

3-D-Modell des Mechanik-Konzepts der „KompAct-Anlage“ (eigene Darstellung).

Ergebnisse des Verbundprojekts KompAct

Kompakte und wirtschaftliche Abwärmeverstromung mit Wasserdampf

Jeder energetische Umwandlungsprozess ist verlustbehaftet und auch in einer Welt ohne fossile Energieträger fallen weiterhin Abwärmeströme in allen Industriezweigen an. Die sinnvolle Nutzung dieser Quellen stellt einen wichtigen Baustein der Energiewende dar. Für verschiedene

Leistungen und Temperaturen haben sich unterschiedliche Technologien etabliert, ein flächendeckender Einsatz scheitert aber häufig an der Wirtschaftlichkeit, der Kompaktheit und der Zuverlässigkeit der Anlagen. Das Forschungsprojekt „KompAct“ widmete sich der techno-ökonomischen Optimierung einer nachhaltigen Anlagentechnologie zur Verstromung von industrieller Hochtemperatur-Abwärme mit Wasser in einem dezentralen Rankine Cycle.

Die Ergebnisse des Verbundprojekts werden im Folgenden vorgestellt.

Etwa die Hälfte der aufgewendeten Primärenergie weltweit geht in Form von theoretisch nutzbarer Abwärme verloren, der größte Teil, rund 63 %, bei Temperaturen

von unter 100 °C, etwa 16 % im Temperaturbereich zwischen 100 und 300 °C und rund 21 % bei über 300 °C [1]. Gegenläufig dazu steigt der Anteil von Abwärme, der bei der Energiewandlung in nutzbare Arbeit umgewandelt werden kann mit

der Temperatur der Wärmequelle. Beschrieben wir dies mit dem Carnot-Wirkungsgrad, der den thermodynamisch maximal umwandelbaren Energieanteil (das heißt die Exergie) einer Wärmequelle definiert.

Was tun mit Abwärme?

Für verschiedene Leistungen der Abwärmequellen und -temperaturen haben sich jeweils unterschiedliche Technologien zur weiteren Nutzung etabliert, die in Bild 1 eingeordnet werden. Mithilfe von Wärmeübertragern lassen sich beinahe alle Wärmeströme auf ein sekundäres Wärmeträgermedium übertragen. Im kleineren und mittleren Leistungsbereich bei niedrigen Temperaturen können Abwärmeströme in linksläufigen Kreisprozessen von Kältemaschinen, Wärmetransformatoren oder Wärmepumpen sinnvoll genutzt werden [2]. Bei sehr hohen Temperaturen und bei kleineren Leistungen bieten sich zur Energieumwandlung Stirling-Motoren an [2], bei denen Gase als Arbeitsmittel eingesetzt werden. In diesem Bereich haben auch thermoelektrische Generatoren, bei denen eine Umwandlung von thermischer Energie zu elektrischem Strom direkt gelingt, ein Anwendungspotenzial [3; 4]. Der rechtläufige Kreisprozess eines Rankine Cycles spielt mit Wasser als Arbeitsmittel im Steam Rankine Cycle (SRC) in der zentralen Kraftwerkstechnik mit großen Leistungen bei hohen Temperaturen seine Vorteile aus. Der Organic Rankine Cycle (ORC) hingegen bietet mit einer Vielzahl an möglichen organischen Arbeitsmedien im Kreislauf Vorteile bei niedrigen und mittleren Temperaturen und Leistungen, da die Stoffeigenschaften auf die Abwärmequelle abgestimmt werden können [5].

Bisherige Ansätze zur Einschätzung von Möglichkeiten der Abwärmenutzung wurden in der klassischen Abwärmekaskade eingeordnet, die in Bild 2 im linken Teil dargestellt ist. Kann die Abwärme nicht vermieden werden, soll sie erst prozessintern, anschließend betriebsintern genutzt und bei Ausbleiben dieser Optionen verstromt oder extern genutzt werden [6]. Der aus dem Forschungsprojekt vorgeschlagene Ansatz für die Umwandlung von thermischer Energie in Strom bewertet die Abwärmequelle hingegen zunächst nach den beschriebenen möglichen Technologien in Bezug auf Leistung und Temperaturniveau. Vor allem bei hohen Temperaturen wird statt der eindimensionalen Betrachtung eine exergetische Bewertung der jeweiligen Situation vorgeschlagen, wobei die nächstmöglichen Schritte der Kaskade berücksichtigt werden, um die Abwärmequelle möglichst sinnvoll auszunutzen. Wird zum Beispiel

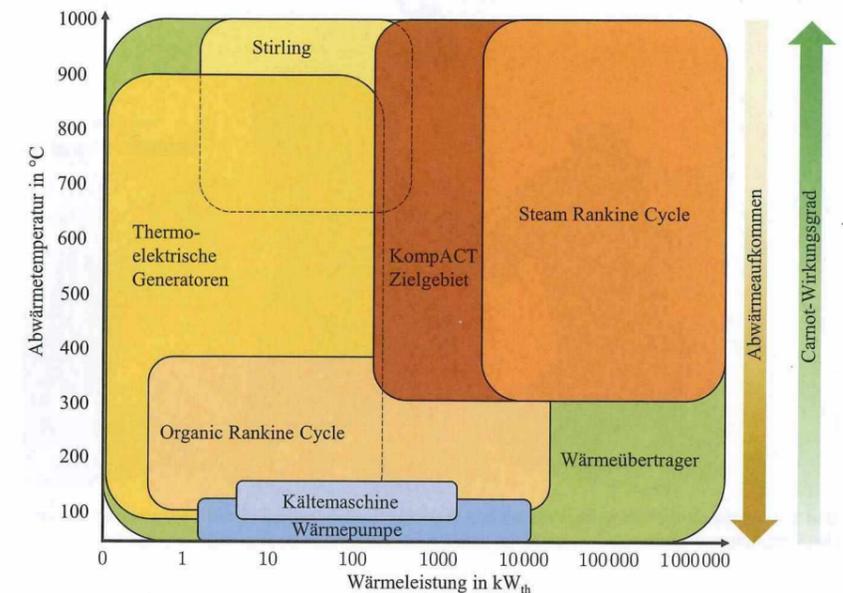


Bild 1 Übersicht über verfügbare Technologien zur Nutzung von Abwärme in Abhängigkeit von Temperatur und Wärmeleistung inklusive KompAct-Zielgebiet (eigene Darstellung).

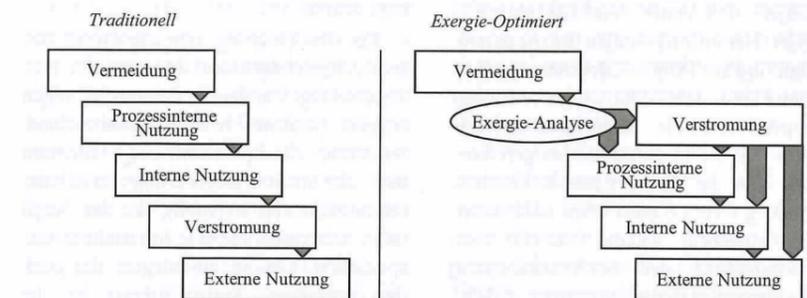


Bild 2 Traditionelle (links) und optimierte Abwärmekaskade (rechts) zur Entscheidungsfindung bei Hochtemperatur-Abwärmenutzung (eigene Darstellung).

die Abwärme aus einem Druckguss-Ofen zunächst in einem SRC teilweise in Strom gewandelt, kann die übrige Leistung der Wärmesenke variabel zur Bereitstellung von Prozessdampf, für betriebsinterne Heizzwecke oder in Wärmenetzen verwendet werden. Diese Art der Kraft-Wärme-Kopplung bietet eine maximale Ausnutzung der Abwärmequellen bei höchsten Gesamt-Wirkungsgraden. Die optimierte Abwärmekaskade ist in Bild 2 im rechten Teil dargestellt.

Voraussetzung für einen Einsatz von allen Technologien zur Umwandlung von Abwärme in der Industrie sind effiziente und robuste Prozesse, die anwendungsspezifisch leicht integriert werden können. Ein Verfahren zur Umwandlung von Abwärme in Strom mit einem neu-

artigen Steam-Rankine-Prozess mit Mikro-Dampfturbine wurde im Laufe des Verbundprojekts entwickelt und erprobt. Eine neuartige Anlagentechnologie mit einem besonders kompakten Dampferzeuger, einer optimierten Dampfturbine und einer zugehörigen Systemarchitektur wird im Folgenden beschrieben.

Ausgangssituation und Projektziele

Im Forschungsprojekt KompAct – Kompakte Abwärmeverstromung auf Basis des Clausius-Rankine-Prinzips mit Mikro-Dampfturbine – wurde Wasser als Arbeitsmittel im SRC ausgewählt, da es bei hohen Temperaturen vergleichbare thermodynamische Wirkungsgrade

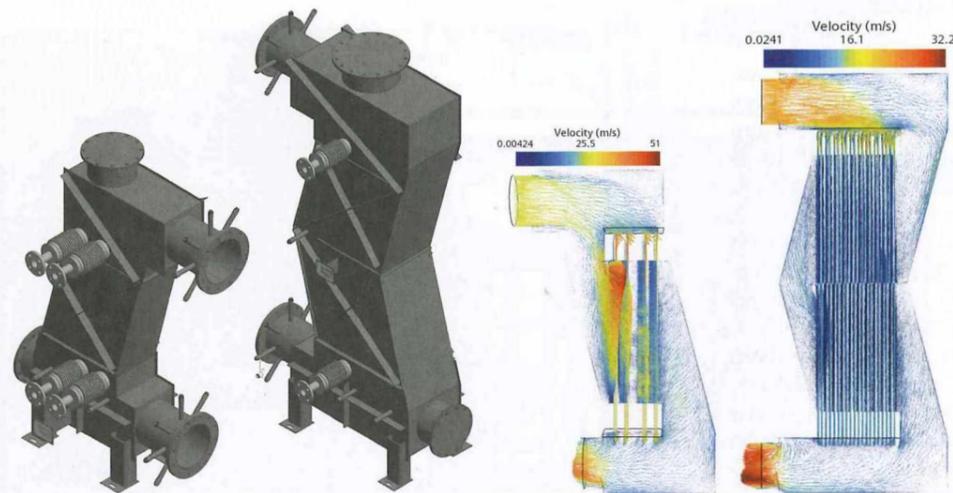


Bild 3 Konstruktionszeichnung des realisierten Prototyps bestehend aus Überhitzer (jeweils links) und Vorwärmer/Verdampfer (jeweils rechts); Ergebnisse der Strömungssimulation in den Apparaten (eigene Darstellung).

wie organische Arbeitsmittel erreicht, aber im Gegensatz zu diesen leicht verfügbar, thermisch stabil, nicht brennbar, toxisch oder krebserregend ist [7]. Gleichzeitig ergeben sich mit dem Arbeitsmittel Wasser Herausforderungen im Apparatedesign, die im Projekt adressiert wurden. Entwicklungsbasis für das Projekt KompAct war die MicroRankine-Pilotanlage [8], die in einem vorherigen Vorhaben von der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm (TH Nürnberg) aufgebaut wurde und auf dem Betriebsgelände der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN) mit der Abwärme eines Klärgasmotors betrieben werden kann. Mit diesem Technologie-Demonstrator konnten die Eignung des Verfahrens zur Umwandlung von thermischer Energie aus dem Abgas eines Motors in Strom und die Robustheit der Anlagentechnik über mehr als 8000 h Betriebsdauer erfolgreich nachgewiesen werden. Eine Wirtschaftlichkeitsrechnung zeigt allerdings, dass mit der marktverfügbaren Anlagentechnologie eine kommerzielle Nutzung nur bedingt möglich ist.

Im Folgevorhaben KompAct war es deshalb das Ziel, die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gegenüber dem Stand der Technik durch eine techno-ökonomische Optimierung von Schlüsselkomponenten und Systemarchitektur zu verbessern und so die Amortisationsdauer zu halbieren. Der bevorzugte Einsatzbereich für dieses System ist die Verstromung von Abwärme von motorischen Kraftwerken oder Festoxidbrennstoffzellen (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC), Rauchgaswärme aus dezentralen Feuerungsanlagen (Biomasse), sowie Abwärme aus thermischen Prozessen in der Industrie im Bereich 200 bis 2000 kW(th.) und Temperaturen oberhalb 400 °C.

Da die Nutzung von Abwärme aus Industrieprozessen und Motoren für jede Anwendung andere Randbedingungen vorgibt (Wärme- beziehungsweise Massenstrom, Temperaturniveau, Medium usw.), ist die Standardisierung von Schlüsselkomponenten schwierig. In der Regel ist es notwendig, für jede Anwendung eine spezifische Lösung auszulegen, die auch den jeweiligen Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit entspricht. Dazu war die Entwicklung eines Baukastensystems für die Hauptkomponenten im Fokus.

Das Forschungsprojekt KompAct startete unter Leitung der TH Nürnberg am 1. Dezember 2019, um ein technisch-wirtschaftlich optimiertes, kompaktes, skalierbares und wartungsarmes Anlagenkonzept zu entwickeln, das die betriebswirtschaftlichen Ziele für den industriellen Betrieb erfüllt. Das Projekt wurde in einem Konsortium mit fünf Unternehmen und einer weiteren Hochschule bearbeitet: der Aprovis Energy Systems GmbH, der CTWe GmbH, der Deprag Schulz GmbH u. Co. KG, der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden, der TheSys GmbH und der UAS Messtechnik GmbH.

Das Forschungsprojekt KompAct startete unter Leitung der TH Nürnberg am 1. Dezember 2019, um ein technisch-wirtschaftlich optimiertes, kompaktes, skalierbares und wartungsarmes Anlagenkonzept zu entwickeln, das die betriebswirtschaftlichen Ziele für den industriellen Betrieb erfüllt. Das Projekt wurde in einem Konsortium mit fünf Unternehmen und einer weiteren Hochschule bearbeitet: der Aprovis Energy Systems GmbH, der CTWe GmbH, der Deprag Schulz GmbH u. Co. KG, der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden, der TheSys GmbH und der UAS Messtechnik GmbH.

Dampferzeuger

Als Dampferzeuger kommen bei SRC-Anlagen Dampfkessel und Durchlaufver-

dampfer zum Einsatz, wobei Zwangsdurchlaufverdampfer durch ihr geringes Bauvolumen besonders kosteneffizient dargestellt werden können.

Im Hauptentwicklungsbereich Dampferzeuger wurden verschiedene Bauarten von Verdampfern mithilfe einer Nutzwertanalyse im Hinblick auf ihre Eignung für unterschiedlichste Kundenanforderungen und insbesondere auf ihre betriebswirtschaftliche Profitabilität gegenübergestellt [9]. Eine neuartige Verdampferbauform auf Basis eines Doppelwand-Rundrohr-Designs zeigte sich vor allem im unteren Leistungsbereich als besonders vorteilhaft. Mithilfe von 3-D-CAD-Entwürfen und CFD-Simulationen wurde ein Konzeptprototyp mit Doppelwand-Rundrohren entwickelt, aufgebaut und auf einem Verdampferprüfstand hinsichtlich Leistung und Druckverlust vermessen. Mit den Messdaten konnten das Simulationsmodell abgeglichen und für einen anwendungsnahen Betrieb des Verdampfers geeignete Betriebsstrategien untersucht werden.

Als Resultat wurde ein Full-Scale-Prototyp mit Doppelwand-Rundrohren ausgelegt, gefertigt und in der MicroRankine-Versuchsanlage der TH Nürnberg installiert und praxisnah getestet. **Bild 3** zeigt die Konstruktion der realisierten Apparate und Ergebnisse einer Abgas-Strömungssimulation. Die Vorwärmung und Verdampfung des Wassers wurden in einem Apparat untergebracht, die Überhitzung des Wasserdampfes in einem zweiten, separaten Apparat, der mit dem ersten in Reihe geschaltet wird.

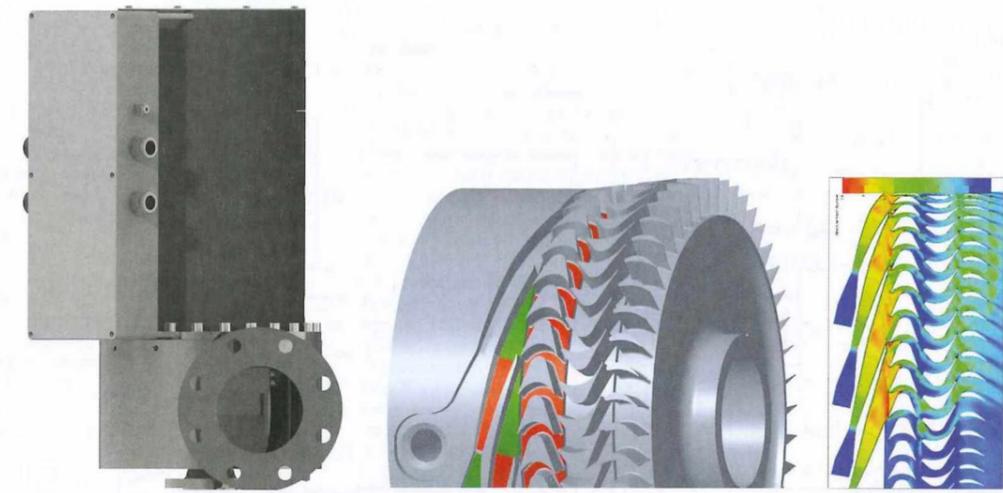


Bild 4 3-D-Zeichnung der Turbinen-Generatoreinheit mit Magnetlagerung (links), CAD-Geometrie der finalen, axialen Curtis-Turbine (mittig) und Machzahlverteilungen aus der CFD-Strömungssimulation (rechts; eigene Darstellung).

Als Ergebnis dieser Entwicklungen liegt nun ein Baukasten verschiedener Bauformen von Verdampfern für SRC-Anlagen in dezentralen Anwendungen unterschiedlicher Leistungsstufen vor, die zu einer anwendungsspezifischen und kosteneffizienten Lösung beitragen. Mit dem im Vorhaben KompAct entwickelten und getesteten Zwangsdurchlaufverdampfer im Doppelwand-Rundrohr-Design wurden im Vergleich zum vorherigen Großwasserraumkessel der Bauraum und Materialeinsatz um etwa 70 % reduziert. Durch die Reduzierung des Wasser-/Dampfolumens bei der Umstellung auf den Zwangsdurchlaufverdampfer konnte dieser im Vergleich zum bisherigen konventionellen Dampfkessel in einer niedrigeren Sicherheitskategorie eingestuft werden, was den Aufwand für Sicherheitsüberprüfungen senkt und damit Inbetriebnahme- und Betriebskosten verringert.

Dampfturbine

Zur Entspannung des Dampfes kommen bei SRC-Anlagen vorrangig Dampfturbinen und Kolbenmaschinen zum Einsatz, wobei Dampfturbinen wegen eines möglichen ölfreien Betriebs, geringen Reibungsverlusten und hohen volumetrischen Leistungsdichten vorteilhaft in der Anwendung sind.

Daher fokussierte sich im Vorhaben KompAct ein zweiter Schwerpunkt auf die Entwicklung eines Baukastens für Mikro-Dampfturbinen-Generatoren. Aus einer Marktanalyse wurden in der Konzeptphase die Randbedingungen defi-

niert. Verschiedene Expanderkonzepte wurden durch Analysen der Thermodynamik, Fluidmechanik und unter mechanischen Gesichtspunkten miteinander verglichen [10]. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist eine zweikrängige Curtisturbine, die anschließend über CFD-Simulationen, Werkstoffauswahl, Konstruktion und FEM-Berechnungen in eine Turbinen-Generatoreinheit überführt wurde. **Bild 4** zeigt die 3-D-Konstruktion der Turbinen-Generatoreinheit, sowie Ergebnisse der CFD-Simulationen der Dampfströmung in Lavaldüsen, Laufrädern und Leitrad. Neben einer magnetgelagerten Variante wurde auch eine Variante mit Wasser-Gleitfilmlagerung entwickelt. Als Ergebnis der Untersuchungen wurde ein Prototyp einer Turbinen-Generator-Einheit mit einer elektrischen Leistung von 40 kW ausgelegt und aufgebaut, die für SRC-Anlagen in dezentralen Anwendungen optimiert ist. Mit der KompAct-Mikro-Dampfturbine konnten Kosteneinsparung von 30 bis 60 % gegenüber der Referenz-Turbine (Stand der Technik [8]) nachgewiesen werden.

Systemarchitektur

Die Systemarchitektur bei dezentralen SRC-Anlagen besteht aus einem geschlossenen Kreislauf mit dem Arbeitsmittel Wasser, den Schlüsselkomponenten Verdampfer, Dampfturbine, Kondensator und Speisewasserpumpe mit Verrohrung und Nebenaggregaten sowie einer Regelungseinheit, die für den sicheren und effi-

zienten Betrieb der Anlage sorgt. Die Systemarchitektur entscheidet über das Bauvolumen der Anlage und das Anwendungsgebiet und trägt maßgeblich zur Wirtschaftlichkeit bei. Daher wurde in einem dritten Arbeitspaket die Systemarchitektur nach Gesichtspunkten von Bauvolumen, Anlagendynamik und Gesamteffizienz optimiert.

Um die KompAct-Turbine und den KompAct-Dampferzeuger in das Gesamtsystem zu integrieren, wurden im Hauptentwicklungsbereich Systemarchitektur eine Risikobewertung durchgeführt, ein Regelungs- und Sicherheitskonzept entworfen und die Nebenaggregate ausgewählt. Im Vergleich zum Stand der Technik der MicroRankine-Anlage [8] konnten Armaturen und Messeinrichtungen eingespart und die Betriebsparameter des Dampfes auf Seiten der Wärmequelle und -senke für verschiedene Anwendungsfälle thermo-ökonomisch optimiert werden. Ergebnis der EMSR- und Mechanik-Planung ist ein kompaktes und wirtschaftliches Design für verschiedene Leistungsklassen. Für die elektrische Nennleistung von 40 kW wurde ein 3-D-Modell einer Anlage mit KompAct-Systemarchitektur erstellt. Die neuen Dampferzeuger-Apparate, die entwickelte Turbine, ein angepasstes Pumpenkonzept, eine optimierte und zertifizierte Rückspiseeinheit sowie die neue Steuerung in einer Sicherheits-SPS wurden in der MicroRankine-Versuchsanlage integriert. **Bild 5** zeigt das vereinfachte Verfahrensfliessbild der KompAct-Anlage mit den wichtigsten Messstellen.

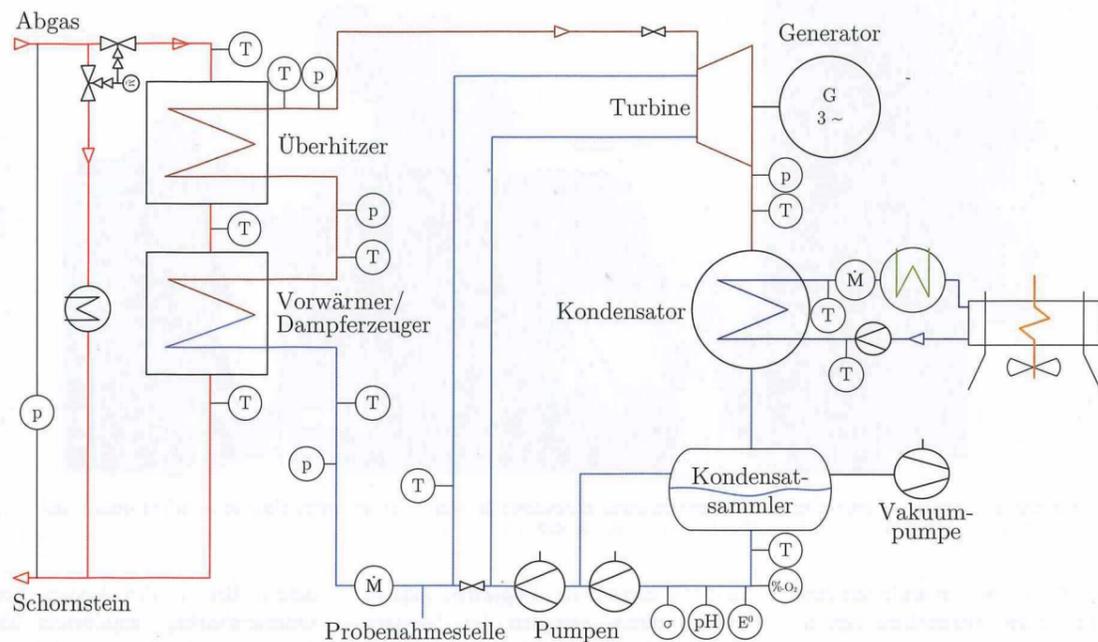


Bild 5 Vereinfachtes Verfahrensfliessbild der KompAct-Anlage mit den wichtigsten Apparaten und Messstellen (eigene Darstellung).

Für einen ausgewählten Abwärme-Anwendungsfall mit 250 kW(th.) Abwärme bei 450 °C konnte die Amortisationsdauer einer SRC-Anlage mit KompAct-Technologie gegenüber dem Stand der Technik halbiert werden. Da einige Systemkomponenten nicht reduzierbare Fixkosten mit sich bringen, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit von KompAct-SRC-Anlagen mit steigenden Abwärmeleistungen.

Um weiteres Potenzial zur Kosteneinsparung durch den Einsatz von unlegierten Stählen anstelle von Edelmetallen im Wasserkreislauf zu heben, wurde ein Korrosionsschutzsystem mit Alkalisierung und Konservierung des Wasser-Dampftraumes entwickelt und im Dauerbetrieb getestet.

Abwärme fällt häufig nicht in konstanter Menge und Temperatur an, sondern kann sehr großen Schwankungen unterliegen. Verdampfer, die trotz stark schwankender Abwärmemengen und Arbeitsmassenströme sicher betrieben werden sollen, benötigen für einen sicheren Betrieb ein geeignetes Regelungskonzept. Im Vorhaben wurde ein modellbasiertes Regelungsverfahren für KompAct-SRC-Anlagen entwickelt und erprobt, das in der Lage ist, die Anlage auch bei dynamischer Betriebsweise durch modellprädiktive Regelung stets in einem sicheren und effizienten Betriebsfenster zu halten.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Förderprojekts KompAct wurde ein neues Anlagenkonzept zur Verstromung von bisher ungenutzter industrieller Hochtemperatur-Abwärme im Bereich von 200 bis 2000 kW(th.) und Temperaturen ab 400 °C anwendungsnah untersucht und in drei Handlungsfeldern anhand von techno-ökonomischen Kriterien optimiert. Zielsetzung des Vorhabens war die Reduzierung der Amortisationsdauer durch Verbesserungen bei den Schlüsselkomponenten Expander und Dampferzeuger im Zusammenspiel mit einer skalierbaren, reproduzierbaren und bauraumoptimalen Systemarchitektur.

In den Hauptentwicklungsbereichen des Projekts wurden während der Projektlaufzeit ein neuer Zwangsdurchlaufdampferzeuger mit 70 % reduziertem Volumen und Masse, eine neue Turbinen-Generatoreinheit mit bis zu 60 % Kosteneinsparung sowie eine gegenüber der Referenzanlage optimierte Systemarchitektur, die zu einer Halbierung der Amortisationszeit im Anwendungsfall mit der kleinsten Leistung führt, entwickelt. Höhere Leistungen bringen wirtschaftlich vorteilhaftere Situationen mit sich. Die optimierten Apparate und Nebenaggregate

wurden in der MicroRankine-Versuchsanlage der TH Nürnberg integriert.

Als Ergebnis des Vorhabens liegen wichtige Erkenntnisse darüber vor, wie das SRC-Verfahren genutzt werden kann, um Hochtemperatur-Abwärme aus Industrieprozessen oder Motoren wirtschaftlich in elektrischen Strom und Heizwärme umzuwandeln, um damit das Potenzial von ungenutzter Abwärme heben und so einen Beitrag zur Kopplung der Sektoren Strom und Wärme leisten zu können. In zukünftigen Projekten sollen an der TH Nürnberg weiterführende Optimierungen hinsichtlich des Einsatzgebietes mit dynamischen Betriebsweisen und einer Erweiterung des Verfahrens um einen Dampfspeicher untersucht werden. ■

DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich für die freundliche Förderung des Verbundprojekts „KompAct – Kompakte Abwärmeverstromung auf Basis des Clausius-Rankine-Prinzips mit Mikro-Dampfturbine“ (Eigenschreibweise KompACT) – durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im 7. Energieforschungsprogramm aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Abwärme und der Platz für die Versuchsanlage wurden von der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg zur Verfügung gestellt, bei der sich die Autoren ebenfalls herzlich bedanken.

Literatur

- [1] Forman, C. et al.: Estimating the global waste heat potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57 (2016), pp. 1568-1579, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.192>.
- [2] Dehli, M.: Energieeffizienz in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe: Energietechnische Optimierungskonzepte für Unternehmen. Wiesbaden/Heidelberg: Springer Vieweg, 2020.
- [3] König, J. et al.: Thermoelektrik: Strom aus Abwärme. BINE-Themeninfo I/2016, FIZ Karlsruhe GmbH, 2016.
- [4] Enescu, D.: Thermoelectric Energy Harvesting: Basic Principles and Applications. *Green Energy Advances*, IntechOpen, 2019, <https://doi.org/10.5772/intechopen.83495>.
- [5] Macchi, E.; Astolfi, M. (Hrsg.): Organic Rankine cycle (ORC) power systems: Technologies and applications. Woodhead Publishing, 2017, <https://doi.org/10.1016/C2014-0-04239-6>.
- [6] Kühn, A.: Abwärme – Rahmenbedingungen, Technische Potentiale und Betriebliche Risiken, Abwärme – Ein Unerschlossenes Potenzial der Wärmewende? Deutsche Ener-

gie-Agentur (dena), Workshop, Henningsdorf, 2020.

- [7] Raab, F.; Klein, H.; Opferkuch, F.: Steam Rankine Cycle instead of Organic Rankine Cycle for Distributed Waste Heat Recovery – Pros and Cons. Konferenzbeitrag, 6th International Seminar on ORC Power Systems, 2021, <https://doi.org/10.14459/2021mp1633019>.
- [8] Raab, F.; Klein, H.; Opferkuch, F.: A Steam Rankine Cycle Pilot Plant for Distributed Waste Heat Recovery. Konferenzbeitrag, 9th Heat Powered Cycles Conference, 2022, S. 516-523, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7234548>.
- [9] Ambros, P.; Raab, D.; Keite, M.; Raab, F.; Opferkuch, F.: Compact and High Efficient Rankine-Evaporator following Economical Targets. Konferenzbeitrag, 6th International Seminar on ORC Power Systems, 2021, <https://doi.org/10.14459/2021mp1633120>.
- [10] Streit, P.; Weiß, A. P.: Parameterized, numerical design of a two-wheel Curtis steam turbine for small scale WHR. Konferenzbeitrag, 20th Conference on Power System Engineering, MATEC Web Conf. 345, 2021, <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134500031>.



Florian Raab

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Forschungsgruppe für Dezentrale Energiewandlung und Speicherung

florian.raab@th-nuernberg.de

Foto: TH Nürnberg



Prof. Dr.-Ing. Frank Opferkuch

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Forschungsgruppe für Dezentrale Energiewandlung und Speicherung

Foto: TH Nürnberg

Dr.-Ing. Peter Ambros

TheSys GmbH

Daniel Büschelberger

CTWe GmbH

Andreas Hastreiter

UAS Messtechnik GmbH

Prof. Dr.-Ing. Harald Klein

Technische Universität München

Daniel Raab

Aprovis Energy Systems GmbH

Rüdiger Scharf

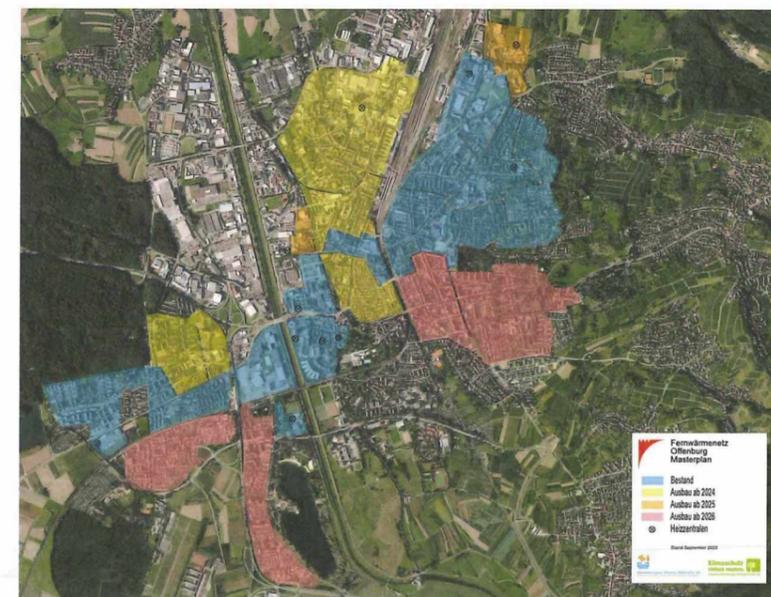
Deprag Schulz GmbH u. Co. KG

Prof. Dr.-Ing. Andreas P. Weiß

OTH Amberg-Weiden

OTH Amberg-Weiden

Vorschau 9/10-2024



Kommunale Wärmeplanung in der Praxis. Foto: Wärmeversorgung Offenburg (WVO)

IT-Sicherheit

Die wachsende Zahl von Diebstählen und der Vandalismus an Windkraft- und Solar-Anlagen erfordern Lösungen. Eine Maßnahmen zur Sicherung dieser Anlagen ist die Videoüberwachung.

Aufbereitung

Neben der Verarbeitung des Schmutzwassers, verwertet der Abwasserverband Hall in Tirol mithilfe eines eigenen Sammelsystems das Altspisefett der Region.

Wärmenetze

In Offenburg koppelt ein neues Wärmekraftwerk industrielle Abwärme aus und speist sie in das eigene Fernwärmenetz ein. Das Projekt zeigt, wie kommunale Wärmeplanung erfolgreich und langfristig realisiert werden kann.