

Web-GIS-basierte Potenzialabschätzung des industriellen Abwärmefalls

Maike Schotten¹, Jochen Schiewe¹, Irene Peters¹

¹HafenCity Universität Hamburg · maike.schotten@hcu-hamburg.de

Zusammenfassung: Abwärme aus industriellen und gewerblichen Prozessen sollte, wo technisch machbar und wirtschaftlich vertretbar, genutzt werden, denn nicht genutzte Abwärme bedeutet eine unvollständige Ausnutzung von i. d. R. knappen fossilen Brennstoffen. Ein mögliches Hemmnis für die Abwärmenutzung ist die fehlende Information über die räumliche Konstellation von Quellen und Senken. Idealerweise sollte für jede Abwärmequelle eine individuelle Potenzialanalyse zu ihrer Nutzung erfolgen. Sinnvoll ist auch, in einem ersten Schritt das Gesamtpotenzial von Abwärme in einer größeren Region abzuschätzen, um hohe Konzentrationen zu lokalisieren, die dann für tiefere Analysen priorisiert werden können. In dieser Arbeit wird ein Web-GIS-basierter Top-down-Ansatz vorgestellt, der die Daten des Emissionskatasters nutzt, um den industriellen Abwärmefall zu identifizieren und über den Tagesverlauf multi-temporal zu visualisieren.

Schlüsselwörter: Abwärme, Emissionskataster, Web-GIS, Potenzialanalyse, dynamische Visualisierung

Abstract: Industrial and commercial waste heat should be used where technically and economically feasible, as waste heat generation implies an incomplete use of primary fuels (often scarce and fossil). The lack of information about the geographical constellation of waste heat sources and sinks is likely a major impediment for its utilisation. To estimate the total amount of waste heat arising in a region, and identify areas of high concentrations, this paper presents a web-based GIS approach by using existing data of emissions inventories to dynamically visualise waste heat in the course of a day.

Keywords: Waste heat, emission inventory, WebGIS, potential analysis, dynamic visualisation

1 Bedeutung der Abwärme für die Energiewende

Die Energie bzw. Arbeit, die einem System zugeführt wird, wird gemäß den Gesetzen der Thermodynamik auch nach Optimierung aller industriellen Prozesse in den meisten Fällen nicht zu 100 % ihrem angedachten Verwendungszweck zugeführt. Der für die Produktion nicht verwertbare Anteil äußert sich zumeist in Form von Wärmeentstehung, die als unerwünschtes, nicht vermeidbares Abfall- bzw. Nebenprodukt zwar für den Material- und Ressourceneinsatz berücksichtigt werden muss, deren spätere Verwertung jedoch klimaneutral ist und damit eine für die angestrebte Energiewende aussichtsreiche Energiequelle darstellt. Um Umwandlungs- und transportbedingte Leitungsverluste zu minimieren, wird die Rückführung in Betriebsprozesse priorisiert. Erst bei großen Temperaturunterschieden bietet es sich an, die anfallende Abwärme nutzbringend zur Verstromung zu verwerten. Auch geringere Differenzen können intern bzw. extern zu Heizzwecken genutzt werden. Für die Planung von zukunftsfähiger Versorgungsinfrastruktur ist es von elementarer Bedeutung, dass lokale (Ab-)Wärmequellen identifiziert und quantifiziert werden, um durch gezielte Netzdimensionierung und Zusammenstellung des Energiemixes nachhaltige Versorgungssicherheit der Abnehmer zu gewährleisten.

2 Motivation und Ziel der Arbeit

Die Nutzung von Abwärme für die Energieversorgung gewinnt für energieintensive Branchen im Rahmen der Energiewende zunehmend an Bedeutung. Während moderne thermische Großkraftwerke und Müllverbrennungsanlagen ihre anfallende Wärme oft für industrielle Zwecke oder städtische Fernwärmenetze auskoppeln, ist dies für kleinere Industrie- und Gewerbebetriebe selten der Fall. Hier gibt es möglicherweise ein Potenzial für die bessere Ausnutzung von Brennstoffen und damit verbunden die Reduktion von CO₂-Emissionen.

Die Ausschöpfung dieses Potenzials erfordert, dass potenzielle Nutzer von Abwärme von ihrem Vorhandensein wissen. Dabei ist die räumliche Konstellation von Wärmeangebot und -nutzung (von „Quellen“ und „Senken“) entscheidend, da Wärmetransport mit Verlusten verbunden ist.

Für die Abschätzung und Ausschöpfung des Potenzials für Abwärmennutzung bietet sich deshalb ein Geographisches Informationssystem an, sowohl auf lokaler Ebene (um Quellen und Senken zu identifizieren), als auch auf überregionaler Ebene (um Hinweise auf genaueren Untersuchungsbedarf zu geben und Hilfestellung für die Formulierung politischer und planerischer Rahmenseetzungen zu leisten).

Mittlerweile arbeiten viele Städte an „Wärmekatastern“, die Wärmebedarfe des Gebäudebestands pro Quadratmeter Geschossfläche oder Stadtraum anzeigen. Seltener noch gibt es eine Kartierung von Wärmequellen. Beides ist jedoch vonnöten, wenn Abwärme besser genutzt werden soll.

Die hier vorgestellte Arbeit stößt in diese Lücke vor. Sie ist in das Hamburger Forschungsvorhaben GEWISS eingebunden (Geographisches WärmeInformations- und Simulations-System, gefördert im Rahmen des EnEff:Stadt Programms des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie). Hierbei werden Wärmesenken und Wärmequellen in der Stadt und ihre mögliche Entwicklung untersucht und dargestellt, um Akteuren des Wärmemarkts (Versorger, Wohnungsunternehmen, Behörden) Erkenntnisse zu liefern, wo sich Verbundlösungen anbieten, die ohne diese Information leicht übersehen würden.

Ziel der Web-GIS-Lösung im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit ist die Bereitstellung nicht-räumlicher und räumlicher Auswertemöglichkeiten sowie die kartographische Aufbereitung der Ergebnisse, insbesondere im Hinblick auf die dynamischen Änderungen des Abwärmefalles im Tagesverlauf. Hierbei soll die Informationsentnahme nicht auf die punktartige Darstellung von Abwärmequellen mit einer On-Click-Funktion reduziert sein, sondern auch visuell Erkenntnisse liefern, in welchen Regionen sich etwaige Potenziale konzentrieren. Damit wird eine für diesen Anwendungszweck bisher fehlende multi-temporale und interaktive Visualisierung entwickelt, sodass neben der räumlichen auch eine zeitliche Komponente für die Analyse berücksichtigt werden kann.

3 Methode

3.1 Datengrundlage

Daten für die Potenzialbestimmung von Abwärmenutzung sind nicht leicht auf direktem Wege zu beschaffen. Abwärmeproduzenten fürchten oft Wettbewerbsnachteile durch die Offenlegung produktionsrelevanter Daten. Um dennoch erste Aussagen über Abwärmequellen machen zu können, wird daher ein Top-down-Ansatz gewählt, der bekannte bzw. prozessstypische Kennwerte von emissionsverursachenden Vorgängen aus dem Emissionskataster nutzt – denn es ist plausibel, dass die den Produktionstätigkeiten der Industriebetriebe zugrunde liegenden Prozesse sich proportional oder ähnlich zum Abwärmeeinfall verhalten.

Die 11. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) fordert von den Betreibern genehmigungspflichtiger Anlagen Aussagen darüber, welche und wie viele Schadstoffe verbracht werden. In den Emissionskatastern des Stadtstaates Hamburg sind solche Daten durch Angabe von Koordinaten oder Hausadressen georeferenziert. Die Daten enthalten für ein Berichtsjahr Angaben zu Betreiber und Tätigkeitsfeld nach der Statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE), sowie zu Anlagenart, Feuerungsweise, Betriebsstunden und Kennwerten der Emissionen. Relevant für das Thema der vorliegenden Arbeit sind v. a. die Attribute „Volumenstrom“ und „maximale Temperatur“. Aus Gründen des Betriebsgeheimnisses sind nicht alle Einträge für die Analysen verfügbar.

3.2 Analyse

Da keine Aussagen zur genauen Verhältnisbildung zwischen entstandener Abwärme und berichtetem Volumenstrom des Emissionskatasters gemacht werden können, werden die Daten zunächst auf Basis der NACE-Zugehörigkeit summiert, auf statistische Auffälligkeiten hin analysiert und klassifiziert. In einem Boxplot erkennbare Ausreißer markieren die Branchen, die im Vergleich ein hohes Abwärmepotenzial versprechen. Auch für die einzelnen Betriebe können auf diese Weise Extremwerte erkannt werden. Im Rahmen der Schaffung von Wärmeverbänden dient zudem eine Hotspot-Analyse der Überprüfung auf lokale Cluster mit signifikant hohen Konzentrationen von industriellem Abwärmeeinfall.

Da das Emissionskataster keine Auskunft über die Tagesverläufe von Emissionen gibt, wird für die multi-temporale Darstellung eine fiktive Zuordnung von Wärmemengen auf Vier-Stunden Zeitfenster im Laufe eines Tages vorgenommen. Dies ist rein hypothetisch und dient im aktuellen Entwicklungsstadium dem Anzeigen von Darstellungsmöglichkeiten und zugehörigen Explorations-Funktionalitäten.

Über eine interaktive Verknüpfung der Analyse-Ergebnisse mit der Darstellung im Kartenfenster ist somit die direkte Identifizierung und Lokalisierung von Branchen oder Betrieben mit hohen Merkmalsausprägungen denkbar.

3.3 Technische Realisierung

Die Programmierung des Web-GIS erfolgt unter der Verwendung der Open-Source-JavaScript-Bibliothek *Leaflet*, die eine einfache Bereitstellung aller für Kartendarstellungen elementarer Standardfunktionen ermöglicht. Das Plug-in *Timeline* aus der *Leaflet* Entwickler-Community (SKEATE 2014) ermöglicht die dynamische Darstellung anhand eines Zeitstrahls.

Die Features werden über eine Callback-Funktion innerhalb des HTML-Dokuments als GeoJSONP aufgerufen und anhand des Unix-Timestamps chronologisch und entsprechend der Darstellungsvorschrift visualisiert.

3.4 Visualisierung

Die Abwärmemenge wird basierend auf der Klassifikation dargestellt. Der Tagesverlauf lässt sich automatisch wiedergeben, alternativ ist die Anwahl einzelner Zeitpunkte möglich. Durch die Auswahl diskreter Zeitpunkte für die Darstellung eines an sich stetigen Merkmals werden die Übergänge zwischen zwei Zuständen betont, sodass eine bessere Unterscheidung der anfallenden Abwärmemenge ermöglicht wird.

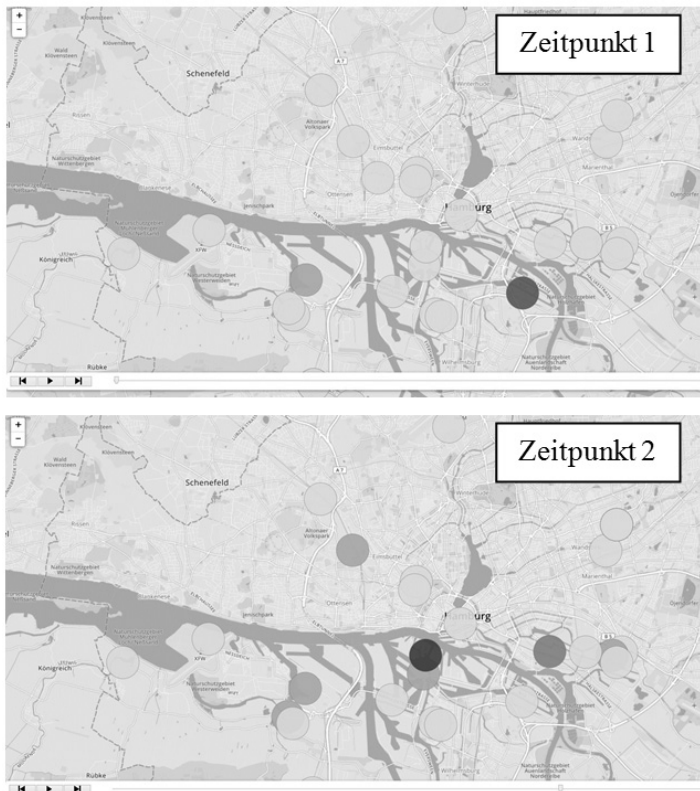


Abb. 1: Timeline-Darstellung zu zwei exemplarischen Zeitpunkten; der wechselnde Farbwert (Darstellung hier s/w, im Original farbig) gibt die Änderung der Abwärmemenge wieder

4 Erste Ergebnisse und Ausblick

Die Ergebnisse der Analyse von potenziell abwärmeintensiven Branchen bzw. Industriebetrieben ähneln den Erkenntnissen anderer Studien (vgl. PEHNT et al. 2011, SOLLESNES & HELGERUD 2009). Potenziale ergeben sich nicht nur für die als abwärmeintensiv bekannten Großbetriebe der Sektoren „Energieversorgung“ und „Abfallverwertung“, die vielfach bereits Systeme zur Abwärmenutzung etabliert haben. Auch für Unternehmen der „Chemischen Industrie“ (z. B. Mineralölverarbeitung und Basischemie-Produkte) sowie Betriebe zur „Metallerzeugung und -bearbeitung“, die am Industriestandort Hamburg besonders in den für die gewerbliche Nutzung ausgewiesenen Flächen der südlichen und östlichen Stadtteile in Hafennähe angesiedelt sind, ist eine Detailanalyse anzuraten.

Wenn auch die Aufteilung der Abwärmewerte über den Tag nicht den realen Gegebenheiten entspricht, erfüllt diese Art der Visualisierung den Zweck einer ersten Übersicht, setzt Anreize für komplexere Auswertungen und zeigt exemplarisch auf, wie eine detailliertere Datengrundlage für die Visualisierung genutzt werden kann, um Potenzialflächen für Wärmeverbünde in den Fokus zu setzen.

Neben der zeitlichen Auflösung für konkrete Detailanalysen sind für Energieversorger auch Angaben zu kumulierten Tagesmengen oder Minimal- und Maximalwerten von Interesse. In einem nächsten Schritt soll daher der Ausbau des Web-GIS zu einer Abwärme-Informations-Plattform erfolgen, welche dem Nutzer über die Bereitstellung interaktiver Werkzeuge die Möglichkeit zur Beeinflussung der dargestellten Parameter gibt. Für Verwaltung, Bürger und Industriebetriebe ist zudem ein Ausbau des Tools mit Portalfunktion denkbar, welches Betrieben die freiwillige Eintragung relevanter realer Daten ermöglicht, somit Transparenz schafft und dadurch Kooperationen für die Deckung des Wärmebedarfs begünstigt. Ein vergleichbares Produkt ist derzeit im Rahmen des Forschungsvorhabens GEWISS in der Entwicklung.

Literatur

- PEHNT, M., BÖDEKER, J., ARENS, M., JOCHEM, E. & IDRISOVA, F. (2011), Industrial Waste Heat – tapping into a neglected efficiency potential. ECEEE 2011 Summer Study. Energy efficiency first: The foundation of a low-carbon society, 05/2011.
- SKEATE, J. (2014), Leaflet. Timeline. <https://github.com/skeate/Leaflet.timeline> (03.12.2015).
- SOLLESNES, G. & HELGERUD, H. E. (2009), Utnyttelse av spillvarme fra norsk industry. En potensialstudie. Enova/Trondheim 2009.