

# ENERGIE- UND CO<sub>2</sub>-EINSPARMÖGLICHKEITEN

## DURCH THERMOGRAFISCHE MESSVERFAHREN UND DIGITALE TOOLS IDENTIFIZIEREN

**Die Kosten für Energie und die Emission von Treibhausgasen sind so hoch wie nie zuvor und steigen weiter. Kostete das Emissionsrecht für eine Tonne CO<sub>2</sub> in 2013 noch unter 3 Euro, waren es Anfang 2022 bereits fast 90 Euro, eine Verdreißigfachung innerhalb eines knappen Jahrzehnts.**

Noch schneller geht es bei den Energiekosten: Eine Erdgaseinheit (mmBTU – etwa 26,4 m<sup>3</sup>) war Mitte 2020 noch für ca. 1 Euro zu haben, aktuell sind es fast 5 Euro. In Industrieanlagen liegen derzeit gigantische Einsparpotenziale brach, die durch die Optimierung von technischen Dämmungen umgesetzt werden könnten. Hierbei geht der Anlagenbetreiber kaum ein finanzielles Risiko ein, da sich nahezu alle Dämmmaßnahmen innerhalb eines Jahres amortisieren, die Maßnahmen generieren ab dem zweiten Jahr Kapital in Form von Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen. Diese Einsparpotenziale sollen nun mit thermografischen Messverfahren identifiziert und mit digitalen Tools kalkuliert werden.

Explodierende Energie- und CO<sub>2</sub>-Preise zwingen zum Einsparen. Je schneller diese Preise steigen, desto weniger Zeit bleibt, darauf reagieren zu können. Mitte 2020 kostete das Emissionsrecht für eine Tonne CO<sub>2</sub> noch überschaubare 15 Euro und die mmBTU Erdgas 1 Euro. Mit einem derart rasanten Anstieg (Versechsfachung des CO<sub>2</sub>- und fast Verfünfachung des Erdgaspreises) innerhalb von nicht einmal zwei Jahren haben

die wenigsten gerechnet, dementsprechend ist schnelle Hilfe dringend nötig. Jedoch muss Einsparung nicht wehtun, ganz im Gegenteil: In europäischen, aber auch deutschen Industrieanlagen liegen gigantische Einsparpotenziale brach, deren Umsetzung den Energieverbrauch und somit die CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 10 % senken könnten ohne wirklich Kosten zu verursachen.

### Was sind das für Einsparpotenziale?

In der Industrie wird zumeist kostendeckend und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gearbeitet. Wurde z. B. vor einem Jahrzehnt eine Anlage gebaut, die Wärme durch die Verbrennung von Erdgas erzeugt und als Abfallprodukt CO<sub>2</sub> emittiert, wurde nur das gedämmt, was sich „gerechnet“ hat. Wird die Wärme z. B. durch Rohrleitungen transportiert, so wurden die normalen Rohre (auch als „ungestörte Rohrleitung“ bezeichnet) gedämmt, da hierfür Dämmung per Meterware von der Stange gekauft werden konnte. Ungedämmt blieben zumeist die sogenannten „Sonderformen“, hierzu gehört alles, was sich in der Geometrie von einer ungestörten

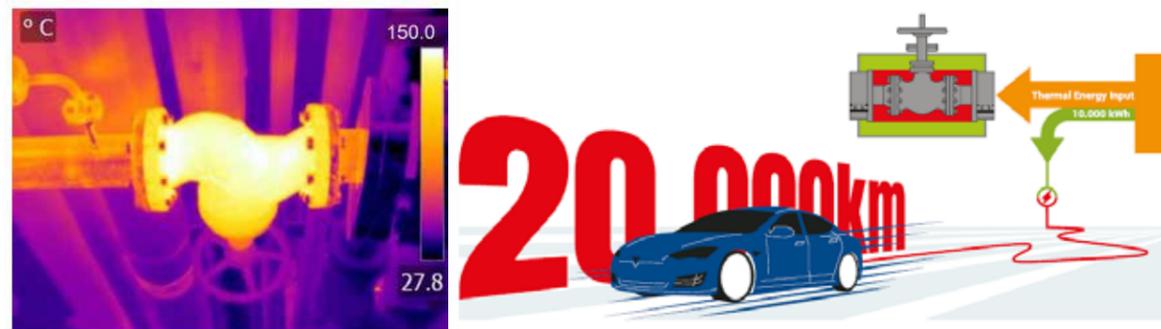


Abbildung 1: Unglaublich aber wahr: Mit der Energie, die ein solch ungedämmtes Bauteil verliert (DN 150 Ventil, 150°C heiß), könnte man das ganze Jahr mit einem Tesla fahren! Quelle: EiiF.

Rohrleitung unterscheidet, wie z. B. Flansche, Armaturen, Ventile etc. Es war schlichtweg betriebswirtschaftlich uninteressant, diese vergleichsweise wenigen Sonderformen zu dämmen, da die Dämmung dieser Bauteile im Gegensatz zur ungestörten Rohrleitung ein Vielfaches kostete. Energie war billig, so auch die CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate, die Dämmung dieser Anlagenteile wurde als wirtschaftlich nicht sinnvoll erachtet „und dann blieb das erstmal so“. Auch als die Preise bereits anzogen hat sich daran nicht wirklich etwas geändert, da gerade für die Industrie günstigere Konditionen bestehen als für private Verbraucher.

Um bildlich vor Augen führen zu können, wie diese Einsparpotenziale aussehen und wie diese umgesetzt werden können, hier ein kleines Beispiel aus der Praxis: In Abbildung 1 ist links eine Thermografieaufnahme eines ungedämmten Ventils (DN 150) gezeigt. Das Ventil wurde mit 150 °C gemessen und befindet sich in einer Raffinerie, die das ganze Jahr produziert. Der Energieverlust lässt sich berechnen, indem die Abstrahlfläche des Bauteils vermessen wird (je größer, desto mehr), die

Temperaturdifferenz zur Umgebung (je heißer, desto mehr) und die Betriebsstunden berücksichtigt werden (je länger, desto mehr). Dieses ungedämmte Bauteil verursacht dem Anlagenbetreiber jährlich einen Energieverlust von 10.000 kWh, das entspricht dem jährlichen Stromverbrauch einer achtköpfigen Familie. Würde der Wärmeverlust in Strom umgewandelt (hierbei ist ein Wirkungsgrad von ca. 40 % realistisch), könnten damit 20.000 km mit einem Tesla gefahren werden.

### Wie häufig liegen solche Einsparpotenziale vor?

Wie eingangs erwähnt, ist das Einsparpotenzial in der Industrie gigantisch. Studien, Hochrechnungen, aber auch auf Grundlage von bereits durchgeführten Energieaudits in der Industrie (sogenannte TIPCHECKS – Technical Insulation Performance CHECK) kann dieses Einsparpotenzial auf jährlich 40 Milliarden Kilowattstunden und somit 10 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> geschätzt werden – allein für Deutschland (Abbildung 2). Im Umkehrschluss bedeutet das: Um diesen Energieverlust kompensieren zu können, sind drei Kohlekraftwerke vom Format der „Schwarzen Pumpe“ nötig, was eben vermeidbar wäre.



Abbildung 2: In Deutschland entstehen jährlich vermeidbare Verluste von 40 Milliarden Kilowattstunden (1 toe = 11.630 kWh) und 10 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>. Quelle: EiiF.

### Und was kosten die Einsparpotenziale?

Um diese Frage klären zu können, betrachten wir weiter das Beispiel des ungedämmten Ventils, das fortan der Einfachheit halber als „das Ventil“ bezeichnet wird. Der Energieverlust für das Ventil wurde bereits mit 10.000 kWh pro Jahr angenommen, wofür Abstrahlfläche, Temperaturdifferenz und Betriebsstunden herangezogen wurden. Nehmen wir weiter an, dass die Prozesswärme in dem vorliegenden Beispiel durch Erdgas erzeugt wird und die Kilowattstunde Erdgas dem Betreiber 5 ct kostet – eine Annahme, die bis Ende 2021

noch durchaus gerechtfertigt war. Erdgas erzeugt bei der Verbrennung ca. 202 g CO<sub>2</sub> pro kWh (nach VDI 4610). Jetzt kann berechnet werden, wieviel das Erdgas kostet, das notwendig ist um 10.000 kWh an Wärme zu erzeugen und wieviel CO<sub>2</sub> dabei produziert wird: Das sind 500 Euro für das Gas und es entstehen ca. 2 Tonnen CO<sub>2</sub>. Beziffern wir noch die Tonne CO<sub>2</sub> mit 70 Euro (Stand 24.03.2022), dann verursacht das Ventil jedes Jahr einen wirtschaftlichen Verlust von 640 Euro. Werden die Kosten für Erdgas und CO<sub>2</sub> von Mitte 2020 für die

Berechnungen des ungedämmten Ventils zugrunde gelegt, so fallen die Kosten nur etwa ein Viertel so hoch aus (siehe Annahmen oben auf Grundlage der aktuellen Preise), demnach war eine Dämmmaßnahme noch wirtschaftlich uninteressant. Für 640 Euro ließe sich das Ventil jedoch technisch dämmen, dadurch wäre die Dämmmaßnahme innerhalb von einem Jahr über die Kosteneinsparung refinanziert – eine Amortisationsrate von einem Jahr liegt vor. Für Deutschland bedeutet das aktuell vermeidbare Energieverluste von über 2 Milliarden Euro und zusätzlich 700 Millionen Euro an CO<sub>2</sub>-Kosten – und das auch nur, wenn als Primärenergieträger günstiges Erdgas herangezogen und Strom in der Rechnung vernachlässigt wird.

### Schritt 1: Die Energieverluste identifizieren

Im ersten Schritt muss festgestellt werden, ob ein Problem vorliegt. Um Energieverluste identifizieren zu können, haben sich in der Vergangenheit Energieaudits bewährt. Hierbei betritt eine sachkundige Person ein Gebäude und analysiert dieses auf Energieverluste. Bei Nichtwohngebäuden wie z. B. betriebstechnischen Anlagen in der Industrie sind spezielle Voraussetzungen mitzubringen. TIPCHECK-engineers bspw. sind geschulte Energieauditorinnen und Energieauditoren (nach DIN EN 16247 bzw. ISO 50002), die Industrieanlagen auf vermeidbare Energie- und CO<sub>2</sub>-Verluste untersuchen. In der Vergangenheit wurden über 2500 solcher TIPCHECKs durchgeführt, die alle eine deutliche Sprache sprechen: Jeder TIPCHECK offenbart Energieverluste; das in den Studien vermutete gigantische Einsparpotenzial ist tatsächlich vorhanden. Um diese Einsparpotenziale (bei Wärme oder auch Kälte) identifizieren zu können, analysiert der TIPCHECK-engineer die Anlage mithilfe einer Thermografiekamera. Da dies gerade bei großen Anlagen ein sehr langwieriges Unterfangen ist, wurde ein Gerät entwickelt, das komplette Thermografiepanoramen auf Knopfdruck erstellt und diese mit Fotos kombiniert. Hiermit können innerhalb von 10 Minuten



Abbildung 3: Ausschnitt eines Thermografiepanoramas. Wärmeverluste werden rot-weiß dargestellt. Das interaktive Panorama kann unter <https://tbi.eiif.org/projects/DT360/tour.html> betrachtet werden.

Areale bis zu einem Durchmesser von 40 Metern vermessen werden. Sämtliche Energieverluste, ob Wärme oder Kälte, werden aufgezeichnet und können anschließend ausgewertet werden.

Im folgenden Beispiel wurde ein Blockheizkraftwerk auf Energieverluste untersucht. Hierfür wurde von der Umgebung zuerst ein Thermografiepanorama angefertigt und anschließend mit einem Panoramafoto kombiniert. In Abbildung 3 ist ein Ausschnitt des so erstellten kombinierten Panoramas gezeigt. Energieverluste in Form von Wärmeverlusten sind hier rot-weiß dargestellt und zahlreich vorhanden. Berücksichtigt man das Ventil aus Abbildung 1, das einen wirtschaftlichen Verlust von jährlich ca. 640 Euro verursacht, bekommt man eine vage Vorstellung davon, was die ungedämmten Bauteile in diesem Blockheizkraftwerk verursachen: Hier konnte allein der Energieverlust, ohne das verursachte CO<sub>2</sub> zu berücksichtigen, mit über 4000 Euro festgestellt werden. Der Anlagenbetreiber hat daraufhin umgehend die notwendigen Dämmmaßnahmen eingeleitet und vor Kurzem mitgeteilt, dass diese sich bereits amortisiert hätten. Das interaktive Panorama kann unter <https://tbi.eiif.org/projects/DT360/tour.html> betrachtet werden.

Eine weitere interaktive Analysemöglichkeit ist unter <https://tbi.eiif.org/projects/Eiif/Viewer2805.html> zu finden. Beide Beispiele können auch mobil auf dem Smartphone geöffnet werden.

### Schritt 2: Die Energieverluste kalkulieren

Nachdem die Energieverluste visualisiert wurden, müssen sie noch kalkuliert werden. Wie dies im klassischen Vorgehen gehandhabt wird, wurde bereits erläutert: Der Energieverlust setzt sich aus der Abstrahlfläche des ungedämmten Bauteils, dessen Temperaturdifferenz zur Umgebung sowie der Betriebsdauer pro Jahr zusammen (10.000 kWh für das Ventil). Für die Energiekosten muss der Energieverlust mit den Kosten



Abbildung 4: Auswertung der TBI-App. Links sind die eingegebenen Parameter abgebildet, in der Mitte das Ventil und rechts das Einsparpotenzial in kWh, CO<sub>2</sub> und Euro.

des Primärenergieträgers kalkuliert werden (z. B. Erdgas mit 5 ct/kWh). Die CO<sub>2</sub>-Kosten errechnen sich durch die benötigte Energie und die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Primärenergieträgers (Erdgas mit 202 g/kWh). Auch hierfür gibt es eine schnelle, einfache und zeitgemäße Lösung – die TBI-App (TIPCHECK Based Inspection) der EiF. Die App ist kostenlos für IOS und Android erhältlich und läuft auf nahezu jedem Smartphone und Tablet.

Für unser Beispiel – das Ventil – wurden die Parameter in die kostenlose TBI-App eingegeben. In Abbildung 4 ist links erkennbar, wie sich der Energieverlust zusammensetzt, aus „Operational time full year“, der Oberfläche (Valve – 168.3 mm Diameter, was dem Außendurchmesser des DN 150 Ventils entspricht) und der Temperaturdifferenz „Surface temp“ abzüglich „Ambient temperature“. Die Energiekosten sowie die Art des Primärenergieträgers werden bereits zuvor als „Project“ in die App eingegeben. Der mittlere Teil des Bildes zeigt das Ventil als blau lackiertes (Painted [0.90]) „Uninsulated Valve“ an. Rechts sind drei Balkendiagramme erkennbar: Current Situation, Basic Insulation und Good Insulation. Die TBI-App kalkuliert hier zuerst den IST-Zustand (Current Situation) mit einem Energieverlust von 10.520 kWh, verursachten Kosten von 526 Euro sowie der Emission von 2,13 t CO<sub>2</sub>. Anschließend schlägt die App zwei Dämmmaßnahmen vor: Die „Basic Insulation“ entspricht einer Dämmung, die ausreichend ist, um die Oberflächentemperatur des Bauteils von 150°C auf 50°C zu reduzieren. Hierdurch werden Vorgaben der Betriebssicherheit erfüllt, die nach einem Berührungsschutz bei Oberflächen heißer als 50 °C verlangen. Die „Good Insulation“ bedeutet eine Energieeffizienzklasse C nach VDI. Auf der nächsten Seite der TBI-App (hier nicht gezeigt) werden alle Werte in tabellarischer Form abgebildet: Das Einsparpotenzial zwischen der „Current Situation“ (Verlust von 10.520 kWh, 526 Euro und 2,13 t CO<sub>2</sub>) und der

„Good Insulation“ (Verlust von 450 kWh, 23 Euro und 0,09 t CO<sub>2</sub>) beträgt demnach für das Ventil: 10.070 kWh, 503 Euro und 2,04 t CO<sub>2</sub>.

### Beratung zur Selbsthilfe

Die Würzburger Umwelt- und Qualitätsmanagement Consulting GmbH (WUQM) und die European Industrial Insulation Foundation (EiIF) bilden Online firmeneigenes Personal im Umgang mit der TBI-App aus. Hierbei werden neben dem Umgang mit der kostenlosen TBI-App auch die Grundvoraussetzungen vermittelt, wie Energieverluste identifiziert, kategorisiert und behoben werden können. Die Online-Weiterbildung umfasst neben Informationen zu den klassischen Energieverlusten Wärme und Kälte auch Einsparpotenziale durch elektrische Verbraucher. Zusätzlich werden die Dokumentation und Kalkulation der gefundenen Einsparpotenziale geschult und wie geeignete Fördermittel beantragt werden können. Dies soll Firmen unterstützen, sich selbst zu helfen: Betriebseigenes Personal kennt die eigene Anlage besser als jeder Energieauditor oder jede Energieauditorin. So erhalten Unternehmen die Möglichkeit, selbst Energieaudits durchführen zu können und die dadurch identifizierten Verluste durch maßgeschneiderte Dämm Lösungen zu beheben. Zusätzlich werden klassische Energieaudits angeboten, bei denen der energetische IST-Zustand einer Anlage oder eines Betriebs ermittelt wird.

### Autor

Dr. Sebastian Fiedler  
WUQM Consulting GmbH  
Bürgerbräu 02 Sudhaus  
Frankfurter Straße 87, 97082 Würzburg  
Deutschland  
T: +49 (0)931 / 780970 22  
sebastian.fiedler@wuqm.de