- und Dokumentenanalyse

Zur Beschreibung der Pinch-Analyse und der bisherigen Förderung wurden diverse Dokumente und Marketingunterlagen gesichtet. Zudem wurde eine Liste des BFE zur Anzahl und Art der geförderten Pinch-Analysen ausgewertet.

Liste geförderter
Pinch-Analysen

3.2 Berechnung des Marktpotentials für Pinch-Analysen

Die erste Evaluationsfrage betrifft das Marktpotenzial für Pinch-Analysen. Das Potenzial wurde im Jahr 2015 ein erstes Mal geschätzt⁷. Für eine hohe Vergleichbarkeit zu den damaligen Resultaten wurde im Rahmen der Evaluation die damals verwendete Methode im Grundsatz nochmals angewendet.

Methode von 2015
im Grundsatz über-
nommen

Die Grundannahme der Methode ist, dass alle Industrieunternehmen mit einem hohen thermischen Energiebedarf prinzipiell für Grobanalysen oder Pinch-Analysen geeignet sind und somit das Marktpotenzial umfassen. Basis für die Berechnungen des Potenzials war die BFE-Teilstatistik «Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor» von 2015 bis 2020 und anonymisierte Einzeldaten aus den Branchengruppen 1 bis 12 (Industrie) für den gleichen Zeitraum. Die Einzeldaten sind Stichproben, die mit der Gesamtstatistik anhand der Grössenklasse korreliert werden. Um das Marktpotenzial der Industrieunternehmen für Pinch-Analysen zu ermitteln, wurden die Einzeldaten nach Branchengruppen sortiert. Innerhalb der Branchengruppe wurden die Betriebe nach dem Energieverbrauch in die Kategorien (<0.5 GWh/a, <2.5GWh/a, >5GWh/a) eingeteilt. Nach Abzug der Betriebe,

Betriebe der In-
dustriebranchen 1-
12 mit hohem
Energiebedarf

⁷ «Pinch-Promotion 2015, Marktanalyse und Workshop» Helbling Beratung +Bauplanung AG, Schlussbericht EnergieSchweiz, 2015

die bereits eine Pinch-Analyse durchgeführt haben, verblieb die Anzahl der für eine Pinch-Analyse geeigneten Betriebe.

Die Ergebnisse werden in aggregierten Gruppen dargestellt, so dass keine Rückschlüsse auf einzelne Betriebe gezogen werden können und die Anonymität gewährleistet ist.

Datenschutz gewährleistet

3.3 Auswertung von durchgeführten Pinch-Analysen

Für ein klares Verständnis von Pinch-Analysen, der empfohlenen Massnahmen, Investitionen und Einsparungen wurden die durchgeführten Pinch-Analysen ausgewertet. Das *Kompetenzzentrum Thermische Energiesysteme und Verfahrenstechnik (CCTEVT)* der Hochschule Luzern ist ein wichtiger Wissensträger im Bereich Pinch-Analysen. Es hat 2020 eine Datenbank erarbeitet, welche die energetischen und ökonomischen Kenngrössen sowie die vorgeschlagenen Massnahmen und die Bewertung von 170 durchgeführten Pinch-Analysen erhält⁸. Im Rahmen der vorliegenden Evaluation wurden zusätzlich jene Firmen um Daten angefragt, die seit 2020 eine Pinch-Analyse umgesetzt hatten. Damit konnte die Datenbank auf rund 200 Analysen ergänzt und aktualisiert werden.

Ergänzung bestehende Pinch Datenbank der HSLU

Auf der Basis der ergänzten Datenbank wurde analysiert, wie viele und welche Art Massnahmen in Pinch-Analysen empfohlen werden (Evaluationsfrage 3). Dazu wurde ausgewertet, wie hoch die Kosten für die empfohlenen Massnahmen geschätzt werden und wie viel Energie und Kosten eingespart werden können. Einzelne wichtige Kennzahlen wurden zudem pro Branche ausgerechnet.

Auswertung der empfohlenen Massnahmen

3.4 Telefonische Befragungen

Telefonische Befragung von Energieberatern

Zwischen Mai und September 2022 wurden 10 Energieberater aus der Liste akkreditierter Pinch-Berater telefonisch interviewt. Darunter befanden sich acht aktive Berater und zwei Berater, die vom BFE als passiv eingestuft wurden. Es wurde ein Gesprächs-Leitfaden zu den Evaluationsfragen erarbeitet (siehe Anhang A1). Die Antworten wurden protokolliert. Die Interviews wurden vor der Befragung der Betriebe geführt, da die Energieberater die Quelle für die Adressen der Betriebe waren.

8 aktive und 2 passive Berater

Telefonische Befragung von Industriebetrieben

Zwischen Juni und September 2022 wurden 18 Betriebe telefonisch befragt. Die Kontaktadressen für die Befragung der Betriebe wurden von der HSLU, dem BFE und den Energieberatern zur Verfügung gestellt. Es wurde ein Gesprächs-Leitfaden zu den Evaluationsfragen erarbeitet. Dieser wurde auf Wunsch dem Betrieb vor dem Interview zugeschickt und ist im Anhang A2 zu finden. Die abgedeckten Branchen und Art der durchgeführten Pinch-Analysen sind in der nachstehenden Abbildung 5 aufgeschlüsselt:

18 Betriebe befragt

⁸ «Evaluation Pinch-Analysen in Schweizer Industrie: Auswertung Massnahmen» HSLU 2020, nicht-öffentlicher Bericht für das BFE

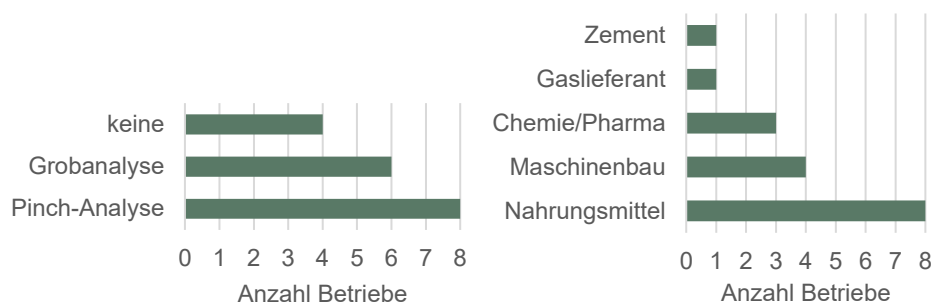


Abbildung 5 Anzahl der Betriebe nach Art der durchgeführten Analyse (links) und nach Branche (rechts)

Der Kontakt zu den Unternehmen wurde hauptsächlich von den Energieberatern, Experten und dem BFE hergestellt. Die Auswahl der Betriebe grösstenteils über die Energieberater führt vermutlich zu einem nicht repräsentativen Abbild aller Betriebe, da die Energieberater eher einen Betrieb angeben, mit dem sie im engen und positiven Kontakt stehen. Um auch Meinungen von Unternehmen zu erhalten, die noch keinen direkten Kontakt mit den oben genannten Gruppen hatten, hat EBP eigene Kontakte zu anderen Unternehmen hergestellt. Diese Auswahl der Betriebe ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Auswahl nicht repräsentativ

Ergänzende Interviews mit Experten

Einzelne Evaluationsfragen wurden durch die Befragung von Experten vertieft, um eine zusätzliche Perspektive zu gewinnen. Das Interview mit jedem Experten hatte einen anderen Schwerpunkt, der in der folgenden Tabelle dargestellt ist.

5 Experten befragt

Experte	Funktion	Interviewschwerpunkt
Prof. Martin Patel	Leiter SWEET DeCarbCH, Universität Genf	Energieeinsparungen und Erhöhung der Umsetzungsrate von empfohlenen Massnahmen
Prof. Beat Wellig	Leiter Kompetenzzentrum Thermische Energiesysteme & Verfahrenstechnik, Hochschule Luzern HSLU	Energieeinsparung, Ausführungsrate, Nebenwirkungen
Frederic Maurer	Ansprechperson für Grob- und Pinch-Analysen, Bundesamt für Energie	Erreichung Zielgruppe, Erhöhung der Umsetzungsrate
Thomas Weisskopf	Geschäftsführer Energieagentur der Wirtschaft EnAW	Hemmnisse, Mitnahmeeffekte, Nebenwirkungen, Erreichung der Zielgruppe und Erhöhung der Umsetzungsrate
Pierre Krummenacher	Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud, Group Leader Energy Optimisation & Pinch Analysis Competence Center	Erfahrung mit Pinch und Empfehlung zur Verbreitung von Pinch

Tabelle 4: Liste der befragten Experten für Pinch-Analysen oder Industrieberatung

4. Evaluationsfragen

4.1 Marktpotenzial für Pinch-Analysen

Evaluationsfrage

Wie gross ist das aktuelle Potenzial an Industriebetrieben, die sich für Pinch-Analysen eignen? Wie gross ist dieses Potenzial im Vergleich zur Potenzialanalyse von 2015?

Analysen und Resultate

Pinch-Analysen fokussieren auf die thermische Energienutzung, deshalb interessieren insbesondere Branchen mit hohem Wärmebedarf. Insgesamt gibt es gemäss der Gesamtstatistik in der Schweiz in allen Industriebranchen 1'080 Unternehmen, die einzeln einen jährlichen Gesamtenergieverbrauch von über 5 GWh haben.

6 thermisch intensive Branchen

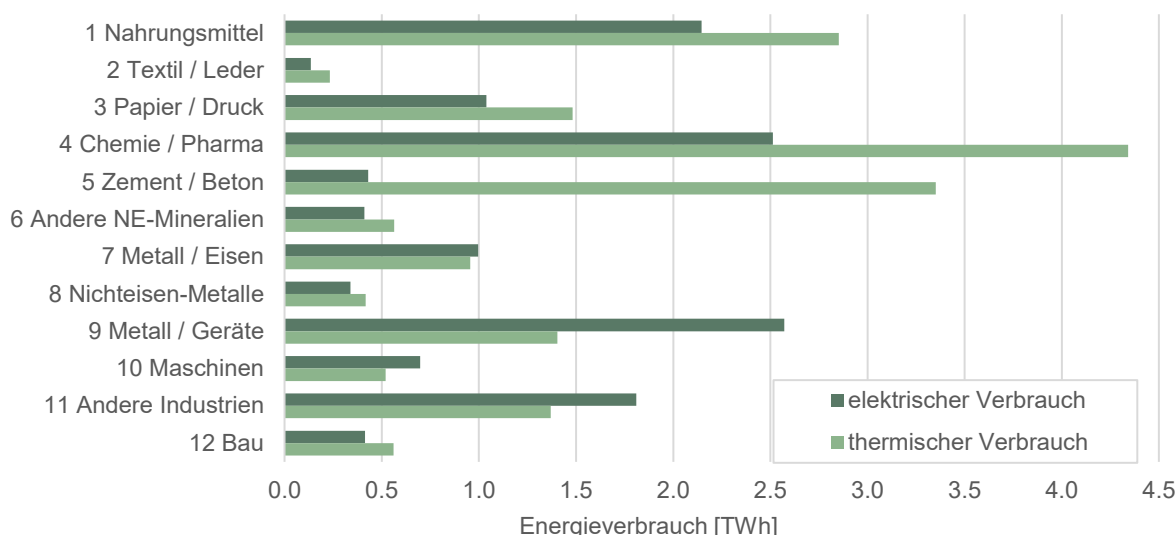


Abbildung 6: Thermischer und elektrischer Energieverbrauch in den 12 Industriebranchen in der Schweiz

Potenzial in den thermisch intensiven Branchen

Die sechs Branchen mit dem höchsten Wärmebedarf sind Nahrungsmittel, Papier, Chemie, Zement und Metall und Nichteisen-Metalle (NE) (siehe dazu die Abbildung 6). Diese sechs Branchen umfassen insgesamt 6'846 Unternehmen⁹. Bisher wurden für die Pinch-Analysen vor allem Unternehmen mit mindestens 5 GWh Energieverbrauch (total) und Energiekosten von mindestens 300'000 Franken angesprochen. Dies sind insgesamt 563 Unternehmen, die zusammen rund 1.5 TWh thermische Energie verbrauchen¹⁰.

563 Betriebe mit mindestens 5 GWh Energieverbrauch

1'115 Betriebe zwischen 1 GWh und 5 GWh

⁹ «Energieverbrauch in der Industrie und Dienstleistungssektor» BFE Teilstatistik, 2020

¹⁰ Annahmen für die Abschätzung: 563 Betriebe benötigen mindestens 5GWh, was insgesamt 2,8TWh ergibt. In den sechs Sektoren ist die Verteilung der Gesamtenergie 55% thermische und 45% elektrische Energie.

Inzwischen setzt sich die Erkenntnis durch, dass sich wenig detaillierte und somit kostengünstige Pinch-Analysen auch für weniger energieintensive Unternehmen lohnen; vor allem, wenn sie komplexe Prozesse haben. In den sechs Branchen sind es zusätzlich

- 167 Betriebe in der Energiekategorie zwischen 2.5 GWh und 5 GWh, und
- 390 Betriebe in der Energiekategorie zwischen 1 GWh und 2.5 GWh.

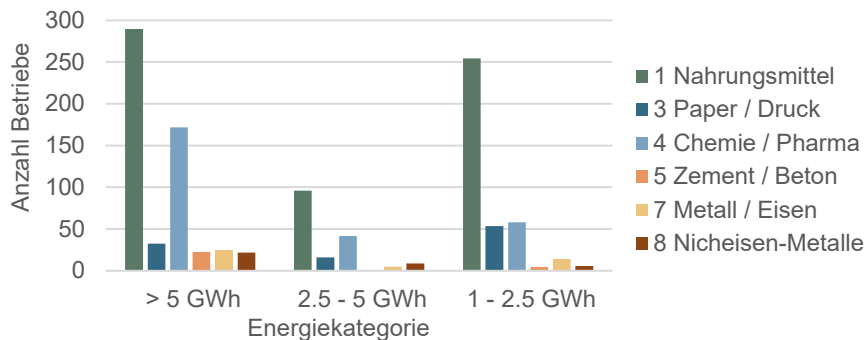


Abbildung 7 Anzahl der Betriebe pro Industriebranche und Energiekategorie

Die Lebensmittelindustrie ist aufgrund ihrer vielfältigen Prozesse besonders für Pinch-Analysen geeignet. Diese Branche umfasst in der Schweiz die meisten Betriebe und damit das grösste Potenzial für Pinch-Analysen, wie in der obenstehenden Abbildung 7 dargestellt. Nach der Lebensmittelindustrie bietet der Chemiesektor das zweitgrösste Potenzial.

Lebensmittelbranche mit grösstem Potenzial

Insgesamt kommen rund 1'115 Betriebe für die Pinch-Analysen in Frage. Bisher wurden im Zeitraum 2015 bis 2020 insgesamt 257 Grob- und Pinch-Analysen in 220 Betrieben durchgeführt, wobei es sich hauptsächlich um Betriebe mit mindestens 5 GWh Energieverbrauch handelte, die Zielvereinbarungen abgeschlossen hatten. Das unausgeschöpfte Potenzial ist mit rund 80% noch gross.

Etwa 20% der potenziellen Betriebe durch Pinch erreicht

Potenzial in allen Industrie Branchen

In den restlichen Branchen wird hauptsächlich Strom genutzt, weshalb diese als weniger relevant für Pinch-Analysen eingeschätzt werden. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Eignung für Pinch-Analysen nicht unbedingt von der Art des eingesetzten Brennstoffs abhängt. Es gibt Betriebe ohne Gasanschluss, die dennoch Heiz- und Kühlaufgaben auf verschiedenen Temperaturniveaus haben und Potenzial zur Abwärmenutzung aufweisen, weshalb sie gut für Pinch-Analysen geeignet sind. Zum Beispiel könnten Sensorenhersteller (Branche 9), obwohl sie hauptsächlich Strom für die Lüftungsanlagen von Laborräumen und Maschinen nutzen, dennoch von der Abwärmenutzung profitieren, da sie Becken für die Wafer heizen. Werden alle 12 Industriebranchen zusammen betrachtet, ergeben sich folgende Potenziale:

3'792 Betriebe in allen 12 Branchen mit Energieverbrauch über 1 GWh

- 1'080 Betriebe in der Energiekategorie über 5 GWh,
- 720 Betriebe in der Energiekategorie zwischen 2.5 GWh und 5 GWh,
- 1'992 Betriebe in der Energiekategorie zwischen 1 GWh und 2.5 GWh.

Vergleich zur Potenzialstudie von 2015

Die Potenzialstudie von Helbling im Jahr 2015 untersuchte die gleichen Sektoren und verwendete dafür die statistischen Daten aus dem Jahr 2013. Es wurden insgesamt 360 Unternehmen mit einem Energieverbrauch von mindestens 5 GWh identifiziert. Die Abweichung zwischen Helbling und der vorliegenden Schätzung ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Zahl der Arbeitsplätze in der Lebensmittelindustrie seit 2013 um rund 500 gestiegen ist. Zudem hat Helbling die Unternehmen mit über 100 Beschäftigten mit Unternehmen mit einem Energieverbrauch über 5 GWh gleichgesetzt. Damit werden jedoch Unternehmen nicht berücksichtigt, die weniger Beschäftigte und dennoch einen hohen Energieverbrauch haben. Schliesslich hat sich die Zählweise der Erhebung geändert, was die Vergleichbarkeit etwas erschwert (bisher Anzahl Vollzeitstellen, ab 2013 neu Anzahl Beschäftigte).

Vergleichbarkeit
Potenzialstudie
2013 mit 2020

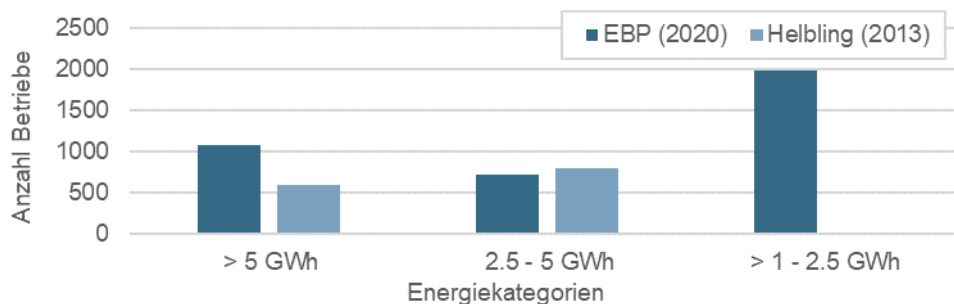


Abbildung 8 Anzahl der Betriebe in 6 Hauptbranchen gemäss den Potenzialstudien Helbling 2013 und EBP 2020

Beurteilung des Marktpotentials durch Experten und Berater

Das berechnete Potenzial wurde in den Interviews von Experten und Beratern als plausibel eingeschätzt. Sie sind der Ansicht, dass alle Betriebe mit viel Wärme- und Kältebedarf für Pinch-Analysen geeignet sind. Dazu gehören beispielsweise auch Abwasserreinigungsanlagen, die in der obigen Analyse nicht betrachtet wurden. Es wurde auch darauf hingewiesen, dass auch kleinere Unternehmen (ab 1 GWh) mit komplexen Prozessen für Pinch-Analysen interessant sind. Alle Befragten waren sich einig, dass die sechs identifizierten Hauptbranchen und insbesondere die Nahrungsmittelbranche von grossem Interesse sind.

Potenzial ist plausibel

Weiteres Potenzial für Pinch-Analysen liegt im Dienstleistungs- und Gewerbesektor, insbesondere bei Spitälern sowie Sport- und Wellnessanlagen. Diese Einrichtungen brauchen viel Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus und würden von einer systematischen Prozessanalyse schon bei der Planung profitieren.

Weiteres Potenzial:
Krankenhäuser,
Sport- und Wellnessanlagen

Kurzantwort

In den sechs Industriebranchen mit dem höchsten Wärmebedarf gibt es rund 1000 Unternehmen mit einem Gesamtenergieverbrauch von je über 1 GWh/a. Werden die etwa 220 bisher durchgeführten Pinch-Analysen bei den Hauptbranchen abgezogen, ergibt dies ein Marktpotenzial von rund 800 Unternehmen. In den übrigen sechs Industriebranchen liegt das Marktpotenzial bei rund 2'600 weiteren Analysen.

Im Vergleich zur bisherigen Studie aus dem Jahr 2015 ist das Potenzial für Betriebe mit Energieverbrauch über 5 GWh etwa doppelt so hoch und das Potenzial für Betriebe mit einem Verbrauch zwischen 2.5 GWh und 5 GWh in etwa ähnlich. Die Gründe für die Unterschiede bei den Grossverbrauchern sind das Wachstum der Nahrungsmittelbranche und eine veränderte Erhebung der Daten.

4.2 Erreichung der Zielgruppe

Evaluationsfragen

Wie wurden die Industriebetriebe auf Pinch aufmerksam? Wie bekannt ist Pinch bei Industriebetrieben? Wie gut wird die Zielgruppe erreicht?

Analysen und Resultate

Die Energieberater gaben in den Interviews an, dass die Betriebe mit Zielvereinbarungen direkt von den EnAW Beratern über Pinch informiert werden oder dass es alternativ der Energieberater selbst ist, der den Betrieb auf die Pinch-Analysen aufmerksam macht. Die meisten Betriebe bestätigten diese Aussagen der Energieberater. Manche Betriebe wurden zudem über das eigene Netzwerk oder durch Fachtagungen auf Pinch-Analysen aufmerksam. Die Energieberater und Betriebe erwähnten die Website von EnergieSchweiz nicht als Kanal, über den Industriebetriebe auf Pinch aufmerksam werden.

Hauptkanal: Berater

Die Experten nannten ebenfalls die EnAW als wichtigsten Kanal, über den die Betriebe auf Pinch-Analysen aufmerksam gemacht werden. Weiterhin hätten Fachtagungen mit Präsentationen zu Pinch-Analysen jeweils zu Nachfrage-Schüben geführt. Daraus schliessen die Experten, dass auch solche Fachtagungen wichtig sind. Schliesslich wurde von einzelnen Experten auch die Pinch-Kampagnen als Kanal genannt. Dies konnte durch die Gespräche mit den Betrieben nicht bestätigt werden.

Bedeutung von Fachtagungen und Pinch-Kampagnen

Gemäss den Aussagen der Energieberater ist die Bekanntheit von Pinch-Analysen vor dem Direktkontakt mit dem Berater eher tief (siehe nachstehende Abbildung 9). Die Hälfte der Energieberater schätzt, dass Pinch bei den Betrieben unbekannt ist; drei von zehn Beratern sagen, dass die Betriebe den Begriff schon einmal gehört haben, aber die Methode nicht kennen. Zwei von zehn Beratern machen schliesslich die Erfahrung, dass die Betriebe Pinch kennen.

Tiefe Bekanntheit von Pinch bei Zielgruppe

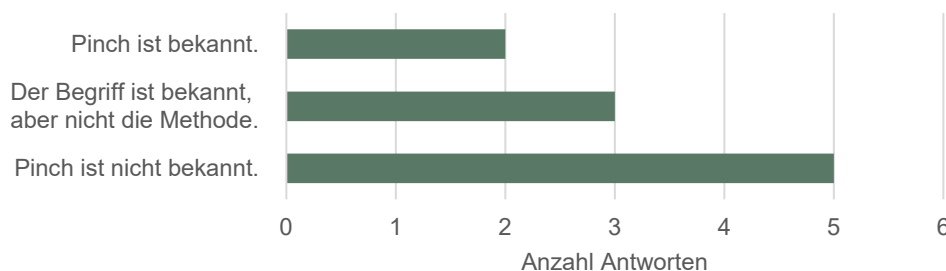


Abbildung 9 Bekanntheit von Pinch-Analysen bei Betrieben, bevor sie Kontakt mit einem Pinch-Berater hatten

Der letzte Teil der Evaluationsfrage fragt danach, wie gut die Zielgruppe erreicht wurde bzw. ob die Zielgruppe davon überzeugt werden konnte, eine Grob- oder Pinchanalyse durchzuführen. Die Befragung der Energieberater ergab, dass die Erfolgsquote zur Durchführung einer Pinch-Analyse vom Kanal abhängt (siehe Tabelle 3).

Überzeugung der Zielgruppe

Kanal	Durchführung von Pinch-Analysen
Betrieb hat Zielvereinbarung und wird von EnaW weitergeleitet.	Sehr hohe Erfolgsquote (fast 100%)
Betrieb möchte Energieanalyse und wurde vorsondiert.	Sehr hohe Erfolgsquote (fast 100%)
Kaltakquise des Betriebs durch den Energieberater	Mittlere Erfolgsquote (ca. 50% führen eine Grobanalyse durch)

Tabelle 5: Ausführung von Pinch-Analysen abhängig von Art der Kontaktaufnahme mit dem Betrieb

Hat der Betrieb eine Zielvereinbarung und wird von der EnAW an einen Energieberater weitergeleitet, kommt es in fast jedem Fall zur Durchführung einer Pinch-Analyse. Eine sehr hohe Erfolgsquote kann auch erzielt werden, wenn der Energieberater zu einem Unternehmen gehört, das verschiedene Dienstleistungen für Industriebetriebe anbietet. Äussert der Betrieb im Kontakt mit den Verkäufern des Unternehmens Interesse an einer Energieanalyse, wird fast in jedem Fall mindestens eine Grobanalyse umgesetzt, oft auch direkt eine Pinch-Analyse.

Sehr hohe Erfolgsquote bei Weiterleitung durch EnAW

Die Kaltakquise durch den Energieberater als letzte Möglichkeit führt in rund der Hälfte der Unternehmen zur Durchführung einer Grobanalyse. Die Kaltakquise kommt aber eher selten vor, da die Berater nach eigenen Aussagen mit anderen Beratungsmandaten genug zu tun haben. Daraus lässt sich ableiten, dass ein wichtiger Flaschenhals zur Gewinnung von mehr Unternehmen bei der vermehrten Verfügbarkeit der Energieberater liegt.

50% Erfolgsquote bei Kaltakquise, Flaschenhals Energieberater

Die Berater und Betriebe gingen in den Interviews auch darauf ein, aus welchen Gründen die Durchführung einer Grob- oder Pinch-Analyse abgelehnt wird:

Gründe für Ablehnung

- Mangel an internen Ressourcen (Zeit, Personal)
- Tiefe Priorität von Energiethemen im Unternehmen
- Einige Massnahmen sind bereits umgesetzt
- Externe Beratung unnötig, da genügend interne Ressourcen vorhanden
- Ungewisses Ergebnis und darum auch ungewisser Mehrwert für das Unternehmen nach einer aufwendigen Pinch-Analyse

Mehr als die Hälfte der Berater vermeiden den Begriff Pinch eher, da er keine Verbindung zur Art der Analyse schafft und damit zu abstrakt ist. Die Energieberater erklären daher die Prozessanalyse in anderen Worten und nutzen den Begriff «Pinch» erst oder überhaupt, wenn es um die Förderung geht.

Begriff «Pinch» wird im Verkauf kaum verwendet

Hier stellt sich für EnergieSchweiz die Frage, ob es mit diesem abstrakten Begriff weiterarbeiten möchte.

Kurzantworten

- Die Betriebe werden am häufigsten direkt über EnAW- oder Energieberater auf Pinch aufmerksam, Fachtagungen spielen auch eine Rolle.
- Vor der Kontaktaufnahme durch Berater ist Pinch in den Industriebetrieben kaum bekannt.
- Wird einem Betrieb mit Zielvereinbarung oder Interesse am Energiethema eine Analyse angeboten, führt der Betrieb die Analyse praktisch immer durch und erhält Vorschläge für konkrete Massnahmen.

4.3 Empfohlene Massnahmen auf Basis von Pinch-Analysen

Evaluationsfrage

Welche Massnahmen werden den Industriebetrieben empfohlen?

Analysen und Resultate

Die Hochschule Luzern hat in Zusammenarbeit mit dem BFE Unterlagen von durchgeführten Pinch-Analysen zusammengetragen und ausgewertet. Insgesamt wurden 78 Schlussberichte herangezogen und 410 empfohlene Massnahmen evaluiert. Jede Massnahme wurde in eine «Kategorie» und in eine «Technologie» eingeteilt. Die fünf Kategorien sind:

Auswertung von 78
Pinch-Analysen

1. **Prozessoptimierung:** direkt dem Prozess zugeordnet. Technologie z.B. Wärmeübertrager, Speicher
2. **Utilities:** der betrieblichen Energieversorgung zugeordnet. Technologie z.B. Dampfkessel, Heizkessel, Wärmepumpe, Kälteanlage
3. **Infrastruktur:** dem Bereich Infrastruktur (inkl. Gebäudetechnik) zugeordnet. Technologie z.B. Lüftungsanlage, Warmwasser-Boiler, Druckluftkompressor
4. **Abwärmenutzung:** Verwendung von Abwärme ausserhalb des Betriebs. Technologie z.B. Fernwärmeauskopplung, Sorptionskälteanlage, ORC-Anlage
5. **Weitere Massnahmen:** keiner der anderen Kategorien zuzuordnen. Technologie z.B. Gebäudehülle, Motoren

Es wurde eine Datenbank erstellt, welche neben den Massnahmen viele weitere Informationen enthält. Dazu gehören allgemeine Informationen zum Betrieb, Ist-Zustand, thermischer und elektrischer Energiebedarf, Wärme-/Kälteerzeugung, Energiepreise und -kosten und Informationen zu wichtigen Kennwerten aus den Pinch-Analysen.

Die Pinch-Analysen wurden durch die HSLU im Rahmen eines anderen Projektes umfassend evaluiert.¹¹ In der vorliegenden Evaluation wird ausschliesslich auf die Evaluationsfragen fokussiert. Deshalb werden aus der

Auswertung von 78
Schlussberichten
mit 410 empfohlenen
Massnahmen

11 Swiss Competence Center for Energy Research Efficiency in Industrial Processes SCCER EIP

umfassenden Analyse nur die Daten zu den empfohlenen Massnahmen dargestellt. Zahlreiche andere Aspekte - wie Pinch-Temperaturen, maximale Potenziale etc. - werden nicht betrachtet.

Anzahl Massnahmen: Es wurden im Rahmen der 78 Analysen insgesamt 410 Massnahmen empfohlen. Die häufigsten Kategorien sind die Prozessoptimierung und die Utilities (siehe Abbildung 10). Die am häufigsten vorgeschlagenen Einzelmassnahmen (nicht abgebildet) sind Wärmeübertrager mit 170 Massnahmen, Wärmepumpen und Lüftungsanlagen mit jeweils 22 Massnahmen und Heizkessel mit 21 Massnahmen.

Die häufigsten vorgeschlagenen Einzelmassnahmen sind Wärmeübertrager

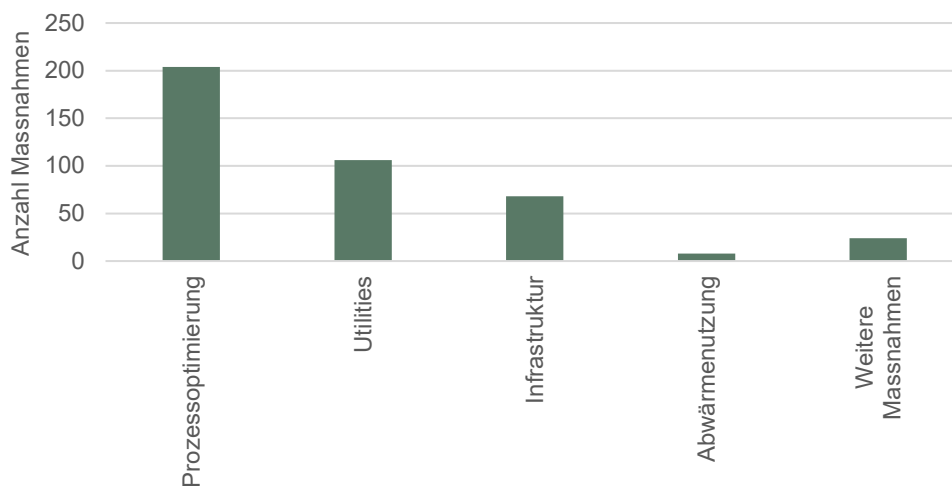
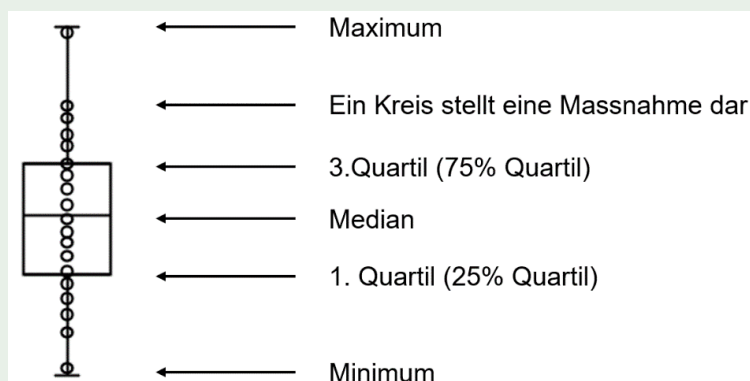


Abbildung 10 Anzahl der Massnahmen in den fünf Kategorien.

Auswertungen in Boxplots

Anhand so genannter Boxplots können die Kategorien - bzw. Massnahmen und deren Variabilität - verglichen werden. Die einzelnen **Punkte** stellen jeweils eine Massnahme dar. Der **Median** ist der Wert, der «in der Mitte» der Zahlenreihe liegt: 50% der Massnahmen liegen über und 50% der Massnahmen unter diesem Wert. Unter dem **1. Quartil** und über dem **3. Quartil** liegen jeweils 25% der Massnahmen. Ausreisser werden aus Gründen der Übersichtlichkeit in diesem Fall nicht dargestellt. Je mehr einzelne Massnahmen ein Boxplot enthält, umso aussagekräftiger und «robuster» ist er.



Payback-Zeiten: Das statische Payback ist ein wichtiger Kennwert in der Wirtschaftlichkeitsrechnung. Die nachfolgende Abbildung 10 zeigt die Payback-Zeiten nach Massnahmen-Kategorie. Über alle Massnahmen betrachtet liegt der Medianwert des statischen Paybacks bei ca. 3 Jahren, d.h. die Wirtschaftlichkeit vieler Massnahmen ist gegeben, weil nach drei Jahren die Einsparungen gleich hoch sind wie die dafür erforderliche Investition:

Statischer Payback bei ca. 3 Jahren (Median) über alle Massnahmen

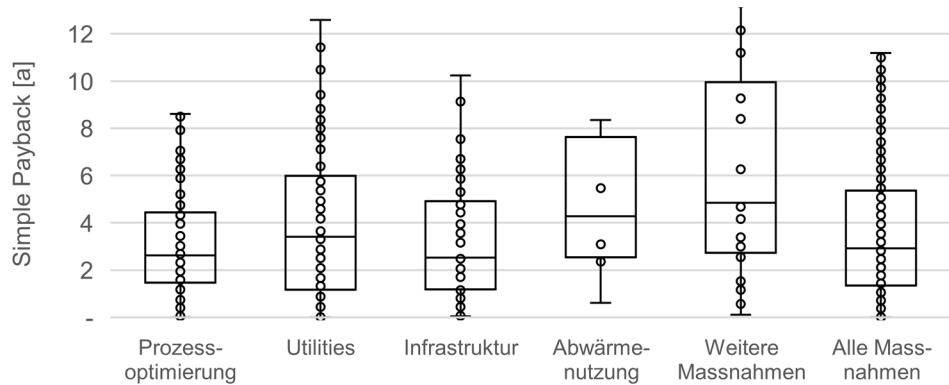


Abbildung 110 Statischer Payback pro Massnahme nach Kategorie.

Energieeinsparungen pro Massnahme in jeder Kategorie: Die höchsten Einsparungen sind in der Kategorie «Prozessoptimierung» (Median bei 435 MWh/a). Die Kategorie «Abwärmenutzung» wird in der nachstehenden Abbildung 12 nicht dargestellt, da durch diese Massnahmen keine Energieeinsparungen *im* Betrieb erzielt werden. Alle Massnahmen zusammen ergeben einen Medianwert von 282 MWh/a.

Einsparungen pro Massnahmen liegen im Median bei 282 MWh/a

Ein Grund für die hohen Einsparungen bei der «Prozessoptimierung» und den «Utilities» ist die Tatsache, dass sie die meisten Betriebsstunden mit hoher Auslastung erzielen. In der Kategorie «Infrastruktur» hingegen sind - z.B. bei Gebäudeheizungen - die Betriebsstunden und Auslastung von der Jahreszeit und Aussentemperatur abhängig.

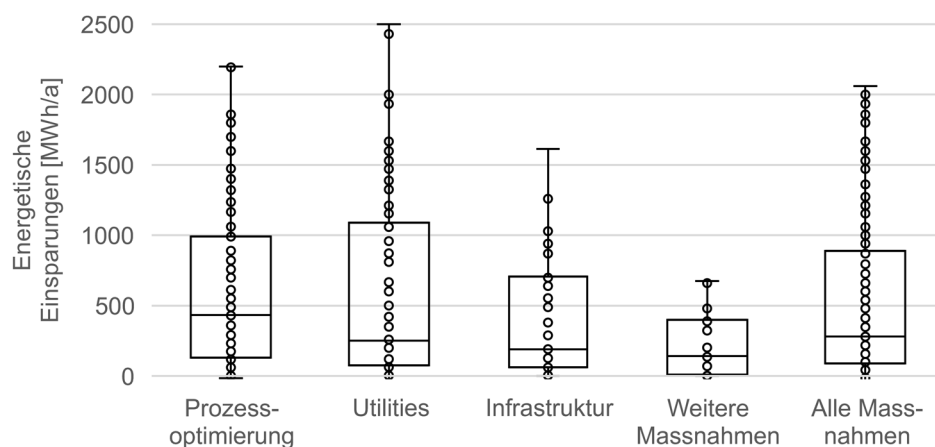


Abbildung 121 Jährliche Energieeinsparungen pro Massnahme nach Kategorie (exkl. Abwärmenutzung, da damit keine Energieeinsparungen *im* Betrieb erzielt werden).

Spezifische Investitionskosten Energieeinsparung: In der Prozessoptimierung muss am wenigsten Kapital investiert werden, nämlich 233 Fr./(MWh/a) im Median (siehe untenstehende Abbildung 13). Die restlichen Kategorien liegen im Bereich zwischen 250 und 450 Fr./(MWh/a). Alle Massnahmen zusammen benötigen im Median spezifische Investitionskosten von 264 Fr., um jährlich wiederkehrend eine Megawattstunde einzusparen.

Spezifische Investitionskosten bei 264 Fr./(MWh/a) im Median

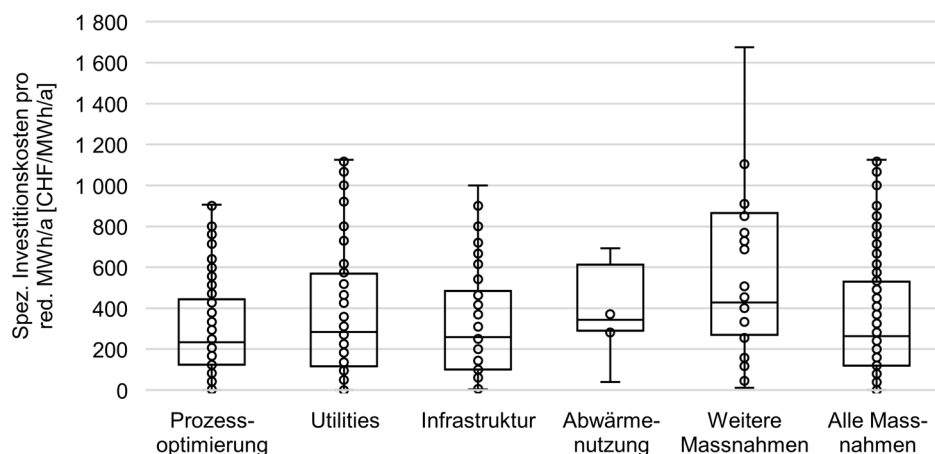


Abbildung 132 Spezifische Investitionskosten pro reduzierte MWh/a nach Kategorie (Bemerkung: In der Kategorie Abwärmee-nutzung handelt es sich nicht um Einsparungen im Betrieb, sondern in einer weiter gefassten Systemgrenze)

Spezifische Investitionskosten pro reduzierte Tonne CO₂ und Jahr: Die Medianwerte für die einzelnen Kategorien liegen im Bereich zwischen 1'000 und 1'300 Fr. pro jährlich eingesparte Tonne CO₂ (nachstehende Abbildung 19).

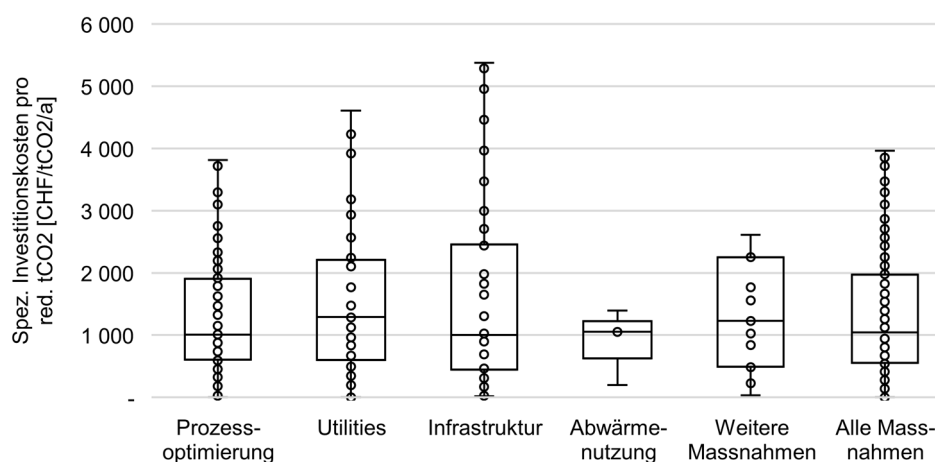


Abbildung 13 Spezifische Investitionskosten pro reduzierte t CO₂/a.

Kurzantwort

Rund die Hälfte der Massnahmen werden in der Prozessoptimierung empfohlen, rund ein Viertel in der betrieblichen Energieversorgung. Die mit Abstand am häufigsten vorgeschlagene Einzelmassnahme ist die Technologie «Wärmeübertrager» (40% aller Massnahmen). Der statische Payback der empfohlenen Massnahmen liegt bei 3 Jahren.

4.4 Hemmnisse bei der Massnahmenumsetzung

Evaluationsfrage

Welches sind die wichtigsten Hemmnisse bei der Umsetzung der Massnahmen?

Analysen und Resultate

Sowohl die Energieberater als auch die Betriebe wurden zu den wichtigsten Hemmnissen zur Umsetzung von Massnahmen befragt. Die Beurteilung der diversen Hemmnisse ist ähnlich, aber nicht ganz deckungsgleich (siehe nachstehende Abbildung 18):

Befragung von
Energieberatern
und Betrieben

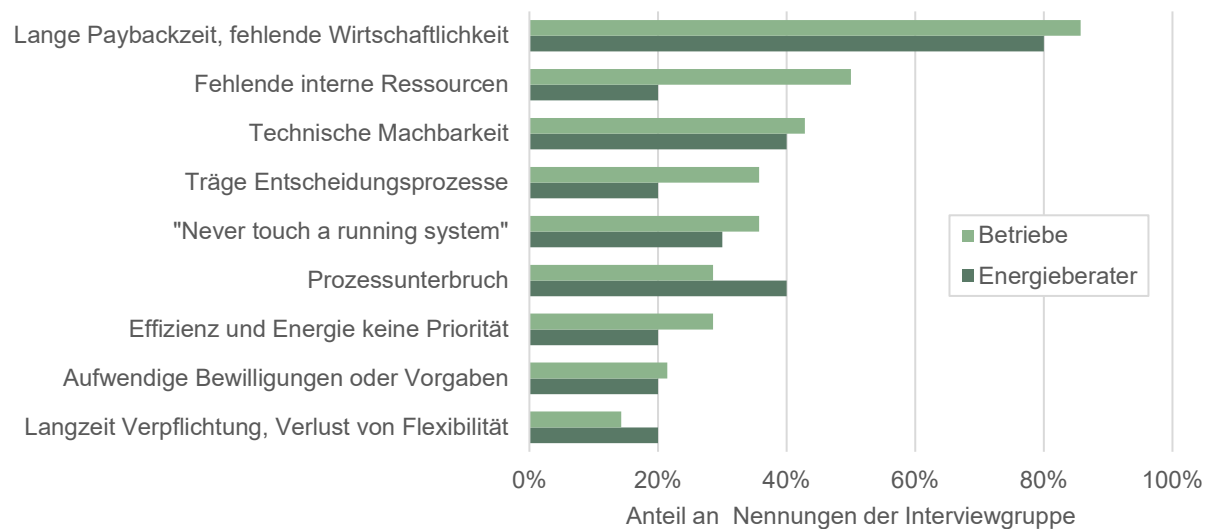


Abbildung 14 Hemmnisse für die Umsetzung von Massnahmen aus Sicht der Energieberater und der Betriebe (Anteil der Nennung innerhalb der Interviewgruppe)

Die fehlende Wirtschaftlichkeit wurde von beiden Interviewgruppen als die grösste Hürde für die Umsetzung von energieeffizienzsteigernden Massnahmen genannt. Die Unternehmen sind zurückhaltend, wenn es um lange Amortisationszeiten geht, oder sie investieren ihre Mittel eher in strategische Geschäftsbereiche, die sich direkt auf die eigentliche Einnahmequelle auswirken, wie z. B. den Verkauf von Produkten. Für die meisten Unternehmen muss sich die Investition innerhalb von 5 Jahren amortisieren; das ist eine kurze Zeitspanne im Vergleich zu Eigenheimbesitzern, die mit einer Amortisationszeit von 15 Jahren für eine Photovoltaik-Anlage rechnen. Aufgrund

Fehlende Wirtschaftlichkeit ist das grösste Hemmnis; die Unternehmen erwarten einen Payback innerhalb von fünf Jahren

der seit dem Jahr 2022 gestiegenen Energiepreise nimmt die Wirtschaftlichkeit vieler Massnahmen zu.

Aus Sicht der Unternehmen ist der Mangel an Ressourcen das zweitwichtigste Hemmnis für die Planung und technische Umsetzung von Massnahmen, da dies in der Regel viel Know-how und den Einsatz der eigenen Mitarbeiter erfordert, die oft mit dem Tagesgeschäft stark ausgelastet sind. Wenn Unternehmen ihr Personal aufzustocken versuchen, wird ein weiteres Problem deutlich, nämlich der Mangel an qualifizierten Arbeitskräften.

Fehlende Ressourcen: Personal und Know-how

Die technische Machbarkeit der empfohlenen Massnahmen ist für die Betriebe ebenfalls relevant. Unter diesem Hemmnis sind Platzmangel oder die zu hohe Komplexität zu verstehen, die die Umsetzung der jeweiligen Massnahme mit sich bringen würde. Zwei Energieberater und ein Betrieb fügten hinzu, sie hätten die Erfahrung gemacht, dass einige der empfohlenen Massnahmen technisch nicht durchführbar seien.

Technische Machbarkeit der empfohlenen Massnahmen

Massnahmen, die eine Prozessunterbrechung verursachen oder funktionierende Prozesse stören, stellen ein Hemmnis dar. Die Prozessunterbrechung könnte zu neuen Problemen führen – die Unternehmen halten sich an das Motto "never touch a running system". Solange jedoch die Qualität des Endprodukts nicht beeinträchtigt wird, sind die Betriebe der Ansicht, dass diese Unterbrüche keine relevanten Hindernisse darstellen. Probleme können jedoch auftreten, wenn ältere Anlagen umgebaut werden, für die es keine Ersatzteile mehr gibt.

Prozessunterbruch für Betriebe weniger relevant

Die fehlende Priorität von Energie im Unternehmen wird auch als ein Hemmnis genannt. Dabei ist zu beachten, dass die hier befragten Energieberater jene Betriebe beraten, die das Thema Energie auf ihrer Agenda haben, weil sie sich entweder über Zielvereinbarungen mit der EnAW oder auch freiwillig mit dem Thema beschäftigen. Auch die Mehrheit der befragten Betriebe beschäftigen sich mit Energiethemen, doch gaben sie an, dass die Energiepreise bis vor kurzem zu niedrig waren, um umfangreiche Investitionen in diesem Bereich zu tätigen. Aufgrund der heutigen Energiekrise gewinnen Energiefragen jedoch an Bedeutung und ermöglichen neue Handlungsspielräume für die Umsetzung von Massnahmen.

Energiethemen gewinnt an Bedeutung

Ein untergeordnetes Hemmnis für die Umsetzung von Massnahmen, mit denen sich die Unternehmen konfrontiert sehen, ist der zusätzliche Aufwand durch den Bewilligungsverfahren. Vereinzelt wird befürchtet, dass zukünftige Anpassungen von Prozess- oder Energiesystemen durch die Wärmerückgewinnungsmassnahmen behindert werden könnten.

Bewilligungsverfahren und fehlende Flexibilität weniger relevant

Durch die Befragung der Experten werden die Hemmnisse durch die folgenden Punkte ergänzt:

Befragung der Experten zu Hemmnissen

- Unvollständige oder unübersichtliche Pinch-Berichte mit unklaren Massnahmen können dazu führen, dass Betriebe keine Massnahmen umsetzen.
- Kommunikationsprobleme zwischen Pinch-Berater und Umsetzungspartner können dazu führen, dass das Pinch-System (Heat Exchange Network) vom Umsetzungspartner nicht interpretiert und umgesetzt werden kann.

Kurzantwort

Die wichtigsten Hemmnisse sind die Wirtschaftlichkeit, die fehlenden internen Ressourcen und die Tatsache, dass die Massnahmen nicht immer technisch umsetzbar sind. Aus Sicht der Unternehmen gewinnt das bisher weniger wichtige Thema Energie durch den aktuellen Anstieg der Energiepreise (Stand Herbst 2022) immer mehr an Bedeutung und wird weniger zum Hindernis.

4.5 Anteil und Art der umgesetzten Massnahmen

Evaluationsfrage

Wie viele der aufgrund von Pinch-Analysen empfohlenen Massnahmen wurden umgesetzt? Welche Art Massnahmen setzen die Industriebetriebe um?

Analysen und Resultate

Sowohl die Energieberater als auch die Betriebe wurden zum Anteil der umgesetzten Massnahmen befragt. Die Antworten sind in Abbildung 19 dargestellt.

Befragung von Beratern und Betrieben

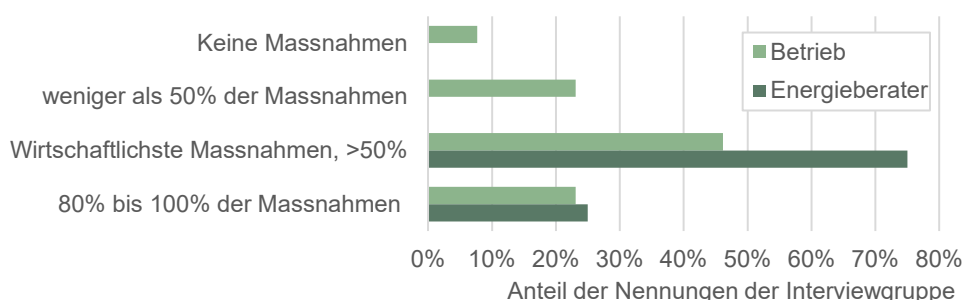


Abbildung 15: Umsetzung der Massnahmen je nach Interviewgruppe (Anteil der Nennung innerhalb der Interviewgruppe; 18 Betriebe, 10 Energieberater)

Die Ergebnisse zeigen, dass fast in allen Fällen die Massnahmen mit dem besten Kosten-Nutzen Verhältnis umgesetzt werden, was etwas mehr als die Hälfte der empfohlenen Massnahmen betrifft. Mehrere Betriebe gaben an, die restlichen Massnahmen wahrscheinlich zu einem späteren Zeitpunkt umzusetzen. Die Betriebe, die 80% bis 100% der Massnahmen umgesetzt haben, hatten eine detaillierte Pinch-Analyse durchgeführt und den Pinch-Berater bei der Umsetzung einbezogen. Nur ein Betrieb hat aus wirtschaftlichen Gründen und den noch andauernden betriebsinternen Entscheidungsprozessen noch keine Empfehlung umgesetzt.

Relevante Umsetzung von Massnahmen

Ein Drittel der befragten Energieberater konnte keine Auskunft zur tatsächlichen Umsetzung der Massnahmen geben, da ihr Beratungsmandat nach der Abgabe der Pinch- oder Grobanalyse beendet war. Die Antworten der restlichen Energieberater stimmten grösstenteils mit den Antworten der Betriebe überein.

Bestätigung durch Befragung der Berater

Einen Hinweis auf die Umsetzung von Massnahmen könnten auch die Anträge für die Förderung der Umsetzungsbegleitung von November 2021 bis Dezember 2022 sein. Nach Angaben des Verantwortlichen des BFE wurden

Wenig Nachfrage bei Umsetzungsbegleitung

bisher nur sehr wenige Umsetzungsbegleitungen gefördert. Die wenigen Förderanträge betrafen zudem vor allem Betriebsoptimierungen, die keine Pinch-Analyse erfordert hätten. Einige Betriebe wurden dazu befragt und gaben an, dass ihnen diese Förderung nicht bekannt war. So ist davon auszugehen, dass zahlreiche Massnahmen ohne die Umsetzungsbegleitung durchgeführt wurden.

In Abbildung 23 sind die umgesetzten Massnahmen dargestellt. Am häufigsten werden Massnahmen zur Wärmerückgewinnung sowohl im Bereich der Prozessoptimierung als auch im Versorgungsbereich durchgeführt. Der Kosten-Nutzen-Faktor dieser Massnahmen wurde von den Unternehmen als sehr hoch eingeschätzt. Insgesamt betrachtet werden am häufigsten Massnahmen auf der Versorgungsebene umgesetzt («Utilities»), die die Prozesse mit Wärme und Kälte versorgen und weniger direkt in die Prozesse selbst eingreifen.

Art der umgesetzten Massnahmen

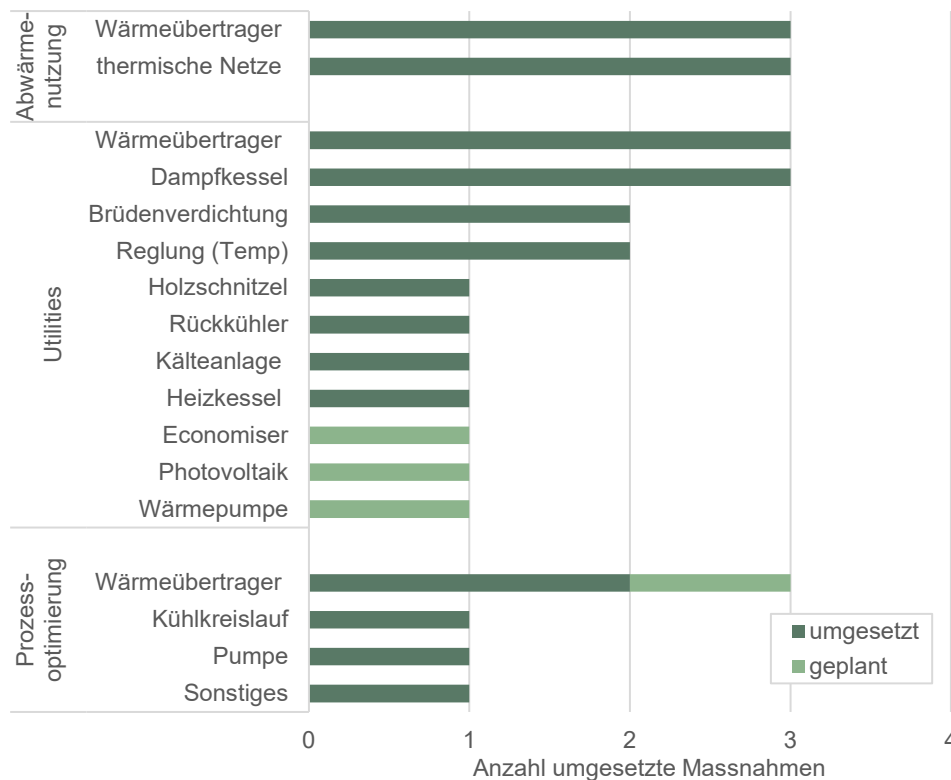


Abbildung 16 Anzahl der umgesetzten Massnahmen in den Kategorien Abwärmennutzung, Utilities und Prozessoptimierung

Kurzantwort

Die Betriebe setzen zumindest die Massnahmen mit dem besten Kosten-Nutzen um. Es werden viele Massnahmen bei den Utilities umgesetzt, da sie einfach umzusetzen sind und die empfindlichen Prozesse nicht verändern. Betriebe, die eine detaillierte Pinch-Analyse durchgeführt haben und bei der Umsetzung vom Pinch-Berater weiterhin begleitet werden, setzen einen Grossteil der Massnahmen um.

4.6 Mitnahmeeffekte bei der Massnahmenumsetzung

Evaluationsfrage

Wurden durch Pinch ohnehin geplante Effizienzmassnahmen zeitlich vorgezogen und/oder in grösserem Umfang verwirklicht? Wie viele der unterstützten Industriebetriebe hätten auch ohne Pinch-Analysen die entsprechenden Massnahmen umgesetzt?

Analysen und Resultate

Beide Interviewgruppen waren sich einig, dass die umgesetzten Massnahmen ohne Pinch-Analysen gar nicht oder nicht im gleichen Umfang umgesetzt worden wären. Nur ein Unternehmen und ein Energieberater gaben an, dass die meisten Massnahmen von einem sehr erfahrenen Berater hätten ermittelt werden können. Im Folgenden werden die Gründe dafür von der Befragung aller Interviewgruppen zusammengefasst.

Geringe Mitnahmeeffekte

Der Hauptgrund für die geringen Mitnahmeeffekte ist, dass durch die detaillierte Analyse und ganzheitliche Betrachtung des Betriebs neue Potenziale identifiziert werden, die durch oberflächliche Energieberatungen nicht aufgedeckt werden. Es versteht sich von selbst: Sind die möglichen Potenziale und Massnahmen vor der Beratung gar nicht bekannt, wären sie ohne die Beratung nicht umgesetzt worden.

Aufzeigen neuer Potenziale

Teilweise waren grobe Potenziale schon im Vorfeld bekannt, aber nicht die konkreten Massnahmen. In der Regel liefert die Pinch-Analyse konkrete und faktenbasierte Lösungen, auf welche die Betriebe vertrauen können. So müssen sie nicht nach «trial and error» vorgehen.

Faktenbasierte Lösungen

Im kleineren Ausmass werden in den Beratungen auch Massnahmen identifiziert und empfohlen, die den Betrieben bereits bekannt waren. Hier trägt die Pinch-Analyse dazu bei, dass die Massnahmen eher umgesetzt werden, in dem das Thema Energie im Rahmen der Pinch-Analyse konkret im Unternehmen Aufmerksamkeit erhält und das Management durch eine offizielle, vom BFE unterstützte Analyse, eher von der Umsetzung überzeugt werden kann.

Vertrauen und Überzeugung Management

Kurzantwort

Der Mitnahmeeffekt ist sehr gering, da neue Massnahmen erst durch die Pinch-Analyse identifiziert bzw. geplante Massnahmen optimierten oder verworfen werden konnten.

4.7 Wirkung der Massnahmen

Evaluationsfrage

Wie hoch ist die Wirkung der Massnahmen, die dank Pinch-Analysen umgesetzt wurden (Energieeinsparung und Verminderung des CO₂-Ausstosses)?

Analysen und Resultate

Die Befragung der Betriebe zu den Energieeinsparungen durch die Umsetzung der Massnahmen war bezüglich der Einsparungen wenig ergiebig. Obwohl die Massnahmen den Unternehmen vorgelegt wurden, konnten sie zwar einige der umgesetzten Massnahmen benennen, aber ihre Wirkung war

Befragung der Betriebe

nicht immer bekannt. Die Befragung zeigte auf, wie unterschiedlich die Betriebe mit der Überwachung ihrer Energiedaten verfahren. Es gab nur vier Unternehmen, die Angaben zu CO₂-Einsparungen machen konnten. Die restlichen Unternehmen kannten nur den Gesamtenergieverbrauch, haben teilweise diverse weitere Energieeffizienzmassnahmen umgesetzt und konnten die Einsparungen nicht den umgesetzten Massnahmen zuordnen.

Hinweise auf die Wirkung von Massnahmen kann von der Analyse der *empfohlenen* Massnahmen gewonnen werden. Die Analyse der empfohlenen Massnahmen von 78 Betrieben (siehe auch Unterkapitel 4.3) zeigt, dass die Umsetzung dieser Massnahmen zu einer Einsparung von insgesamt 431 GWh/a führen würde (thermisch und elektrisch, siehe Abbildung 18). Die thermischen Einsparungen machen naturgemäss den überwiegenden Anteil aus. Massnahmen im thermischen Bereich führen jedoch oft zu Einsparungen von Strom, die üblicherweise nicht ausgewiesen werden. Durch eine Wärmerückgewinnung wird immer thermische Energie bei der Wärme und Kälte eingespart. Letzteres führt praktisch immer zu Stromeinsparungen, beispielsweise durch reduzierte Kälteanlagen-, Pumpen-, Ventilator- oder Rückkühlleistung.

Empfohlene Massnahmen in 78 Betrieben: Jährliche Energieeinsparung von 431 GWh/a

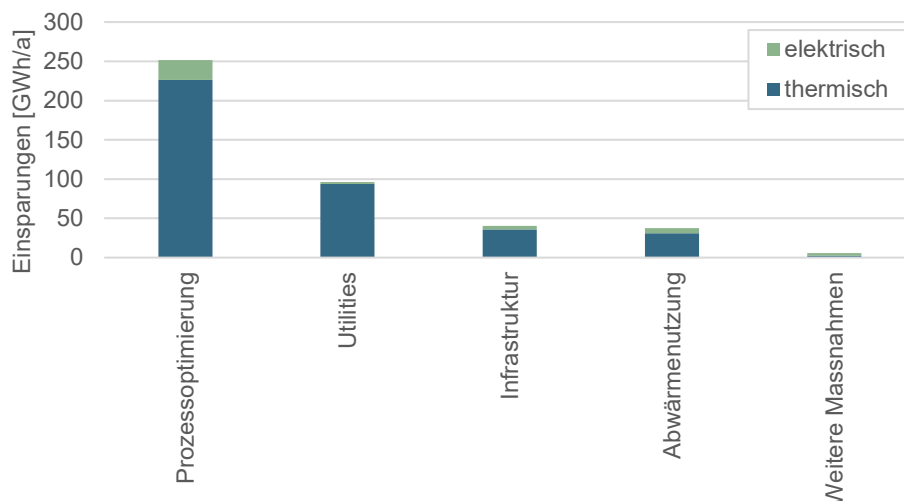


Abbildung 17 Jährliche Energieeinsparungen thermisch und elektrisch nach Kategorie. Total 78 Betriebe, 410 empfohlene Massnahmen, gesamte Einsparungen 431 GWh/a.

Pro Betrieb würden die empfohlenen Massnahmen 22% der thermischen Energie sparen (Median; nachstehende Abbildung 19). Die Abbildung zeigt, dass die Bandbreite je nach Betrieb sehr gross ist und von 0% bis zu knapp 60% reicht:

Prozentuale Einsparung der thermischen Energie 22%

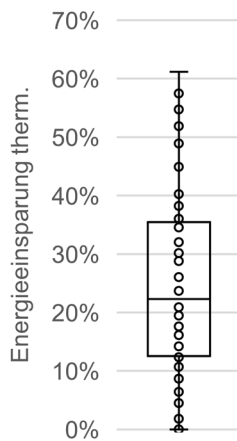


Abbildung 19 Relative thermische Energieeinsparungen in Prozent pro Betrieb.

In Abbildung 20 sind zudem die CO₂-Vermeidungskosten über eine mittlere Lebensdauer der Massnahmen von 10 Jahren dargestellt. Die CO₂-Vermeidungskosten werden wie folgt berechnet:

$$\text{Vermeidungskosten} = \frac{\text{Investkosten} - (\text{jährl. finanzielle Einsparungen} \cdot \text{Lebensdauer})}{\text{jährl. CO}_2 \text{ Einsparungen} \cdot \text{Lebensdauer}}$$

CO₂-Vermeidungskosten für alle Massnahmen liegt bei -274 Fr./t CO₂ (Median)

Die Auswertung ergibt über alle Kategorie negative Vermeidungskosten. Das bedeutet, dass die empfohlenen Massnahmen über die gesamte Lebensdauer betrachtet gleichzeitig CO₂ und Kosten einsparen. Über alle Massnahmen betrachtet wird im Median 274 Fr./t CO₂ eingespart, d.h. die Massnahmen sind über die Lebensdauer der Massnahmen betrachtet hochrentabel.

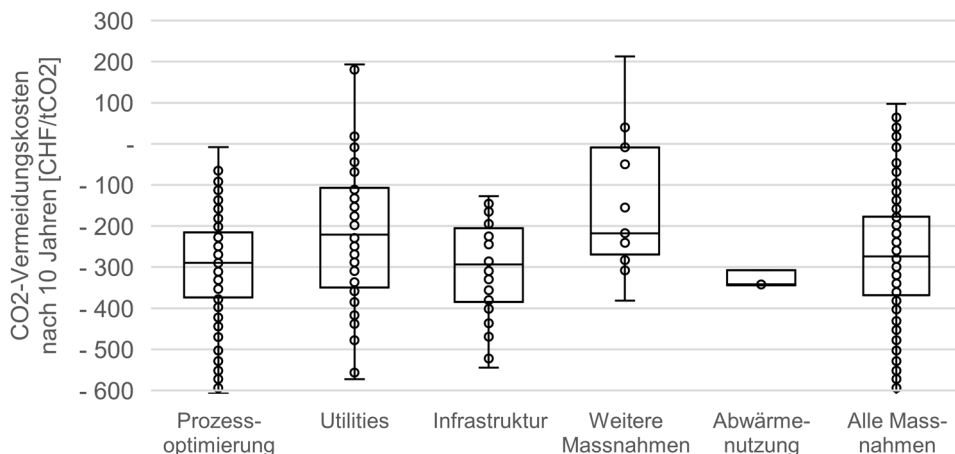


Abbildung 18 Kosten pro reduzierte t CO₂ für die Lebensdauer der Massnahmen von 10 Jahren nach Kategorie. Negative Vermeidungskosten bedeuten, dass die Einsparung über die Lebensdauer nicht kostet, sondern Kosteneinsparungen verursacht

Kurzantwort

Im Rahmen der Befragungen konnte nicht erhoben werden, welche Massnahmen umgesetzt wurden und welches ihre Wirkung war.

Die Analysen zu den empfohlenen Massnahmen in 78 Betrieben zeigen, dass diese zu einer Einsparung von gut 20% der thermischen Energie pro Betrieb führen würden (Median). Insgesamt würde dies in diesen 78 Betrieben über 430 GWh/Jahr an Einsparungen bedeuten. Die CO₂-Vermeidungskosten über eine mittlere Lebensdauer von 10 Jahren liegen bei -274 Fr./t CO₂. Die negativen Kosten bedeuten, dass die CO₂-Vermeidung über die Lebensdauer der Massnahme keine Kosten verursacht, sondern im Gegenteil hoch rentabel ist.

4.8 Nebenwirkungen

Evaluationsfrage

Was sind die positiven oder negativen Nebeneffekte einer Pinch-Analyse?

Analysen und Resultate

Die durch Pinch-Analysen ausgelösten Nebeneffekte werden von Betrieben und Beratern überwiegend als positiv empfunden. Als einzig negativer Aspekt wurde der hohe Aufwand des betriebsinternen Personals für die Pinch-Analyse erwähnt. Dieser negative Aspekt ist jedoch nicht als Nebenwirkung zu werten, sondern entspricht dem Aufwand oder den Kosten der Analyse, der dem Nutzen gegenüberzustellen ist.

Nebenwirkungen
überwiegend positiv

Die befragten Unternehmen, die eine Pinch-Analyse durchgeführt haben, waren alle zufrieden mit dem Prozess der Pinch-Analyse und dem engen Austausch mit dem Energieberater. Selbst in dem Fall, dass die empfohlenen Massnahmen teilweise nicht umsetzbar waren, wurde die Durchführung der Pinch-Analyse als wertvoll erachtet und die folgenden Nebeneffekte als sehr positiv bewertet:

Befragung Betriebe

- Übersicht der eigenen Prozesse: Die systematische Datenerfassung und die detaillierte Dokumentation der Prozesse und des Energieverbrauchs werden als wertvoll eingeschätzt. Oft haben die Unternehmen keine oder nur sehr unvollständige Daten über den Betrieb. Durch die ganzheitliche Betrachtung des Energieverbrauchs auf Prozess- und Versorgungsebene liefert die Pinch-Analyse ein vollständiges Bild der Energiesituation im gesamten Werk. Das schafft Sicherheit und Klarheit über das Potenzial von Massnahmen, man kann besser priorisieren und vorausplanen, ohne Potenziale zu verbauen.
- Finanzielle Einsparungen: In den meisten Betrieben werden Massnahmen mit einer kurzen Payback-Zeit identifiziert. So führt die Umsetzung der Massnahmen zu teilweise sehr attraktiven Einsparungen.
- Know-How Transfer und Sensibilisierung: Die Pinch-Analyse erfordert die Einbindung von betriebseigenem Personal, das die Prozesse und Energiesysteme kennt. Durch die enge Interaktion mit dem Pinch-Berater und

die Beantwortung seiner Fragen wird einerseits das Personal in Energiethemen geschult und sensibilisiert. Andererseits werden die zum Teil veralteten Prozesse durch die Fragen und den Blick von aussen hinterfragt.

- Untersuchung anderer Energie- und Ressourcenthemen: Einige Betriebe werden durch eine Pinch-Analyse motiviert, weitere Analysen zu Strom- oder Wassereinsparungen durchzuführen.

Schliesslich gaben einige Unternehmen an, dass die Pinch-Analyse als Ausgangspunkt für eine Netto-Null-Strategie des Unternehmens verwendet wird.

Ergänzungen aus der Befragung der Energieberater

Die Energieberater ergänzten aus ihrer Sicht folgende zwei Aspekte:

- Gewinnung Energiepartner: Eine erfolgreiche Pinch-Analyse basiert auf einem sehr guten und vertrauensvollen Austausch zwischen dem Energieberater und den Mitarbeitenden des Unternehmens. Das Unternehmen gewinnt einen vertrauenswürdigen Energiepartner, der durch die Analyse die Prozesse sehr gut kennengelernt hat und die Umsetzungsphase durch seine Energiekompetenz unterstützt.
- Betriebsoptimierung: Die generelle Betriebsoptimierung ist nicht die Aufgabe der Pinch-Analyse. Oft haben die Energieberater aber trotzdem den Blick auf weitere Betriebsoptimierungen - z.B. die Wärmedämmung von Rohrleitungen - und kann hier weitere Empfehlungen abgeben.

Kurzantwort

Die drei am meisten genannten Nebeneffekte sind: 1) Eine aktualisierte und detaillierte Analyse des Energiehaushaltes, 2) Know-How Transfer und Schulung des Personals und 3) Anstoss von weiteren Massnahmen in den Bereichen Strom, Wasser und Net-Zero Roadmaps.

4.9 Erreichung der Zielgruppe

Evaluationsfrage

Wie können die Betriebe besser erreicht werden?

Analysen und Resultate

Die Energieberater und Experten wurden zunächst gefragt, mit welchen Massnahmen die Betriebe generell besser erreicht werden könnten (Fokus auf Multiplikatoren und Kanäle). Die Energieberater und Experten schlugen folgende Massnahmen vor:

Sicht der Energieberater und Experten

- Zielgruppe
 - Bessere Informationsvermittlung, in der der Kundennutzen im Fokus steht und der Inhalt besser an die Zielgruppe angepasst wird (z.B. Managementebene oder Techniker)
 - Den Kundenpool von EnAW und ACT ausschöpfen
- Multiplikatoren und Kanäle
 - Direktkontakte der Betriebe durch EnAW-Moderatoren oder Energieberater steigern

- Mehr Pinch-Berater ausbilden, z.B. durch neue Bildungsangebote oder Ergänzung von bestehenden Weiterbildungen
- «Normale» Energieberater verstärkt als Multiplikatoren einsetzen: Minimum an Wissen vermitteln, damit sie Pinch empfehlen können
- Neue Kanäle nutzen, um Betriebe zu erreichen, z.B. über Verbände, Fachzeitschriften, Tagungen, kantonale Energieagenturen
- Weiteres
 - Pinch Demonstrator: Die Versuchsanlage ermöglicht es, die von Pinch vorgeschlagenen theoretischen Konzepte in der Realität zu testen und die Auswirkungen z.B. von falsch dimensionierten Wärmeübertragern oder schlecht verknüpften Energieströmen im Experiment zu sehen. Die Integration der Versuchsanlage in den Pinch-Kurs soll das technische Verständnis des Energieberaters fördern. Darüber hinaus kann sie helfen, Betriebe zu überzeugen, indem sie zeigt, wie durch eine optimale Auslegung nach dem vorgeschlagenen Pinch-Konzept Energie eingespart werden kann.

Die früh von den Energieberatern vorgeschlagenen Massnahmen wurden durch die Betriebe in ihrer Relevanz bewertet (siehe nachstehende Tabelle 4). Die Betriebe bewerten den Direktkontakt als besten Kanal und schätzen die Zusammenarbeit mit der EnAW als besonders wichtig ein. Von den neuen Kanälen schätzen sie vor allem die Energieagenturen der Kantone als wichtig ein. Sie verweisen zusätzlich auf weitere Multiplikatoren, insbesondere auf die Umsetzungspartner:

Input Befragung
Betriebe

Vorgeschlagene Empfehlungen	Rückmeldung der Betriebe	
	Relevanz (keine ○○○ bis sehr●●●)	Ergänzungen
Direktkontakt	●●●	Bester Kanal
EnAW, ACT	●●●	Insbesondere die EnAW ist ein wichtiger Kanal, zu dem alle Grossverbraucher Kontakt haben
Neue Kanäle		Über dritte Dienstleister oder Umsetzungspartner, z.B. HLK, Anlagenbauer, Energieversorger
— Verband	●●○	
— Messen/Tagungen	●○○	
— Kantonale Energieagenturen	●●●	
— LinkedIn, Social Media	●●○	
Anpassung Kommunikation	●●●	

Tabelle 6: Bewertung der von Energieberatern vorgeschlagenen Massnahmen durch die befragten Betriebe

Die Befragung der Betriebe ergab folgende zusätzliche Empfehlungen:

- Pinch bei Studenten und Lehrlingen (zukünftige Betriebsmitarbeiter) bekannter machen
- Informationsveranstaltungen für Umsetzungspartner, Ingenieurbüros und Techniker
- Investoren und Wirtschaftsvereinigungen über Pinch informieren

— Pinch Informationsveranstaltungen online anbieten

Die Akteure wurden zudem spezifischer nach Massnahmen gefragt, damit die Betriebe nicht nur erreicht werden, sondern auch konkret eine Pinch-Analyse durchführen. Bis jetzt wurden die meisten Unternehmen mit Pinch-Analyse über die EnAW gewonnen. Um das Marktpotenzial der Pinch-Analysen auszuschöpfen, müssten mehr Unternehmen auch ausserhalb des EnAW-Kundenpools angesprochen werden. Die Kaltakquise führte bisher gemäss Energieberatern zu einer rund 50% Chance, dass eine Pinch-Analyse durchgeführt wird. Die Befragten wurden nach Empfehlungen gebeten, um die Erfolgsquote von Kaltakquisen zu erhöhen. Laut Energieberater könnten folgende Empfehlungen helfen, um mehr Pinch-Analysen auszuführen:

Erhöhung Erfolg
Kaltakquise

— *Bessere Sales Argumente*: Ein Erfolgsfaktor für die Durchführung einer Pinch-Analyse ist, dass der Energieberater das Unternehmen vom Nutzen der Pinch-Analyse überzeugen kann, obwohl diese aus Sicht des Unternehmens oft einen hohen personellen und finanziellen Aufwand erwarten lässt. Die technischen Details der Pinch-Methode werden vom Energieberater oft im Sinne eines Verkaufsarguments erklärt, aber diese sind im ersten Schritt für das Unternehmen nicht relevant. Zu den Verkaufsargumenten gehört insbesondere auch die Kosteneinsparung. Hier wurde empfohlen, den Betrieben positive Fallbeispiele zu zeigen und zu veranschaulichen, wie dort Kosten eingespart werden konnten.

Verkaufsargumente
schärfen

— *Neuer Begriff für die Methode*: Die Berater meiden den Begriff Pinch eher, da er keine Verbindung zur Art der Analyse schafft und damit zu abstrakt ist. Insbesondere das Management von Industriebetrieben kann sich unter dem Begriff Pinch nichts vorstellen. Daher wurde teilweise vorgeschlagen, einen neuen Begriff zu schaffen. Andere Energieberater wiesen jedoch darauf hin, dass der Begriff "Pinch" sicherstellt, dass die resultierende Energieanalyse und die empfohlenen Massnahmen durch die Anwendung der Pinch-Methode entwickelt werden. Diese sei detaillierter als die konventionelle Energieanalyse und Betriebsoptimierung.

Begriff «Pinch» ist
nicht selbstredend

— *Schlankere Pinch-Produkte*: Eine Pinch-Analyse bedeutet einen finanziellen und personellen Aufwand für das Unternehmen. Mit einem sehr schlanken Start-Angebot könnte die Einstiegshürde verringert werden. Folgende Produkte wurden vorgeschlagen:

Pinch-Produkte

— *Pinch Lockvogel*: Eine stark vereinfachte, schnelle Pinch-Analyse, die auf der Grundlage von Schätzungen und Basisfunktionen ein Pinch-Konzept darstellt und eine Schätzung des Energieeinsparpotenzials angibt, das durch eine Pinch-Analyse vertieft werden kann.

— *Pinch-Small*: Ähnlich wie die bereits geförderte Erweiterung der Grobanalyse würde mit Pinch-Small eine weniger detaillierte Pinch-Analyse durchführt, inkl. Massnahmenempfehlungen.

— *Senkung der Kosten durch Standardisierung der Pinch-Analyse*: Standardisierung der Pinch-Analyse, um den zeitlichen und finanziellen Aufwand zu reduzieren, durch

Standardisierung

- branchenspezifische Lösungsansätze, ähnlich wie bei einem Kochbuch wird der Aufwand für Energieberater und Betrieb reduziert
- Auswahl vordefinierter Lastprofile im Pinch-Tool, die die Prozessanforderungen beschreiben, anstelle der zeitaufwändigen detaillierten Datenerfassung der Prozesse. Diese vordefinierten Lastprofile werden derzeit im vom BFE geförderten Forschungsprogramm SWEET De-CarbCH entwickelt.

Kurzantwort

Die wichtigsten Massnahmen, um mehr Betriebe zu erreichen, sind

- Erhöhung der Anzahl Energieberater und EnAW/ACT-Moderatoren, die die Unternehmen im Direktkontakt über Pinch-Analysen informieren, z.B. durch Aus- und Weiterbildung
- Schärfung der Verkaufsargumente
- Verstärkter Einsatz «normaler» Energieberater und Umsetzungspartnern als Multiplikatoren.

4.10 Umsetzung der Massnahmen

Evaluationsfrage

Wie kann der Anteil umgesetzter Massnahmen gesteigert werden?

Da bereits ein grosser Teil der vorgeschlagenen und wirtschaftlichen Massnahmen umgesetzt wird, geht es bei dieser Evaluationsfrage vor allem um weitere Massnahmen mit hohem Einsparpotenzial und geringerer Wirtschaftlichkeit.

Analysen und Resultate

Die vorgeschlagenen Empfehlungen der Befragten zur Steigerung des Anteils umgesetzter Massnahmen werden in der folgenden Tabelle 5 den genannten Hemmnissen zugeordnet.

Hemmnis	Vorgeschlagene Massnahmen
Fehlende Wirtschaftlichkeit	Input Betrieb — Übersicht über vorhandene Förderungen: Eine bessere Übersicht über vorhandene Förderungen für diverse Massnahmen erleichtert den Zugang zur Förderung. — Angebot alternativer Finanzierung: Die vorhandenen Mittel werden oft in geschäftsorientierte Bereiche investiert und nicht in Energiemassnahmen. Das Angebot von Darlehen, um die hohen Investitionen zu decken, kann diesem Problem entgegenwirken. — Energiefonds: Die durch die Zielvereinbarung eingesparten CO₂-Abgaben werden in einen internen Fonds investiert, der für grössere, unwirtschaftlichere Energiemassnahmen verwendet werden kann. Diese Massnahme wurde durch einen Betrieb vorgeschlagen und bereits erprobt.
Fehlende Ressourcen	Input Betrieb

	— Ganzheitliches Angebot: Die energetische Optimierung von Analyse bis Umsetzung wird an einen externen Energieberater übergeben, um interne Ressourcen zu schonen. Der Energieberater verantwortet und koordiniert alle Angelegenheiten von der Pinch-Analyse bis zur Planung und Umsetzung von Massnahmen im Unternehmen.
Technische Machbarkeit	Input Betrieb — Teamarbeit: Bei der Pinch-Analyse sollte das Betriebspersonal stets beteiligt sein, da dieses die meiste Erfahrung mit den Prozessen und Anlagen hat. Auf diese Weise können Killer-Faktoren früh genug erkannt und realistische Massnahmen entwickelt werden. — Tandem: Unerfahrene Pinch-Berater sollten zu Beginn jeweils durch einen erfahrenen Pinch-Berater begleitet werden, um die technische Machbarkeit von empfohlenen Massnahmen sicherzustellen. Input Energieberater — Umsetzungsbegleitung: Energieberater soll nach der Abgabe der Pinch-Analyse die Umsetzung der empfohlenen Massnahmen begleiten und damit das notwendige Fachwissen einbringen, das im Unternehmen fehlt. Input Energieberater und Experte — Austausch zwischen Energieberater und Umsetzungspartner: Ein kontinuierlicher Austausch zwischen Energieberater und Planer (bzw. Umsetzungspartner) während der Entwicklung der Massnahmen ist wichtig, also schon vor der Abgabe des Berichts, um die technische Machbarkeit früh genug zu prüfen und damit der Planer die Pinch-Analyse und deren Übertragung auf die technische Umsetzung versteht.
Energie keine Priorität	Input Energieberater — Risiken aufzeigen: Bei Unternehmen, die sich nicht mit Energiefragen befassen, sollten die Risiken der Vernachlässigung dieses Themas aufgezeigt werden.
Aufwendige Bewilligungen	Input Betrieb: — Bewilligungsprozesse vereinfachen: Insbesondere bei grösseren energetischen Massnahmen wurde auf den teilweise hohen Aufwand für die Einholung von Bewilligungen hingewiesen. Die Betriebe empfehlen, dies zu vereinfachen und Ausnahmen für erneuerbare Anlagen in der Industrie zu schaffen.
Weitere	Input Experte: — Anreize: Förderung von 100% der Kosten für die Pinch-Analyse mit der Verpflichtung des Betriebes zur Umsetzung von Massnahmen. — Weiterbildungen: Durch Weiterbildungen in Betriebsoptimierung des Betriebsleiters und dem betriebsinternen Personal sollen einfache und kostenwirksame Massnahmen, die keine komplexe Pinch-Analyse erfordern, erkannt und umgesetzt werden. — Executive Summary: Klare und prägnante Zusammenfassungen der Massnahmen anstelle von zu detaillierten und technischen Berichten für das Management.

Tabelle 7: Empfehlungen zur Überwindung von Hemmnissen für eine stärkere Umsetzung der Massnahmen

Kurzantwort

Die wichtigsten Punkte zur Umsetzung weiterer Massnahmen sind:

- Entlastung der internen Ressourcen bei der Massnahmenumsetzung durch weitere Begleitung des Energieberaters oder neue Angebote, welche alle Aufgaben von der Analyse bis zur Umsetzung für die Unternehmen übernehmen.
- Beteiligung des Betriebspersonals, die Begleitung unerfahrener Berater durch erfahrene Berater sowie Austausch zwischen Energieberatern und Umsetzungspartnern, um die technische Machbarkeit der empfohlenen Massnahmen zu gewährleisten.

Bei diesen Kurzantworten ist daran zu erinnern, dass die empfohlenen Massnahmen in der Regel bereits recht gut umgesetzt werden (siehe Kapitel 4.5). Deshalb liegt das grösste Potential in der Durchführung von mehr Analysen.

Rückmeldungen der Befragten zur Förderung

Durch Gespräche mit den Energieberatern und Betrieben ergaben sich Erkenntnisse darüber, wie sie die Förderung der Pinch-Analyse bewerten, was sich bewährt hat und wo sie noch Verbesserungsbedarf sehen.

Die Höhe der Förderung für die Pinch-Analysen wird von der Mehrheit der befragten Betriebe und Energieberater als angemessen eingestuft. Die meisten Berater finden die erweiterte Grobanalyse und die dafür zugesprochene Fördersumme als sinnvoll. Nur ein Energieberater wünschte sich, dass die Grobanalyse – wie ursprünglich vorgesehen – nur das Potenzial aufzeigt, welches danach in einer vertieften Pinch-Analyse untersucht wird.

Produkte und Fördermittel für Pinch Analyse

Der Förderantrag wird in der Regel durch die Energieberater gestellt, dadurch haben die Betriebe wenig Direktkontakt mit dem BFE. Der bisherige Ablauf für die Antragstellung wurde von den Energieberatern in den letzten Jahren als weitgehend unkompliziert angesehen. Einige Energieberater berichteten, dass in einigen Fällen die Bedingungen für die Förderung nicht einheitlich waren. In einigen Fällen wurde mehr verlangt als ursprünglich vereinbart. In anderen Fällen erhielten verschiedene Personen für ein und denselben Fall unterschiedliche Erklärungen und Bedingungen, die zu befolgen waren. Daher wurde der Wunsch geäussert, die Förderkriterien und die erwarteten Ergebnisse für alle Antragsteller unmissverständlich und einheitlich zu formulieren, insbesondere für die Förderung von erweiterten Grobanalysen. Der verantwortliche Mitarbeiter des BFE führt diese Aussagen darauf zurück, dass er seit der Übernahme der Verantwortung für die Förderung auf die Einhaltung der Verträge und Förderbedingungen bestehe und dies vorher nicht immer der Fall war.

Antragstellung

Für die bessere Planungssicherheit und Massnahmenumsetzung wünschen sich einige Betriebe vom Bund eine klarere Strategie zur Dekarbonisierung

Strategie Dekarbonisierung Schweiz

der Industrie mit einer detaillierten Beschreibung der Massnahmen, der geplanten Förderinstrumente und der Rolle der Betriebe. Dies ist für die Betriebe wünschenswert, um die richtige Strategie für den eigenen Standort definieren zu können.

5. Empfehlungen

Es besteht ein grosses noch unerschlossenes Marktpotenzial für Pinch-Analysen in der Schweizer Industrie. Im Zeitraum von 2007 bis 2020 haben etwa 220 Unternehmen eine vom BFE geförderte Pinch-Analyse durchgeführt. In den energieintensivsten Branchen gibt es zusätzlich rund 350 Betriebe mit sehr hohem Verbrauch und 550 Betriebe mit hohem Verbrauch, die grundsätzlich für Pinch-Analysen geeignet sind. In den übrigen Sektoren kommen noch weitere Betriebe dazu. Das Potenzial ist also gross. Damit stellt sich die Frage, wie dieses erschlossen werden kann und soll.

Bestehendes Marktpotenzial ist gross und sollte besser ausgeschöpft werden

Die Beantwortung der Evaluationsfragen hat gezeigt, dass viele Elemente der Wirkungskette der Pinch-Analysen als positiv beurteilt werden können (siehe Tabelle 6). Es besteht ein grosses und noch nicht erschlossenes Marktpotenzial. Kontaktierte Unternehmen bestellen sehr oft eine Analyse, und fast alle erhalten daraus eine Liste an konkreten Massnahmen. Wenn sie die Massnahmen umsetzen, sind die Mitnahmeeffekte gering.

Positive Beurteilung vieler Elemente der Wirkungskette

Wirkungskette	Beurteilung Status Quo
Es besteht ein noch nicht erschlossenes Marktpotenzial.	● ● ● ● ●
Der Betrieb erfährt von Pinch.	● ● ○ ○ ○
Der Betrieb bestellt Analyse.	● ● ● ● ○
Der Betrieb erhält Massnahmenempfehlungen.	● ● ● ● ●
Der Betrieb setzt Massnahmen um und erzielt energ. Wirkung.	● ● ● ○ ○
Die Massnahmen sind additionell.	● ● ● ● ○

Tabelle 8: Zusammenfassung der Beurteilung der Wirkungskette zur Pinch-Förderung

Die Schwachstellen in der Kette sind folgende:

- Die grösste Schwachstelle ergibt sich ganz zu Beginn: Pinch-Analysen sind noch nicht bekannt. Die Energieberater verwenden keine Zeit für zusätzliche Akquisitionen, da sie auch ohne genügend Arbeit haben. Qualifizierte Energieberater und die Ansprache von Unternehmen bilden somit einen wichtigen Flaschenhals.
- Eine weitere Schwachstelle ergibt sich bei der Umsetzung der Massnahmen. Es werden zwar in sehr vielen Betrieben Massnahmen umgesetzt, aber oft beschränkt sich die Umsetzung nur auf die Massnahmen mit äusserst kurzen Amortisationszeiten. Zudem werden vor allem die Massnahmen in der Energieversorgung und weniger in der Prozessoptimierung umgesetzt. Hier besteht ein relevantes energetisches Potenzial.

Im Folgenden werden auf der Grundlage der beantworteten Evaluationsfragen Empfehlungen formuliert. Sie verfolgen das Ziel, die oben dargestellte Wirkungskette der Pinch-Analysen zu stärken durch eine Steigerung

- der Ansprachen von Unternehmen,
- der Anzahl Analysen und
- beim Anteil umgesetzter Massnahmen.

Die Struktur der Empfehlungen folgt dem Modell der 5 «P» von Marketingstrategien, leicht angepasst auf die vorliegende Fragestellung. Dies sind

1. Produkt: Palette, Inhalte, Qualität
2. Preis: Preisstrategie, Förderungen
3. Placement (Vertrieb): Distributionskanäle, Absatzweg
4. Promotion: Kommunikation zur Verkaufsförderung, wie bspw. Werbung, Medienarbeit, Veranstaltungen
5. Personen: Fachkräfte für Durchführung Pinch-Analysen und Umsetzung der Massnahmen im Unternehmen

Wir empfehlen, dass die Erkenntnisse und Ideen aus der vorliegenden Evaluation in einer Marketingstrategie vertieft und im Detail ausgearbeitet werden. In der folgenden Tabelle werden auf der Grundlage der beantworteten Evaluationsfragen Empfehlungen für eine Marketingstrategie präsentiert. Sie soll als Basis für eine Ausschreibung zur Ausarbeitung einer Marketingstrategie dienen.

Zielgruppe: Unternehmen	Heutiger Stand, bisherige Erkenntnis	Neue Erkenntnisse, Empfehlungen	Offene Fragen
Bedürfnisse /Probleme	Viele Grossverbraucher haben sich zu Zielvereinbarungen zur Reduktion von CO₂ verpflichtet, um von der CO₂ Abgabe befreit zu werden. Dafür müssen sie Energieeffizienzmassnahmen durchführen. Problem: Fehlende interne Ressourcen und Kenntnisse, um sich um Energiethemen zu kümmern. Sie brauchen personelle Unterstützung, auch bei der Umsetzung.	Die Bedürfnisse bleiben bestehen, die aktuell hohen Energiepreise steigern das Interesse der Unternehmen. Die Hemmnisse für die Durchführung einer Analyse sind: — Mangel an internen Ressourcen (Zeit, Personal) — Tiefe Priorität von Energiethemen im Unternehmen — Einige Massnahmen sind bereits umgesetzt — Externe Beratung unnötig, da genügend interne Ressourcen vorhanden — Ungewisses Ergebnis und darum auch ungewisser Mehrwert für das Unternehmen nach einer aufwendigen Pinch-Analyse	— Hat man einen Anstieg an Förderung für Pinch-Analysen im zweiten Halbjahr 2022 gespürt?
Produkt	Produktpalette — Grob-Analyse — Detaillierte Pinch Analyse Ursprünglich war angedacht, dass die Grob-Analyse nur die Erhebung des Potenzials umfasst. In der Praxis beinhalten nun aber beide Angebote eine Prozessanalyse und konkrete Massnahmenempfehlungen.	Produktpalette Erarbeitung eines attraktiven Sets an Angeboten, abhängig von der Anzahl und Komplexität der Prozesse und vom Energieverbrauch des Betriebs. Ein erster Entwurf lautet: — <i>Pinch-Analyse Large</i> für Grossverbraucher und komplexe Betriebe, wie bereits gefördert. — <i>Pinch-Analyse Standard</i> für mittlere Betriebe. Dieser Typ von Pinch-Analysen entspricht einer erweiterten Grobanalyse mit Massnahmenempfehlungen. — <i>Pinch-Analyse Small</i> für mittlere Betrieb mit wenigen Prozessen und für kleine Betriebe. Der Energieberater erstellt anhand von branchenspezifischen, vordefinierten Prozessprofilen und den realen Energiebedarfsdaten ein einfaches Pinch-Konzept und entwickelt Massnahmen (siehe dazu auch Anhang A3). Die Ergänzung der beiden bestehenden Produkte um ein vereinfachtes Produkt wird als sinnvoll erachtet. Zu klären gilt, wie die unterschiedlichen Produkte vermarktet werden sollen (siehe rechts offene Fragen).	Produktpalette — Wie definiert man die Zielgruppe für die einzelnen Typen von Pinch-Analysen? Ist es sinnvoll die Unternehmen nach Energieverbrauch zu unterteilen, oder nach Branchen und ähnlichen Prozesse? — Ist die Unterscheidung in 3 Produkte sinnvoll, oder ist es in der Vermarktung sinnvoller einen einzigen Namen zu wählen und je nach Komplexität einfach einen anderen Tiefgang und anderen Preis zu wählen? — Braucht es zusätzlich zur vorgeschlagenen Produktpalette eine (gratis) Grobabschätzung des Potenzials? Oder hat der Versuch mit der Grobanalyse gezeigt, dass dies nicht funktioniert?

	Qualität — Ein Hemmnis für die Massnahmenumsetzung ist die Realisierbarkeit der empfohlenen Massnahmen. Diese ist nicht immer gegeben. — Die Analyse-Berichte wurden teilweise als zu technisch kritisiert.	Qualität — Anforderungen an die Akkreditierung erhöhen. Einfordern, dass die ersten Analysen von neuen Beratern durch erfahrene Berater begleitet werden. — Vorlage von EnergieSchweiz für den Analysebericht, inklusive Executive Summary und eines Beispiels dafür	Qualität
	Umfang des Produktes Die Pinch-Analyse beinhaltet heute nur den Teil der Analyse.	Umfang des Produktes — Um die Chancen der Umsetzung der Massnahmen zu erhöhen und die Qualität der Massnahmenumsetzung zu erhöhen, könnte der Transfer der Erkenntnisse von Energieberater an Umsetzungspartner als integralen Bestandteil des Produktes angeboten werden (1 Übergabesitzung vor Ort als Teil des Standardpaketes). — Kontinuierliche Begleitung: Es kann geprüft werden, ob eher Gesamtpakete angeboten werden sollen, also die Durchführung der Analyse inkl. der Umsetzung von Massnahmen. Solche Angebote könnten nur durch wenige Firmen in der Schweiz angeboten werden.	Umfang des Produktes — Ist die Ergänzung des Pakets durch eine Übergabesitzung sinnvoll? Oder eher abschreckend für Kunden, weil der Preis etwas höher ist oder die Kunden denken, dass sie in einer Pauschale etwas bezahlen, dass sie dann ev. nicht brauchen werden?
Preis	Preis Heutige Kosten: Grob-Analyse bis 10'000 Fr., detaillierte Pinch-Analyse um 40'000 Fr.	Preis Die Kosten für die Analyse werden kaum je als Hemmnis genannt. Deshalb besteht hier kein besonderer Handlungsbedarf zur grundsätzlichen Anpassung der Preispolitik.	Preis — Wie teuer ist die Pinch-Analyse Small?
	Förderung Heutige Förderung: Grob-Analyse 60% Förderung, detaillierte Pinch-Analyse 40%.	Förderung Da der Preis kein Hindernis darstellt, könnte geprüft werden, ob die Förderhöhe gesenkt werden kann. Energieberater berichten, dass die Bedingungen für die Förderung der Grobanalysen nicht immer einheitlich waren. Daher sollen die Förderkriterien und die erwarteten Ergebnisse für jedes Produkt klar definiert und publiziert werden.	Förderung — Wie stark soll die Pinch-Analyse Small gefördert werden? — Welche Nachteile würden sich aus einer Reduzierung der Fördermittel z.B. für die Pinch-Berater ergeben?
Placement (Vertrieb)	Ansprache Die Ansprache der Unternehmen erfolgt heute über folgende Kanäle: — Empfehlung durch EnAW Berater — Kaltakquise durch Energieberater	Ansprache Bei der Empfehlung durch den EnAW-Berater und die Akquisition durch breit aufgestellte Unternehmen ist die Erfolgsquote hoch. Bei der Kaltakquise liegt sie bei rund 50%.	Ansprache — Welcher Flaschenhals ist wichtiger – die Akquise oder die Fachkräfte?

	— Akquisition durch Unternehmen mit diversen Dienstleistungen für Industrieunternehmen Die Ansprache ist heute der grösste Flaschenhals in der Wirkungskette der Pinch-Analysen.	Eine verstärkte Ansprache ist eine Schlüsselmassnahme, um den Flaschenhals der Wirkungskette zu beseitigen. Es bestehen diverse Möglichkeiten, die Unternehmen verstärkt anzusprechen: — Aufbau von Akquisekapazität bei EnergieSchweiz (Anstellung Vertriebsperson, Einkauf Vertriebsleistungen) Energieberater mit einer Verkaufsweiterbildung — Anreize für die verstärkte Marktbearbeitung durch EnAW Berater und neu auch ACT Berater — Nutzung von Synergien mit der Marktbearbeitung durch PEIK — Schulung der Energieberater in der Akquisition — Umsetzungspartner noch stärker als Multiplikatoren gewinnen.	— Welche der Optionen zur verstärkten Ansprache der Unternehmen ist am wirksamsten, welche hat ein hohes Kosten-Nutzen Verhältnis?
Promotion	Name und Botschaften — Der Begriff Pinch wird oft vermieden, weil er bei den Unternehmen nicht bekannt ist. — Teilweise sind die Botschaften zu technisch und kompliziert und zu wenig auf den Nutzen der Unternehmen ausgerichtet.	Name und Botschaften — Es ist zu überprüfen, ob ein neuer Name gefunden werden kann, der stärker mit dem Inhalt verbunden ist und daher eingängig ist und von den Beratern auch verwendet wird. — Herausschälen der Alleinstellungsmerkmale (unique selling proposition USP) und zudem Fokus der Kommunikation auf die Hauptnutzen, Vorteile und positiven Nebeneffekte. Also z.B. auch Anstoss von Strom-, Wassereinsparungsmöglichkeiten.	Name und Botschaften — Lohnt es sich, einen neuen Namen zu kreieren? Der bestehende hat zwar keinen Bezug zum Produkt, aber immerhin ist er einigen Unternehmen bereits bekannt.
	Förderung Heute besteht die Förderung durch EnergieSchweiz.	Förderung Die Pinch-Analyse könnte in Unternehmen als Voraussetzung für den Erhalt von Fördermitteln für Anlagen gesetzt werden. So könnte beispielsweise eine Hochtemperatur-Wärmepumpe nur gefördert werden, wenn der Integrationspunkt durch eine Pinch-Analyse bestätigt wurde.	Förderung — Ist die Kopplung der Förderung an Pinch wirklich sinnvoll? Riskiert man dann nicht, dass die Hürde für neue Technologien noch höher gelegt werden, als sie schon sind?
	Kommunikationskanäle Die bestehenden Kanäle sind: — Website EnergieSchweiz und Pinch — Jahrestagungen EnAW — Weitere Aktivitäten EnergieSchweiz	Kommunikationskanäle — Weitere Nutzung der EnAW Fachtagungen, Präsentationen in diesem Rahmen haben jeweils zu einer gesteigerten Nachfrage geführt — Thema Pinch in bestehende Weiterbildungen für Betriebsleiter integrieren	Kommunikationskanäle — Über welche Kanäle informieren sich die Verantwortlichen in den Betrieben? Welche Rolle spielen dabei Tagungen, Fachzeitschriften,

		— Thema Pinch in die bestehenden Ausbildungen für «normale» Energieberater integrieren, damit diese Potenziale erkennen und Pinch weiter empfehlen — Nutzung bestehender Plattformen und Tagungen zur Bekanntmachung von Pinch und seinen Vorteilen	Austausche, kantonale Fachstellen, Social Media? Was bedeutet dies für die Kommunikationskanäle? — Welche Rollen können Handelskammern bei der Promotion spielen?
	Infomaterial — Informationsbroschüre — Präsentationen	Infomaterial Das bestehende Infomaterial könnte um folgende Elemente ergänzt werden. — Pinch-Lockvogel (einfaches Online-Tool für einen Potenzial-Check für Pinch-Analysen im eigenen Unternehmen) — Branchenspezifischen Fallbeispiele (Dokumente und Videos) mit branchentypischen Einsparpotenzialen — Videos von «Unternehmer zu Unternehmer» zu den Vorteilen der Pinch-Analysen	Infomaterial — Welche der Materialien sollen priorisiert werden?
Personen (Fachkräfte)	Die folgenden Personen sind wichtige Akteure in der Wirkungskette der Pinch-Analysen: — Energieberater, die Pinch-Analysen durchführen — EnaW-Berater, ACT-Berater — Pinch-Stützpunkte — Mitarbeitende des Betriebs Ausbildung: — Pinch-Kurs für Energieberater	Energieberater geben an, dass sie wenig Kaltakquise betreiben, da sie genügend Aufträge in diesem und in anderen Bereichen haben. So kann auch die Verfügbarkeit von Fachkräften in diesem Bereich ein Flaschenhals sein. Folgende Massnahmen sind in diesem Bereich möglich: — Verkaufstraining von Energieberatern, um Unternehmen besser zu überzeugen und Erfolgsrate der Kaltakquisition zu erhöhen. — Ausbildung von mehr Energieberatern für Pinch-Analysen, um die Nachfrage decken zu können und die Akquiseaktivität zu erhöhen. — Ausarbeitungen von Lernmaterialien, die in bereits bestehende Weiterbildungsangebote zu Energie in Prozessen und Betrieben integriert werden können. — Schulungen von internem Personal zu Energie durch kooperative Ausführung von Pinch-Analysen, um Chancen und Qualität der Umsetzung zu erhöhen.	— Mit welchen Massnahmen können mehr Energieberater für Pinch-Analysen ausgebildet werden? Welche Kommunikationsmassnahmen oder Anreize braucht es hier? — Möchten Unternehmen internes Know-How aufbauen? Ist das nur für grosse Unternehmen spannend?

Tabelle 9 Empfehlungen zur Erreichung der Zielgruppe, höhere Umsetzung von Pinch-Analysen und Energiemassnahmen

A1 Gesprächsleitfaden Energieberater

Erreichung Zielgruppe

Welches ist Ihre Erfahrung mit Pinch?

Weiss die Industrie von Pinch? Wie werden die Betriebe auf Pinch aufmerksam?

Wurden in Ihren Augen die Industrieunternehmen als Zielgruppe von Pinch insgesamt gut erreicht? Wieso ja/nein?

Marktpotenzial

Wie viele Pinch-Analysen haben Sie schon durchgeführt und in welchen Sektoren?

Für wie viele davon haben Sie keine Förderung bezogen?

Für wie viele Firmen in der Schweiz würde sich eine Pinch-Analyse eignen?

Output

Welches ist Ihrer Schätzung nach der Anteil Betriebe, der trotz Empfehlung in der Grobana-lyse keine Pinch-Analyse durchführen?

Welche Gründe gibt es dafür?

Outcome

Wissen Sie, wie viele der empfohlenen Massnahmen umgesetzt wurden?

Welches sind die Hemmnisse bei der Umsetzung der Massnahmen?

Wären die umgesetzten Massnahmen auch ohne Pinch-Analyse so früh und in gleich Um-fang umgesetzt worden? Wenn nein: Welche Wirkung haben die Pinch-Analysen an der Um-setzung? Welchen Anteil der Umsetzung würden Sie der Pinch-Analyse zurechnen? (Also zu wieviel Prozent war die Pinch-Analyse ausschlaggebend für die Umsetzung?)

Empfehlungen

Wie könnte man noch mehr Betriebe überzeugen, Pinch-Analysen durchzuführen?

Wie könnte man die Umsetzungsrate erhöhen, also den Anteil der umgesetzten Massnah-men?

Wie könnte das Förderprogramm allgemein verbessert werden?

Wollen Sie uns sonst noch etwas auf Weg mitgeben?

Können Sie uns die Kontaktdaten von Unternehmen für die geplante Befragung geben?

A2 Gesprächsleitfaden Betriebe

Erreichung Zielgruppe: Betriebe

Wissen Sie, was eine Pinch-Analyse ist?

Wie sind Sie auf Pinch aufmerksam geworden? Haben Sie das Gefühl, dass Pinch bei Unternehmen (mit grossem oder mittlerem Verbrauch) bekannt ist?

Output

Wurde in Ihrem Betrieb eine Pinch-Analyse durchgeführt?

Welche Gründe sprechen für und gegen das Durchführen einer Pinch-Analyse?

Wenn Sie keine Pinch-Analyse durchgeführt haben, wurde Ihnen eine empfohlen?

Outcome

Wie viele der empfohlenen Massnahmen wurden umgesetzt?

- Welche Massnahmen wurden umgesetzt? Wieviel (CO₂, kWh) konnte eingespart werden?

Massnahmenliste

Kategorie Prozessoptimierung

- Pumpe
- Kühlkreislauf
- Wärmeübertrager
- Sonstiges

Kategorie Utilities

- Wärmepumpe
- Photovoltaik
- Economiser
- Heizkessel
- Kälteanlage
- Rückkühler
- Holzschnitzel
- Regelung (Temp)
- Brüdenverdichtung
- Dampfkessel
- Wärmeübertrager
- Sonstiges

Kategorie Abwärmenutzung

- thermische Netze
 - Wärmeübertrager
-

Welche Hemmnisse gibt es bei der Massnahmenumsetzung?

Finden Sie folgende Hemmnisse relevant?

- Lange Paybackzeiten, fehlende Wirtschaftlichkeit
 - Fehlende interne Ressourcen
 - Träge Entscheidungsprozesse
 - «Never touch a running system»
 - technische Machbarkeit
 - Prozessunterbruch
 - Effizienz und Energie keine Priorität
 - unpassender Zeitpunkt
-

Wären die umgesetzte Massnahmen in Ihrem Betrieb auch ohne Pinch-Analyse so früh und in gleich Umfang umgesetzt worden? Wenn nein: Welche Wirkung haben die Pinch-Analysen an

der Umsetzung? Welchen Anteil der Umsetzung würden Sie der Pinch-Analyse zurechnen? (Also zu wieviel Prozent war die Pinch-Analyse ausschlaggebend für die Umsetzung?)

Welche weiteren Vorteile oder auch Nachteile bringt die Pinch-Analyse in Ihren Augen mit sich?

Empfehlungen

Wie könnte man noch mehr Betriebe besser erreichen? Was sind geeignete Kanäle?

Wie könnte man noch mehr Betriebe überzeugen Pinch-Analysen durchzuführen?

Wie könnte man die Umsetzungsrate erhöhen, also den Anteil der umgesetzten Massnahmen?

Wie könnte das Förderprogramm allgemein verbessert werden?

A3 Vereinfachte PinCH-Version

Im Folgenden werden die Überlegungen der HSLU zu einer vereinfachten PinCH Version (z.B. «small» oder «simple») zusammengefasst:

Pinch-Analysen werden heute vorwiegend in Unternehmen mit hohem Energiebedarf durchgeführt. Das Ziel von PinCH small ist, zukünftig Pinch-Analysen mit geringerem Zeitaufwand und tieferen Kosten durchführen zu können, um damit den umfangreichen Markt der grösseren KMUs zu erschliessen. Das BFE und die HSLU haben im Jahr 2020 erste Diskussionen geführt, ob die Entwicklung einer vereinfachten Version der PinCH-Software (Arbeitstitel «PinCH small») sinnvoll und zielführend ist. Die HSLU hat für das BFE ein entsprechendes Grobkonzept erarbeitet.

Erschliessung Markt
der grösseren KMUs

Sowohl das BFE als auch die HSLU sind der Ansicht, dass das grösste Kostenreduktionspotenzial im Bereich Datenextraktion und Definition der Prozessanforderungen liegt. Mit den E-Modulen (siehe Unterkapitel 2.3) können die Stromdaten auf Basis von wenigen Prozessdaten bestimmt, in PinCH importiert und damit die Projektkosten gesenkt werden. Da die E-Module in Microsoft Excel erstellt sind, können viele Anwender erreicht werden. Änderungen und Anpassungen an die individuellen Bedürfnisse eines Unternehmens sind einfach möglich. Die E-Module nehmen zeitintensive Routineberechnungen ab und schaffen eine Übersicht über die für die Pinch-Analyse entscheidenden Prozessdaten.

Im Grobkonzept vom Mai 2020 hat die HSLU vorgeschlagen, PinCH small als Kombination einer vereinfachten Version der Software PinCH und der E-Module zu gestalten. Häufig anzutreffende Prozesse, typische Infrastruktur- und Energieversorgungsanlagen werden direkt in PinCH small behandelt, deren Prozessanforderungen automatisch extrahiert und in die Stromtabelle eingefügt. Komplexere Prozesse werden mit den E-Modulen bearbeitet, was eine hohe Flexibilität in Bezug auf die Bedürfnisse der einzelnen Unternehmen ermöglicht. Eine Schnittstelle zu PinCH ist bereits vorhanden.

Die Features in PinCH small werden «auf das Nötigste» reduziert. Entscheidend ist, dass die Nutzer*innen jederzeit den Überblick behalten und sich auf das Wesentliche konzentrieren. PinCH small soll so gestaltet werden, dass die Software für möglichst viele Anwendungen ausreichend ist. Die Verwendung der E-Module soll nur dort nötig sein, wo es die Komplexität oder Individualität der Prozesse erfordert.

Mit PinCH small soll der «energetische Fingerabdruck» rasch erstellt und wichtige Informationen abgeleitet werden:

- Pinch-Temperatur (Pinch-Regeln, Beurteilung von bestehenden Massnahmen, Erarbeitung WRG-Massnahmen)
- Potenzial für Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung
- Potenzial zur Optimierung der Energieversorgung
- Potenzial zur Integration von Wärmepumpen usw.

— Grobe Zusammenfassung der Potenziale für Energieeinsparungen, Kosteneinsparungen und CO₂-Reduktion

Mit PinCH small wird die Analyse und Optimierung von Prozessen, Infrastrukturanlagen und Energieversorgungssystemen von grösseren KMUs kostengünstig machbar. PinCH small soll Systematik und Transparenz in die Energie-Optimierung bringen. Die Benutzer*innen sollen in der Lage sein, das Tool mit relativ wenigen Grundkenntnissen zur Pinch-Methode anzuwenden und die Resultate zu interpretieren. Die Ausarbeitung von detaillierten Pinch-Analysen erfolgt weiterhin durch spezialisierte und geschulte Fachpersonen.