

**D**ie Zukunft des Energiercyclings ist auf den ersten Blick unspektakulär: ein wenige Quadratmeter großer Kühlraum, ein paar isolierte Rohre, fünf knallgrüne Kompressoren und ein Schrank mit Schalttechnik. Diese Zukunft steht in einem Meny-Supermarkt im dänischen Fredericia, wo auch Elmer mit einem Pfund Nordseekrabben und frisch geschmierte Smørebød im Angebot verkauft werden.

VON TOBIAS KAISER  
AUS FREDERICIA UND RINGSTED

Anja Meiner Jensen, die das Projekt für den dänischen Anlagenhersteller Danfoss betreut, erklärt, was hier passiert: Wärmetausch. Im Kleinen wird wiederverwendet, was anderswo in noch viel größeren Mengen abfällt – unvermeidbare Abwärme, die bisher als Abfallprodukt entsteht, wenn Maschinen laufen, wenn irgendwo geheizt oder gekühlt wird. Auch in Deutschland wird es künftig wichtiger, diese Abwärme einzufangen. Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck (Grüne) will, dass schon bis zum Jahr 2030 die Hälfte der Energie in Fernwärmenetzen aus erneuerbaren Quellen oder aus recycelter Abwärme stammt. Das zeigt ein Blick in den Referentenentwurf zum Wärmepflanzgesetz, der diese Woche bekannt wurde.

Vor welchen Herausforderungen Deutschland dabei steht, zeigt der Blick nach Dänemark. Die Grundidee ist simpel, wie man an der Anlage im Meny-Supermarkt sieht. Die Wärme kommt aus den Aggregaten der Tiefkühltruhen und Kühlregale, die in langen Reihen in dem Markt stehen. Das Prinzip kennt fast jeder vom Kühlschranks in der heimischen Küche: Hinter dem Gerät ist es besonders warm. Das Kühlmittel, das in den Wänden des Kühlschranks zirkuliert, nimmt Wärme aus dem Inneren auf und gibt sie nach außen ab – das Innere wird kalt gehalten, außen erwärmt sich die Luft.

Ursprünglich hat auch der Meny-Markt, wie fast alle Supermärkte, die warme Luft nach außen geleitet. Seit mehr als einem Jahr wird die Abwärme aber gesammelt. Sie heizt in den kalten Monaten den Supermarkt und sorgt für heißes Wasser. Im Sommer, wenn die Kühltruhen auf Hochtouren laufen, speist die Anlage sogar Wärme in das Fernwärmenetz ein und verdient damit zusätzliches Geld.

Für den Supermarkt lohnt sich das, rechnet Meiner Jensen vor. Er versorgt sich praktisch komplett selbst mit Wärme. Die Heizkosten seien im vergangenen Jahr trotz der Energiekrise fast 90 Prozent niedriger als im Vorjahr gewesen. Gleichzeitig wurden durch das Wärmercyclings sieben Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden. In Dänemark nutzen bereits 139 Läden das System. Hierzulande laufen gerade einmal Anlagen in drei Filialen der süddeutschen Kette V-Markt.

#### ABWÄRME DER INDUSTRIE

Auch in vielen anderen Betrieben fällt unvermeidbare Abwärme an. In Kraftwerken und Hochöfen beispielsweise, aber auch in Kläranlagen, in Kühlhäusern, Brauereien, Rechenzentren oder in Wäschereien. „Immer wenn irgendwo Dampf aufsteigt, ist das Abwärme, die verlorengeht und wiederverwendet werden könnte“, sagt Drew Turner, Direktor für Sektorintegration bei Danfoss. Auch andere Unternehmen wie Trane, York, MAN oder der Viessmann-Käufer Carrier verkaufen entsprechende Technologien.



Heidelberg. „Kraftwerke wandeln beim Verbrennen von Gas oder Kohle lediglich 40 Prozent der im Brennstoff enthaltenen Energie in Strom um, rund 60 Prozent der Energie gehen ungenutzt in die Atmosphäre.“ Kraft-Wärme-Kopplung, etwa in modernen Blockheizkraftwerken, verbessert zwar die Energieausnutzung. Ein großer Teil des hierzulande konventionell erzeugten Stroms kommt aber aus Anlagen, deren Abwärme verfliegt.

Im Kraftwerk von Ringsted Forsyning wird Stroh verbrannt, eine Wärmepumpe ist Teil der Anlage

Auch Fabriken, Schmelzen und Hochöfen haben Potenzial für das Abwärme-Recycling. Das gilt vor allem für die energieintensive Herstellung von Grundstoffen wie Chemikalien, Zement oder Stahl. Dabei wird es sehr heiß. Geringere Temperaturen liefern Abwasser oder Rechenzentren, dafür aber sehr gleichmäßig. Diese Abwärme kann in Großwärmepumpen genutzt werden.

Wie dabei auch der letzte Rest der warmen Luft eingefangen werden kann, lässt sich im dänischen Ringsted besichtigen. Der lokale Versorger Ringsted Forsyning nutzt dort mehrere Energiequellen: Ein Gaskraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt Strom, in einem weiteren Kraftwerk wird der nachwachsende Rohstoff Stroh verbrannt, um Wärme für das Fernwärmenetz zu erzeugen, und eine mit grüner Windenergie betriebene Wärmepumpe liefert ebenfalls Wärme.

Ein Teil der Energie aus dem Stroh ging lange verloren: Die heiße Luft aus dem Strohkraftwerk wird, nachdem sie einen Teil ihrer Wärme an das Fernwärmewasser abgegeben hat, gereinigt, bevor sie in die Atmosphäre geblasen wird. Inzwischen wird auch die letzte Restwärme aus dieser gereinigten Luft abgefangen und in eine Wärmepumpe geleitet, um das Wasser für das Fernwärmenetz zu erhitzen. „Mit der eingefangenen Abwärme von Verbrennungsluft erzeugen wir immerhin zehn Prozent unseres gesamten Outputs von dem Stroh-Wärmewerk“, sagt Kraftwerksleiter Ole Bandelow Winter.

Dänemark hat ideale Bedingungen, um Abwärme wiederzuverwenden. Aktuell sind fast zwei von drei Haushalten in dem Land an Fernwärmenetze angeschlossen und werden über die Rohrleitungen mit heißem Wasser versorgt, das Wärme zum Heizen und für Warmwasser liefert.

#### EIN WEITER WEG

In Deutschland ist Fernwärme weniger stark verbreitet. IFEU-Forscher Blömer schätzt den Anteil der angeschlossenen Haushalte auf 14 Prozent. Die wenigen Fernwärmeleitungen sind das größte Hindernis für mehr Wärme-Recycling. „Uns fehlt in Deutschland an vielen Orten die Infrastruktur, um unvermeidbare Abwärme überhaupt nutzen zu können“, sagt Blömer.

Das ändert sich jetzt. Die Bundesregierung will den Ausbau der Fernwärme mit Milliarden fördern. Die Kommunen sollen künftig Quellen von Abwärme in sogenannten Wärmekarastern erfassen, damit Versorger einen Überblick haben, von wo sie Abwärme einspeisen könnten. Erste Pilotprojekte sind geplant: Berlin will künftig mit Abwasser heizen, in Frankfurt sollen Rechenzentren Tausende Wohnungen warm halten, in Hamburg wird Abwärme aus einer Kupferhütte gezapft. Aber bis die bisher vernachlässigte Energiequelle in Deutschland wirklich funktioniert, ist es noch ein weiter Weg.

# Heiße LUFT

Viele Anlagen erzeugen Wärme als Abfallprodukt. Damit könnten jetzt Wohnungen geheizt werden. In Deutschland gibt es dabei allerdings eine große Hürde

Danfoss schätzt, dass in der EU jedes Jahr 2860 Terawattstunden (TWh) an unvermeidbarer Abwärme entstehen. Das entspräche beinahe dem gesamten Energiebedarf, um Wohn- und Verwaltungsgebäude, Schulen, Krankenhäuser, Einkaufszentren und Hotels in der EU zu heizen und mit Warmwasser zu versorgen. Diese Schätzungen sind möglicherweise sehr

optimistisch, aber auch konservativere Beobachter sehen erhebliches Potenzial. Die deutsche staatliche Energieagentur Dena etwa geht davon aus, dass in der Industrie hierzulande jedes Jahr 125 Terawattstunden Abwärme entstehen, die sinnvoll aufgefangen werden könnten. Das entspräche einem Fünftel des gesamten Bedarfs für Heizenergie in Deutschland.

Es ist kein Wunder, dass die Dena vor allem die Industrie-Abwärme interessiert. Die mit Abstand größten Quellen sind Kraftwerke und Industrieanlagen. „Der Wasserdampf, der aus den Kühlröhrmen großer Kraftwerke aufsteigt, macht aktuell noch einen großen Teil der Überschusswärme in Deutschland aus“, sagt Sebastian Blömer vom Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) in