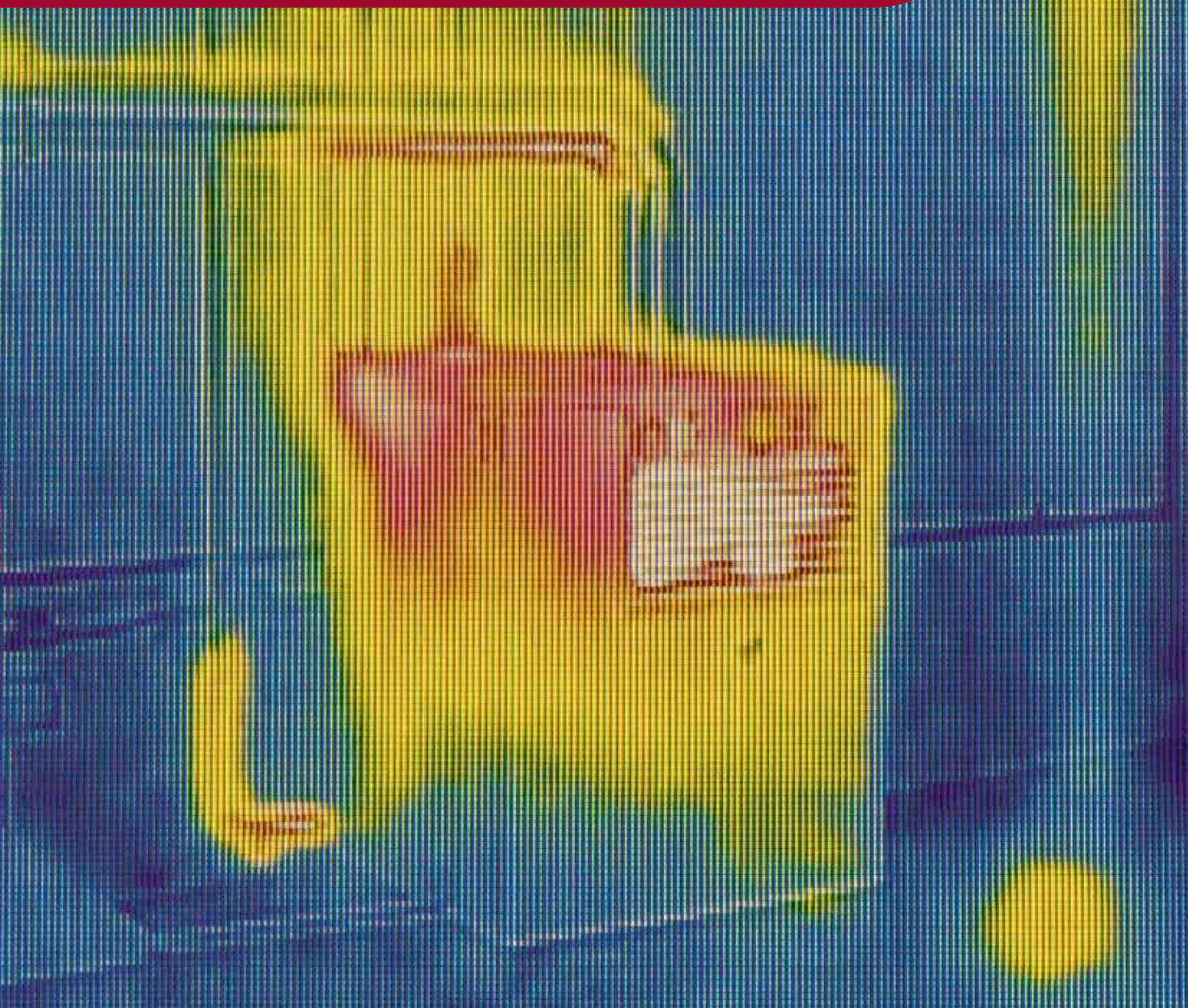


## Leitfaden: Energieeffiziente Abwärmenutzung

---

Umgang mit der Wärmebildkamera FLIR-T440bx.  
Tipps für die betriebliche Energieeinsparung.





# Inhaltsverzeichnis

---

1	Legende   Messgeräte für Unternehmen	Seite 4
2	Vorwort	Seite 5
3	Die Wärmebildkamera	Seite 6
3.1	Aufbau	
3.2	Startbildschirm und Menüelemente	Seite 7
3.3	Messparameter	Seite 8
3.4	Messwerkzeuge	Seite 10
3.5	Farbalarme	Seite 11
3.6	Verstellen der Temperaturskala	
3.7	Bildnachbearbeitung	Seite 12
3.8	FLIR-Tools	
3.8.1	Bluetoothgerät hinzufügen	
3.8.2	WLAN-Verbindung herstellen	
4	Ansätze zur Optimierung	Seite 14
4.1	Was ist Abwärme und wie tritt sie auf	
4.2	Typische Abwärmequellen	
4.2.1	Druckluftanlagen	
4.2.2	Trocknungsanlagen	
4.2.3	Kühlprozesse	
4.2.4	Verbrennungsanlagen	
4.3	Bewertung von Abwärme	Seite 15
4.3.1	Temperaturniveau	
4.3.2	Abwärmemenge	
4.3.3	Gleichzeitigkeit	
4.3.4	Raum- und Platzverhältnisse	
4.3.5	Nutzungsdauer	
4.4	Vermeiden von Abwärme	Seite 16
4.4.3	Dimensionierung und Steuerung des Prozesses	
4.4.4	Isolation	
4.5	Technik zur Abwärmennutzung	Seite 17
4.5.1	Wärmebereitstellung	
4.5.2	Technik zur Kälteerzeugung	
4.5.3	Stromerzeugung durch Abwärme	
5	Anhang	Seite 21
5.1	Checkliste „Bedienung der Wärmebildkamera“	
5.2	Schritt für Schritt Anleitung	Seite 22
5.3	Checkliste „Nutzung industrieller Abwärme“	Seite 25
5.4	Emissionsgrade	Seite 26
5.5	Quellenverzeichnis	Seite 28

# Messgeräte für Unternehmen

---

**Energieflüsse messen, Verschwendungen aufzeigen, Kosten senken.** Die Allianz für die Region GmbH bietet in Kooperation mit der Niedersächsischen Lernfabrik für Ressourceneffizienz e. V. (NiFaR) aus Wolfenbüttel Unternehmen und Energieberatern den Energiemesskoffer und weitere Handmessmittel zur Energieerfassung an. Diese stehen zur Miete, für den Einsatz im Betrieb oder für eine Teilnahme an einer Schulung für betriebliche Messtechnik zur Verfügung.

**Der Energiemesskoffer** dient zur Darstellung von innerbetrieblichen Energieflüssen. Mit ihm lassen sich elektrische Leistungsmessungen sowie Druckluftmessungen an einzelnen Maschinen oder Gebäudeteilen durchführen. Der Messkoffer ist mit Messadaptern und Leistungsmessklemmen versehen, die es ermöglichen Ströme bis 300 A und Druckluftverbräuche bis 5000 l/min zu erfassen.

Für die Lokalisierung und Bewertung von Abwärmequellen, egal ob offensichtliche Quellen wie Verbrennungs- und Trocknungsprozesse, oder unbekanntes Quellen wie unzureichende Isolierung von Heizungsleitungen eignet sich der Einsatz der **Wärmebildkamera**.

Zur Suche von Druckluftleckagen kann das **Ultraschallmessgerät** verwendet werden. Vorteile sind unter anderem, dass keine Vorrichtungen/Anbauten notwendig sind und keine Betriebsunterbrechung für die Leckagesuche erforderlich ist.

Mit Hilfe des **Beleuchtungsstärkenmessers** kann die Beleuchtungssituation in Betrieben untersucht werden. Das Gerät ermöglicht die Messung der Beleuchtungsstärke in LUX. Es kann für die Bewertung der betrieblichen Beleuchtungssituation sowie für den Vorher/- Nachhervergleich bei Beleuchtungsumrüstungen verwendet werden.

Des Weiteren steht ein **Infrarotthermometer** zur Verfügung, mit dem Oberflächentemperaturen berührungslos ermittelt werden können.

Die Messgeräte stehen den Mitgliedsunternehmen des Energiemanagement-Clubs, der KIM-Gruppe (Kooperationsinitiative Maschinenbau e. V.) und den Mitgliedern der Regionalen EnergieAgentur e. V. zwei Wochen pro Jahr kostenlos zur Verfügung. Die Unternehmen und Energieberater der Region sind herzlich eingeladen, die Messmittel zu nutzen. Der Energiemesskoffer und die Handmessmittel können gegen eine Gebühr von jeweils 100 € pro Woche angemietet werden.

Ergänzend zu den Messgeräten werden Leitfäden zu den Themen Beleuchtung, Druckluftanlagen, Abwärmenutzung bereitgestellt, welche die Bedienung der Messgeräte erläutern sowie Tipps und Hinweis für die betriebliche Energieeffizienz geben.

Bei Interesse oder Nachfragen, sprechen Sie uns an!



Hier wird an einem Praxisbeispiel die Berechnung einer Energieeffizienz-Maßnahme dargestellt.



Hier ist eine besonders erfolgsversprechende Maßnahme oder eine konkrete Handlungsempfehlung dargestellt.



Achtung/Vorsicht!



Hier gilt es, regelmäßig Wartung und Instandhaltung umzusetzen.



Hier sind wichtige Hinweise angegeben.

## 1 Legende

---

Für den Leitfaden wurde ein Navigationssystem entwickelt, welches durch die dargestellte Symbolik das Auffinden wichtiger Informationen erleichtert.



## 2 Vorwort

---

Der Konkurrenzkampf zwischen den produzierenden Unternehmen wird durch die stetig steigenden Rohstoff- und Energiepreise zusätzlich erschwert. Ein Unternehmen muss mehr als nur ein gutes Produkt vorweisen können, um konkurrenzfähig zu bleiben. Energieeffizienz spielt deshalb in der Produktion eine zunehmend wichtige Rolle. Vor allem das Thema Abwärme beinhaltet viel Optimierungsbedarf.

Viele der heutigen industriellen Prozesse, egal ob thermisch, elektrisch oder mechanisch, verursachen Abwärme. Dabei sind die Ursache, die Menge, das Niveau und die Art der Wärmeübertragung von Prozess zu Prozess unterschiedlich.

Dieser Leitfaden befasst sich mit der Problematik, dass große Mengen an Abwärme meistens nicht bekannt sind, da Firmen die Freisetzung thermischer Energie unterschätzen und den Umgang mit einer Wärmebildkamera oft nicht in Betracht ziehen oder nicht beherrschen. Auch bei Bewusstsein über das Vorkommen industrieller Abwärme sind selten Möglichkeiten bekannt, diese effizient zu nutzen.

Daher wird im Folgenden der Umgang mit der Wärmebildkamera der Firma FLIR gezeigt. Insbesondere für die Identifikation und Bewertung von Abwärmequellen, egal ob offensichtliche wie Verbrennungs- und Trocknungsprozesse, oder unbekannte Quellen wie Druckluftanlagen und Kühlprozesse, werden wichtige Funktionen erklärt. Industriell kann die Wärmebildkamera in den Bereichen der Hochtemperaturen, besonders in der Roheisen- und Metallindustrie, zur Anwendung kommen. Doch auch in den Mitteltemperaturbereichen, vor allem die Kunststoff-, die Zement- und die Ernährungsindustrie, bieten ein großes Einsatzspektrum für die Wärmebildkamera.

Ein Verhindern oder Eindämmen der Abwärme ist immer der erste Schritt. Anhand der Punkte Prozessoptimierung und Anlagenisolation soll dieser Leitfaden zeigen, dass Produktionseffizienz schon durch viele kleine Änderungen möglich ist. Darüber hinaus werden Techniken zur Wärmebereitstellung über den Einsatz von Wärmetauscher, Wärmepumpen und Wärmespeicher vorgestellt. Auch die Kälteerzeugung durch Abwärme ist eine Alternative. Mit aktueller Technik kann industrielle Abwärme für verschiedene Prozesse genutzt und die Effizienz gesteigert werden.

Ein ebenfalls wichtiger Bereich der Abwärmenutzung ist die Stromerzeugung. Bisherige mechanische Prozesse, in denen über Dampfturbinen Strom gewonnen wurde, könnten künftig durch thermo- und piezoelektrische Prozesse oder den Einsatz von Thermophotovoltaik ersetzt werden. Jedoch ist eine effiziente industrielle Anwendung dieser Technik noch nicht ausreichend erforscht, sodass eine kostengünstige Nutzung im Gebiet der Abwärme noch nicht in Aussicht steht.

In erster Linie soll dieser Leitfaden dazu dienen, Anregungen zum Thema Abwärme und Abwärmenutzung zu bekommen. Dazu werden der Umgang mit der Wärmebildkamera und das Vorgehen bei Messungen erläutert, sodass ein selbstständiges Identifizieren von Abwärmequellen möglich ist und anhand des Leitfadens entsprechende Maßnahmen vollzogen werden können.

Der Leitfaden „Energieeffiziente Abwärmenutzung“ wurde von der Allianz für die Region GmbH beauftragt und entstand in Zusammenarbeit mit der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften und der Niedersächsischen Lernfabrik für Ressourceneffizienz. Im Rahmen von Forschungstätigkeiten zum Thema Energieeffizienz wurde mit Hilfe eines eigens entwickelten Messkoffers der Allianz für die Region GmbH ein Fertigungs- und Montageprozess energetisch untersucht und Energieeinsparpotenziale evaluiert.

## 3 Die Wärmebildkamera

In den folgenden Abschnitten werden der Aufbau sowie die Bedienung der FLIR-T440bx gezeigt. Des Weiteren werden alle für die Messungen wichtigen Funktionen sowie die Handhabung dieser erklärt.

### 3.1 Aufbau

Die FLIR-T440bx ist wie eine handelsübliche Digitalkamera aufgebaut und wird entsprechend bedient. Neben den Funktionstasten (1-5) besitzt die Kamera zusätzlich ein über 90° neigbares Objektiv [6] und einen Laserpointer [7] (siehe Abbildung 3.1).

- > Ein/Aus [1]
- > Menü/Zurück [2]
- > Bildergalerie [3]
- > Autofokus [4]
- > Digitaler Zoom [5]

Des Weiteren können über die Modus-Taste [8] vier verschiedene Anzeigemodi ausgewählt werden. Mit der A/M-Taste [9] ist das Umstellen von automatischer zu manueller Temperaturskalierung möglich.

Um durch die Menüs zu navigieren wird entweder der Joystick [10] benutzt, oder wie auf einem handelsüblichen Smartphone mit dem Finger auf dem Bildschirm getippt.



Abbildung 3.1: Vorder- und Rückseite der FLIR-T440bx/Quelle: [IPT16]

### 3.2 Startbildschirm und Menüelemente

Bevor die Kamera das erste Mal angeschaltet wird, sollte sichergestellt werden, dass Akku und Speicherkarte eingesteckt sind und der Objektivschutz abgenommen worden ist.

Nach dem Einschalten dauert es etwa 30 Sek. bis die Kamera betriebsbereit ist und alle Funktionen ausgeführt werden können.

Auf dem Display wird nun die Umgebung in der für Wärmebildkameras typischen Farbcodierung dargestellt. Die Abbildung 3.2 zeigt das Display, auf dem am rechten Rand die Temperaturskala [A] mit Minimal- und Maximaltemperatur und rechts oben verschiedene Symbole [B], zum Beispiel für die Akkukapazität, angezeigt werden.

Wird nun die Menütaste [2] gedrückt, erscheint am linken Bildrand das Kamera-Menü, mit folgenden Unteroptionen:

- > Messparameter [C]
- > Farbpalette [D]
- > Messwerkzeuge [E]
- > Voreinstellungen [F]
- > Einstellungen [G]

Auf die Punkte „Messparameter“ und „Messwerkzeuge“ wird in den folgenden Abschnitten genauer eingegangen.

Im Menü-Punkt D, „Farbpalette“, können verschiedene Farbkodierungen ausgewählt werden, welche die Farben des angezeigten Infrarotbildes ändern. Unter Voreinstellungen [F] finden sich verschiedene voreingestellte Aufnahmemodi, in denen bestimmte Messwerkzeuge und Optionen bereits voreingestellt worden sind.

#### Was zeigt eine Wärmebildkamera an?

Eine Wärmebildkamera zeigt nicht die Temperatur an, sondern gibt die Intensität der Infrarotstrahlung auf einer Oberfläche wieder. Die aufgenommene Infrarotstrahlung befindet sich in einem Wellenlängenbereich zwischen 3  $\mu\text{m}$  bis 15  $\mu\text{m}$  (3000 nm - 15000 nm) und ist für das menschliche Auge unsichtbar. Erst die Technik der Wärmebildkamera ermöglicht es, diese Infrarotstrahlung aufzunehmen und durch den Einsatz von verschiedenen Farbpaletten für den Bediener sichtbar zu machen. Darüber hinaus rechnet die Kamera die aufgenommene Infrarotstrahlung direkt in Temperatur um. Das Ergebnis ist die inzwischen für jede Wärmebildkamera typische Farbcodierung.



Abbildung 3.2: Kamerabildschirm mit Hauptmenü-Elementen/Quelle: [IPT16]

### 3.3 Messparameter

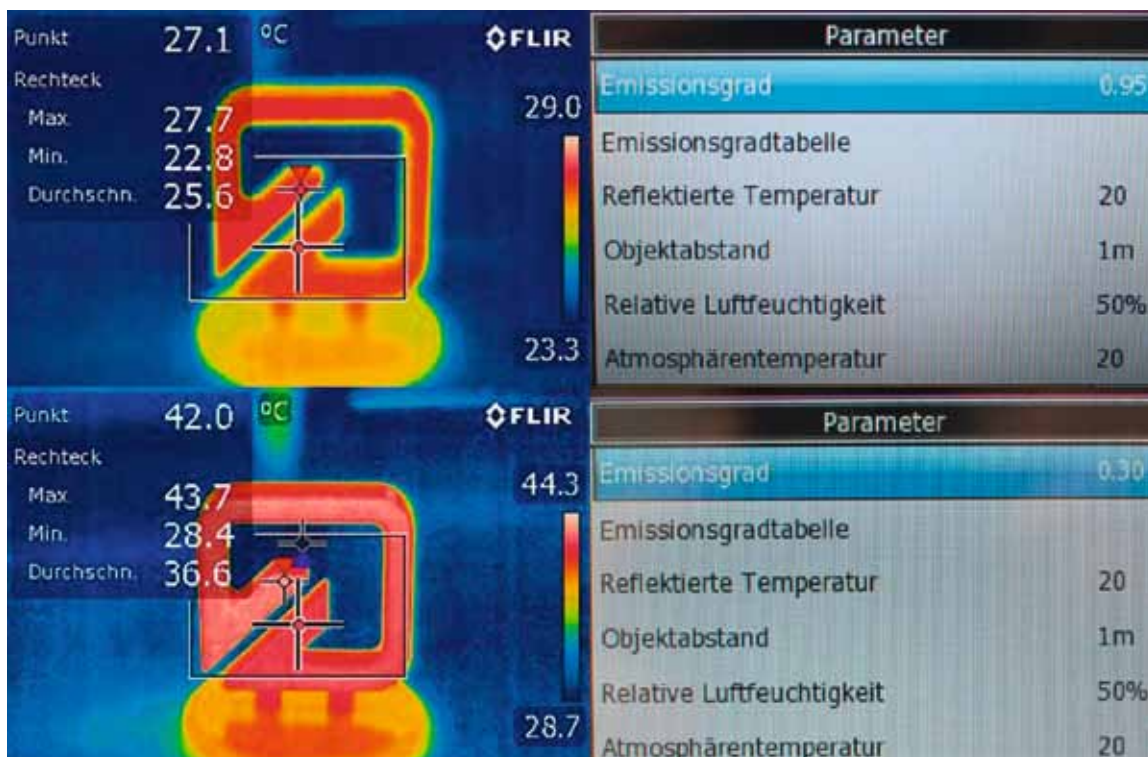
Im Menü für Messparameter (Abb. 3.2 [C]) ist eine manuelle Einstellung der einzelnen Parameter möglich. Dies ist nötig, um aussagekräftige und genaue Messungen durchführen zu können. Folgende Messparameter können eingestellt werden:

- › Objektabstand
- › Atmosphärentemperatur
- › Relative Luftfeuchtigkeit
- › Reflektierte Temperatur
- › Emissionsgrad

Die Wärmebildkamera verfügt über eine eigene Tabelle mit einigen Emissionsgraden, jedoch sollten trotzdem vor jeder Messung alle Messparameter gründlich recherchiert werden. Im Anhang befindet sich dazu eine Tabelle mit Emissionswerten einiger Metalle und Nicht-Metalle. Es können auch externe Messgeräte, wie ein Luftfeuchtigkeitsmessgerät zum Feststellen von Messparametern, verwendet werden.

Die richtige Einstellung der Messparameter hat eine große Auswirkung auf die Temperaturmessung (Abb. 3.3) und sollte möglichst präzise erfolgen. Der Abbildung kann entnommen werden, dass ein falsch eingestellter Emissionsgrad bei sonst identischen Parametern zu erheblichen Messfehlern führt. Im Beispiel führt ein Emissionsgrad von 0,95 zu einem Temperaturmesswert von 27,1 °C, analog dazu führt ein Emissionsgrad von 0,30 zu einer Messtemperatur von 42 °C. Der Emissionsgrad ist abhängig von der Oberfläche des zu messenden Materials.

Abbildung 3.3: Messobjekt mit verschiedenen Messparametern/Quelle: [IPT16]





Für den Fall, dass keine genauen Messparameter vorhanden sind, gibt die Firma FLIR Messwerte vor.

	Emissionsgrad	0,95
	Reflektierte Temperatur	+20 °C
	Objektabstand	1 m
	Atmosphärentemperatur	+20 °C
	Relative Luftfeuchtigkeit	50 %

Tabelle 3.1: Vorgegebene Messparameter der Firma FLIR

### Was ist der Emissionsgrad?

Der Emissionsgrad gibt an, wie viel Wärmestrahlung ein Körper im Vergleich zu einem idealen Wärmestrahler, einem „Schwarzen Körper“, abgibt. Als „Schwarze Körper“ werden Körper definiert, deren Oberfläche elektromagnetische Strahlung vollständig absorbieren. Nach dem Planckschen Strahlungsgesetz heißt es, dass Emission und Absorption proportional zueinander sind und ein „Schwarzer Körper“ also zugleich die größtmögliche Strahlung abgibt. Aus diesem Grund wird das Emissionsvermögen aller anderen Oberflächen immer auf einen „Schwarzen Körper“ bezogen. Das Verhältnis zwischen der Strahlungsintensität einer Oberfläche zu der des „Schwarzen Körpers“ ist der Emissionsgrad. Dieser kann einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen.

## Tipps & Tricks

- › Die Messobjektoberfläche sollte optisch und thermisch frei zugänglich sein.
- › Entfernen Sie Abdeckungen und störende Objekte in der Umgebung.
- › Bei Messungen an gläsernen Oberflächen wird nur die Temperatur des Glases gemessen.
- › Achten Sie besonders bei der Messung glatter Oberflächen auf mögliche Strahlungsquellen in der Umgebung (z.B. Sonne, Heizungen, etc.).
- › Halten Sie den Messabstand so gering wie möglich.
- › Für die exakte Messung von Details empfiehlt es sich, ein Stativ zu verwenden.
- › Der Emissionsgrad eines Materials hängt stark von der Struktur der Oberfläche des Materials ab.
- › Temperaturen von Messobjekten mit hohem Emissionsgrad (>0,8) sind sehr gut zu messen.
- › Es gilt: Je weniger eine Oberfläche reflektiert, desto besser ist diese zu messen.

### 3.4 Messwerkzeuge

Soll die Temperatur an einer bestimmten Stelle oder in einem bestimmten Bereich gemessen werden, wird ein Messwerkzeug benötigt. Bei den Messwerkzeugen handelt es sich um Softwareeinstellungen, die im Kameramenü vorgenommen werden können.

Nachdem im Untermenü „Messwerkzeuge“ (Abb. 3.2 [E]) ein Messwerkzeug ausgewählt worden ist, erscheint dieses automatisch auf dem Bildschirm. In der oberen linken Ecke des Displays werden die Messergebnisse [H] des ausgewählten Werkzeugs angezeigt. Ist ein Rahmen [I] um den Sucher des Messwerkzeugs angezeigt, kann es frei auf dem Bildschirm verschoben werden. Wird der Joystick gedrückt, öffnet sich das Funktionsmenü [J] des Werkzeugs. Dort können dem Sucher des Messwerkzeugs verschiedene Messfunktionen zugewiesen werden.

Die Tabelle 3.2 zeigt, welches Werkzeug welche Funktion ausführen kann und wie viele eingesetzt werden können.

Werkzeug/Funktion	Max. Anzahl	Alarm möglich	Min.-Max./Durchschn. Temperatur möglich	Markierung	Diagramm
Messpunkt	5	Ja	Nein	Nein	Nein
Messbereich	5	Ja	Ja	Ja	Nein
Messlinie	1	Ja	ja	Ja	Ja

Tabelle 3.2: Messwerkzeuge und ihre Funktionen

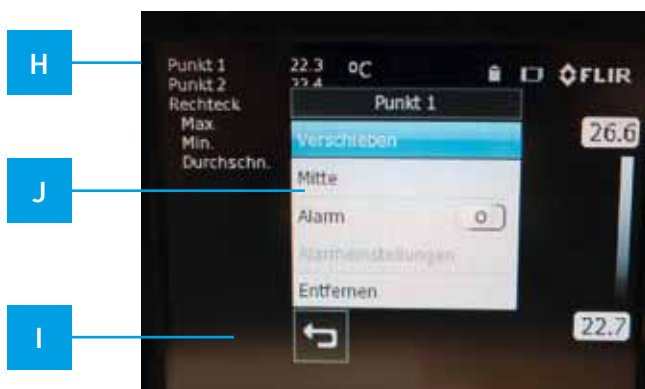


Abbildung 3.4: Messwerkzeug im Bearbeitungsmodus/Quelle: [IPT16]

Ein Messalarm wird zusammen mit einer Minimal-/Maximaltemperatur eingestellt. Wird diese überschritten, gibt die Kamera ein visuelles oder akustisches Signal [K]. Das Einstellen von Maximal-, Minimal- und/oder der Durchschnittstemperatur gibt einen Überblick der Messung. Eine Markierung zeigt Cold- und Hotspots [L] auf dem Display an. So können besonders heiße und kalte Stellen schnell identifiziert werden.

Um ein Messwerkzeug wieder zu entfernen gibt es zwei Wege. Der Erste ist im Funktionsmenü (Abb. 3.4 [J]) des jeweiligen Werkzeugs. Eine andere Alternative ist es, im Untermenü „Messwerkzeuge“ (Abb. 3.2 [E]) den Unterpunkt „Messwerkzeug bearbeiten“ auszuwählen. Dort können alle bisherigen erstellten Messwerkzeuge gleichzeitig gelöscht werden.



Abbildung 3.5: Messbereich mit Messalarm und Cold-/Hotspot/Quelle: [IPT16]

### 3.5 Farbalarme

Farbalarme heben durch eine Kontrastfarbe einen Bereich mit einem überschrittenen Grenzwert hervor. Auch das Aufspüren von Feuchtigkeits- oder Wärmedämmungsanomalien ist damit möglich. Um einen Oberhalb-, Unterhalb- oder Intervallalarm einzustellen, wird wie folgt vorgegangen:

1. Drücken der Menü-Taste (Abb. 3.1 [2]), um in das Hauptmenü zu kommen
2. Mit dem Joystick das „Werkzeuge“-Untermenü (Abb. 3.2 [E]) auswählen
3. Nun kann die Funktion Isotherme hinzufügen benutzt werden
4. Anschließend kann der gewünschte Alarm mit dem Joystick [10] gewählt und die Temperaturgrenzen können festgelegt werden

Bevor ein Farbalarm eingestellt werden kann, müssen die Grenztemperaturen festgelegt und im Falle eines Feuchtigkeits- bzw. Wärmedämmungsalarm die Grenzwerte für die relative Luftfeuchtigkeit bzw. die Innen- und Außentemperatur sowie der thermische Index angegeben werden. Daher ist es zu empfehlen, die Messung vorher genau zu planen und alle Messparameter genau zu recherchieren.

Diese Funktion hilft Ihnen dabei:

- › Objekte mit einer genauen Temperaturgrenze zu überprüfen
- › Undichte Stellen durch übermäßige Kondensation und zu hoher Luftfeuchtigkeit zu erkennen
- › hohe Wärmeverluste und somit Energieverluste ausfindig zu machen

### 3.6 Anpassen der Temperaturskala

Um die Helligkeit der Bilder anzupassen, kann die Maximal- bzw. Minimaltemperatur der Temperaturskala angepasst werden.

- › Drücken der A/M-Taste (Abb. 3.1 [9]) um vom automatischen in den manuellen Modus zu wechseln
- › Den Joystick nach Links bzw. Rechts bewegen, um die Maximal-/oder Minimaltemperatur auszuwählen
- › Anschließend können die Grenzen der ausgewählten Temperatur mit Bewegungen des Joysticks nach oben oder unten eingestellt werden

Das Verstellen des dargestellten Temperaturbereichs hilft Ihnen Kontraste klarer darzustellen. Außerdem können schon kleine Temperaturunterschiede sichtbar gemacht werden.

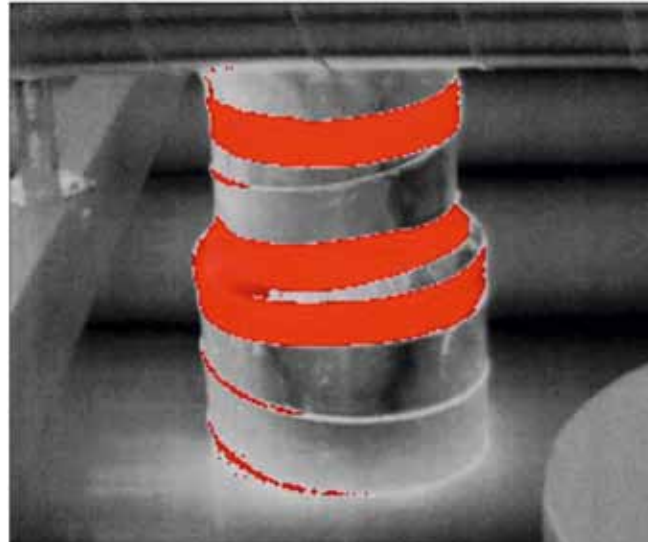


Abbildung 3.6: Mit Klebeband geflickter Abluftkanal, aufgenommen mit einem Wärmedämmungsalarm/Quelle: [IPT16]

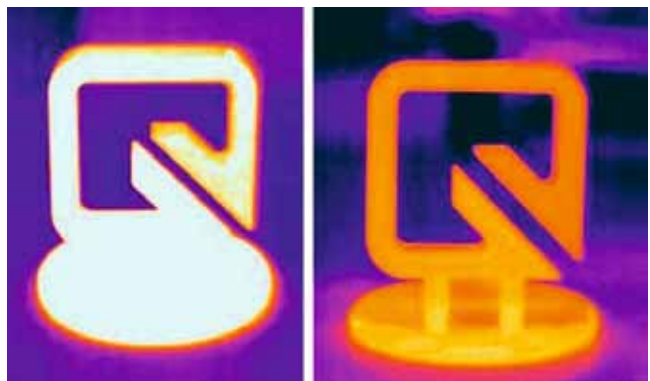


Abbildung 3.7: Aus Aluminium gegossenes Ostfalia-Logo. Zur Übersicht wurde die Temperaturskala angepasst/Quelle: [IPT16]

### 3.7 Bildnachbearbeitung

Für eine anschließende Analyse der Bilder ist es wichtig, so viele Informationen wie möglich auf diesen zu speichern. Wenn ein Bild nachbearbeitet werden soll, muss es in der Bildergalerie (Abb. 3.1 [3]) geöffnet werden. Durch Drücken des Joysticks ist es möglich das Untermenü „Bearbeiten“ (Abb. 3.8) auszuwählen. Hier können die Bilder mit Messwerkzeugen und Farbalarmen versehen und die Messparameter angepasst werden [M]. Über das Feld „Hinzufügen“ [N], können zusätzlich Text- und Sprachnotizen verfasst und per Touchpad, Skizzen auf dem Bild erstellt [O] werden.

Damit die aufgenommenen Informationen leicht für andere bereitgestellt werden können, bietet sich an, diese als PDF-Bericht zu speichern. Um einem PDF-Bericht zu erstellen, wird das Bild in der Bildergalerie aufgerufen. Durch Drücken des Joysticks kann nun „Berichtseite erstellen“ ausgewählt werden und alle vorhandenen Informationen zu diesem Bild werden als PDF-Bericht abgespeichert.



Abbildung 3.8: Bildnachbearbeitung in der Bildergalerie/  
Quelle: [IPT16]

### 3.8 FLIR-Tools

Die FLIR Tools-App und die FLIR Tools-Software ([www.flir.de/instruments/display/?id=54865](http://www.flir.de/instruments/display/?id=54865)) können beide kostenfrei heruntergeladen werden und ermöglichen ebenfalls eine Nachbearbeitung der Bilder.

Mit der FLIR Tools-Software, welche sowohl für PC als auch Mac erhältlich ist (Abb. 3.9), werden umfangreiche Möglichkeiten geboten, professionelle und aussagekräftige Berichte zu erstellen. Die App besitzt den Vorteil, direkt via Bluetooth oder WLAN mit der Kamera verknüpft werden zu können. Das Bild der Kamera wird live auf Ihrem Tablet oder Handy angezeigt und Informationen können direkt vor Ort ver- und bearbeitet werden. Außerdem ist es möglich, Berichte in wenigen Schritten zu verfassen und zu verschicken.

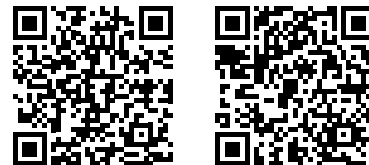


Abbildung 3.9: QR-Code für Android-Geräte (links) und QR-Code für iOS-Geräte (rechts)/Quelle: [IPT16]

#### 3.8.1 Bluetoothgerät hinzufügen

- › Öffnen des Hauptmenüs (Abb. 3.1 [2])
- › Mit dem Joystick das Untermenü „Modus“ und dann „Einstellungen auswählen“
- › Nun können oben im Reiter unter dem Menüpunkt Verbindungen [P] die Bluetoothverbindung aktiviert werden
- › Anschließend auf Bluetooth-Gerät hinzufügen [Q] gehen und nach Bluetooth-Gerät suchen



Abbildung 3.10: Bluetoothgerät hinzufügen/Quelle: [IPT16]



### 3.8.2 WLAN-Verbindung herstellen

Um das Tablet und die Kamera über die FLIR Tools-App im WLAN miteinander zu verbinden, müssen die Geräte im gleichen Netzwerk angemeldet sein. Die Kamera sucht, sobald das WLAN eingeschaltet ist, nach Netzwerken in der Umgebung. Wenn die App die Kamera findet, lassen sich beide Geräte über die Tools-App miteinander verbinden.

FLIR-Tools Software	FLIR-Tools APP
Importieren von Bildern über USB oder von der SD-Karte	Drahtloser Import von Bildern
Temperaturbereich und Kontraste einstellen	Temperaturbereich und Kontraste einstellen
Messparameter anpassen	-
Messwerkzeuge anpassen	Messwerkzeuge anpassen
Textkommentare und Bildbeschreibung hinzufügen	Textkommentare hinzufügen
Umschalten der verschiedenen Modi	Umschalten der verschiedenen Modi
PDF-Berichte erstellen	PDF-Berichte erstellen
Bearbeiten bereits erstellter PDF-Berichte	-
Einfügen von Kopf und Fußzeilen	-
Bilder mit Skizzen bearbeiten	Bilder mit Skizzen bearbeiten
Kompass- und GPS-Angaben hinzufügen	-

Tabelle 3.3: Übersicht über die Funktionen der Tools- Software/App

## 4 Ansätze zur Optimierung

Dieses Kapitel soll eine Übersicht geben, wie Abwärme aufgespürt und bewertet werden kann. Es werden verschiedene technische Ansätze zur Vermeidung und zur Nutzung mit der dafür benötigten Technik dargestellt.

### 4.1 Was ist Abwärme und wie tritt sie auf

Abwärme ist ein Nebenprodukt industrieller Prozesse. Im Betrieb entsteht sie zum Beispiel durch Trocknungs-, Kühl-, Verbrennungs- oder andere mechanische und thermische Prozesse. Abwärme kann gefasst oder diffus auftreten. Diffuse Abwärme tritt einzeln als Strahlung oder als Konvektion an Oberflächen auf. Gefasste Abwärme hingegen ist gebündelt und an ein Trägermedium wie Luft, Wasser oder Öl gebunden. Erst im gefassten Zustand ist eine effiziente Nutzung von Abwärme möglich.

### 4.2 Typische Abwärmequellen

Zur Identifikation potenzieller Abwärmequellen ist es wichtig, typische Quellen und ihre Eigenschaften zu kennen. Folgend werden einige typische Abwärmequellen aus der Industrie aufgezählt und erläutert. Die Ansätze zur Nutzung der dort vorhandenen Abwärme befinden sich in Abschnitt 3.5 Techniken zur Abwärmenutzung.

#### 4.2.1 Druckluftanlagen

Ca. 70-90 % der zugeführten Energie bei Druckluftanlagen geht in Form von Abwärme verloren. Da Druckluft gekühlt werden muss, wird ein Großteil der Abwärme von einem

#### Luft

- › Temperatur und Druckniveau kann abhängig von der Quelle stark variieren.
- › Luft hat im Gegensatz zu Wasser eine geringere Wärmeleitfähigkeit.
- › Wenn Luft als Abgas auftritt, ist es meist schadstoffbelastet, daher sind mögliche Korrosionsschäden zu bedenken.
- › Transport mit hohen Wärmeverlusten.

#### Wasser | Wassergemisch

- › Wasser besitzt eine hohe Wärmeleitfähigkeit und ist daher gut zur Wärmeübertragung geeignet.
- › Wird häufig in der Anlagenkühlung verwendet.

#### Thermoöl

- › Siedepunkt bis zu über 30 °C.
- › Gute Wärmeübertragung bei hohen Temperaturen.

#### Dampf

- › Bietet Potenzial zur Stromerzeugung durch Dampfturbinen.
- › Kann je nach Quelle verunreinigt sein.
- › Hohe Verluste bei der Erzeugung.

Tabelle 4.1: Übertragungsmedien von Abwärme

Kühlmedium aufgenommen. Das heißt, hier liegt die Abwärme bereits gefasst vor und kann direkt weiterverwendet werden. Zum Beispiel für die Warmwasseraufbereitung oder ein Heizungssystem. Die Anschaffung eines Druckluftkompressors, mit bereits für die Wiederverwendung von Abwärme präparierter Technik, senkt die Investitionskosten sofern eine spätere Nachrüstung geplant ist.

#### 4.2.2 Trocknungsanlagen

Die entstehende Abwärme, welche zum Beispiel zum Trocknen von bestimmten Produkten verwendet wird, lässt sich mittels eines Wärmetauschers größtenteils in den gleichen bzw. einen anderen Prozess integrieren.



Ist die Abluft aus den Trocknungsprozessen durch Staub oder Schadstoffe verschmutzt, muss die Abwärmenutzung entsprechend überdacht, angepasst oder die Abluft gereinigt werden.

#### 4.2.3 Kühlprozesse

Besonders in der Metallbranche wird bei Umform- und Spanprozessen eine dauerhafte Kühlung durch Kühlwasser oder Öl benötigt. Das Medium, welches die Abwärme aufnimmt, wird jedoch selten wiederverwertet, sondern oft entsorgt. Das Temperaturniveau liegt hierbei meist unter 30 °C und ist daher nur bedingt für die Abwärmenutzung geeignet. Wenn ein höheres Temperaturniveau erreicht werden soll, lohnt es sich, eine Wärmepumpe in Betracht zu ziehen.

#### 4.2.4 Verbrennungsanlagen

Beim Betreiben von Verbrennungsanlagen entsteht Abwärme in Form von Abgasen mit einem Temperaturniveau bis über 600 °C. Die entstehende Abwärme kann mit Hilfe eines geeigneten Abgassystems zum Vorwärmen desselben Prozesses oder von Brauchwasser genutzt werden. Auch hier muss das Abgas vorher auf mögliche Verschmutzungen überprüft werden. Außerdem ist ein ganzjähriger Wärmebedarf nötig.

### 4.3 Bewertung von Abwärme

#### 4.3.1 Temperaturniveau

Die Differenz zwischen der Wärmequelle und der Wärmesenke (Ort der Abwärmenutzung) beschreibt das Temperaturniveau. Je höher das Temperaturniveau der Quelle, desto einfacher und kosteneffizienter lässt sich die Abwärme nutzen.. Das Temperaturniveau wird in drei Stufen unterteilt.

- > Niedertemperatur (Abwärme <150 °C)
- > Mitteltemperatur (Abwärme zwischen 150 °C - 500 °C)
- > Hochtemperatur (Abwärme >500 °C)

#### 4.3.2 Abwärmemenge

Die Abwärmemenge definiert, wie viel Abwärme in Form von Massenstrom bei einem flüssigen Medium oder Volumenstrom bei einem gasförmigen Medium vorhanden ist. Diese Information kann den Unterlagen der Abwärmequelle entnommen werden.

#### 4.3.3 Gleichzeitigkeit

Für eine optimale Nutzung sollten Abwärme und Wärmebedarf möglichst gleichzeitig auftreten. Dies spart die Anschaffung eines Wärmespeichers.

#### 4.3.4 Raum- und Platzverhältnisse

Die Distanz zwischen der Abwärmequelle und dem Nutzungsort sollte so gering wie möglich gehalten werden. Lange Transportwege des Abwärmemediums führen zu Wärmeverlusten und bedeuten unnötig hohe Kosten. Außerdem sollte ausreichend Raum für Umbaumaßnahmen der Anlage vorhanden sein.



Bei der Prüfung möglicher Abwärmequellen sollte ein Lageplan des Betriebs benutzt werden, um Quelle und Nutzungsort plus zugehöriger Informationen einzutragen. Dies erleichtert die spätere Beurteilung.

#### 4.3.5 Nutzungsdauer

Die Nutzung von Abwärme ist möglichst langfristig zu planen. Zu bedenken sind weitere Anlagen und die Infrastruktur zur Abwärmenutzung oder zukünftige Umbaumaßnahmen an Anlagen zur Sicherung bestehender und geplanter Abwärmenutzung. Je länger die Betriebsdauer, desto höher ist die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

#### 4.4 Vermeiden von Abwärme

Da in einem Betrieb nicht immer die gesamte vorhandene Abwärme genutzt werden kann, ist es wichtig, diese auf ein Minimum zu reduzieren. Die Reduzierung wird im Wesentlichen durch die Überprüfung zweier Punkte erreicht:

- › Dimensionierung und Steuerung des Prozesses
- › Isolation des vorliegenden Prozesses

#### 4.4.1 Dimensionierung und Steuerung des Prozesses

Oft sind Industrieprozesse unnötig ineffizient und teuer, da aus Vorsicht Prozessparameter großzügig überdimensioniert werden. Eine genaue Analyse der einzelnen Prozessschritte und eine Optimierung dieser, erspart viel Energie und Kosten.

Schritte der Prozessanalyse:

##### Aufnahme des IST-Zustandes

- › Erfassung aller Prozessparameter und Energieverluste

##### Bewertung der Daten

- › Anhand von bekannten Kennzahlen oder betriebseigenen Zielen

##### Aufstellen eines Maßnahmenplans

Großes Einsparpotenzial findet sich in der Optimierung des Verbrauchs von Betriebsstoffen wie Dampf, Kühlwasser und Druckluft und der Verbesserung des Wirkungsgrades der Anlage.

Mögliche Maßnahmen sind:

##### Minderung unnötigen Verbrauchs

- › Vermeiden von unnötigen Leerlaufzeiten
- › Vermeiden von unnötigen Aufheiz- und Abkühlphasen
- › Kontrolle aller Prozessparameter

#### Verbesserung des Wirkungsgrades

- › Hohe Auslastung der Produktionsanlage
- › Optimierung der Anlagensteuerung
- › Sorgfältige Instandhaltung aller Anlagenteile
- › Einsatz optimal geeigneter Energieträger

#### 4.4.2 Isolation

Eine bessere Isolation der Anlage führt zu großen Ersparnissen von benötigter Prozessenergie. Für eine effiziente Prozessoptimierung ist sowohl die Isolation der Anlage, als auch eine Isolation aller Wege von und zur Anlage, bei denen Energie in Form von Abwärme verloren gehen könnte, wichtig.

- › Ist die Anlage geschlossen oder gibt es Luftspalte durch die Energie in Form von Wärme entweichen kann?
- › Wie gut ist die Anlage isoliert? Sind die Wände zu dünn, wird viel Energie an die äußere Oberfläche abgegeben und geht verloren
- › Sind alle Wege von und zur Anlage (Wege für: Kühlflüssigkeiten, Abgase etc.) ausreichend Isoliert?



#### Abwärmeverluste am Beispiel eines Schmelztiegels:

$$\dot{Q} = k_v \cdot A \cdot (t_{\text{Ofen}} - t_{\text{Umgebung}})$$

$$15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot (873 \text{ K} - 298 \text{ K}) = 9 \text{ kW}$$

$$8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot (1073 \text{ K} - 298 \text{ K}) = 5 \text{ kW}$$

Der Abwärmestrom eines mit Stahldeckel (ca. 1 m<sup>2</sup>) abgedeckten Schmelztiegels mit dem Wärmeverlustkoeffizienten  $k_v=15 \text{ W/m}^2\text{K}$  im Vergleich mit einem isolierten Deckel ( $k_v=8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Der Ofen erhitzt sich auf 600 °C (873 K) und die Umgebungstemperatur beträgt 25 °C (298 K). Durch die Isolation wurden 56 % Wärmeverlust eingespart.



Bei der Isolation von Anlagen ist die richtige Technik wichtig. Im Folgenden werden drei Varianten vorgestellt.

#### Dämmmaterial für Rohrleitungen und Anlagen:

##### Polyurethan Hartschaum (PUR)

- > günstige Beschaffung
- > leichte Verarbeitung
- > Temperaturbeständigkeit dauerhaft bis 90 °C

##### Steinwolle mit Blechkapselung

- > günstige Beschaffung
- > aufwendige Verarbeitung
- > Temperaturbeständigkeit dauerhaft bis 1.000 °C

##### Conti Thermo Protect

- > teuer in der Anschaffung
- > einfache Verarbeitung
- > plastisch verformbar (wie Knetgummi)
- > selbsthaftend
- > Temperaturbeständigkeit dauerhaft bis 250 °C



Um Schwachstellen in der Isolation aufzudecken, sollte die Wärmekamera genutzt werden. Undichte Stellen geben Wärme an die Oberfläche ab. Diese Bereiche sind meist wärmer als die Umgebung. Für ein genaues Vorgehen empfiehlt sich die Anwendung eines Farbalarmes (vgl. Abschnitt 3.5).

#### 4.5 Technik zur Abwärmenutzung

Die Technik für die Nutzung von Abwärme unterteilt sich in drei grundlegende Bereiche:

- > Wärmebereitstellung
- > Kälteerzeugung
- > Stromerzeugung

Je nach Bereich gibt es verschiedene Möglichkeiten und Techniken, sich die Abwärme zu Nutzen zu machen. Im Folgenden wird das Funktionsprinzip der einzelnen Geräte erklärt sowie ein kleiner Überblick über die verschiedenen Techniken und Einsatzbereiche gegeben.

##### 4.5.1 Wärmebereitstellung

Für die Wärmebereitstellung gibt es ebenfalls drei grundlegende Techniken, die im Folgenden erklärt werden.

##### Technik zur Wärmebereitstellung

###### Wärmetauscher

Ein Wärmetauscher überträgt thermische Energie von einem Medium auf ein anderes. Dies geschieht entweder direkt oder indirekt über ein Zwischenmedium. Je größer die Wärmeaustauschfläche ist, desto mehr Wärmemengen können ausgetauscht werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Eingangstemperatur höher ist als die Ausgangstemperatur.

Die beiden Trägermedien laufen entweder miteinander, gegeneinander vorbei oder kreuzen sich. Ein vollständiges Tauschen der Temperaturen ist nur im Idealfall möglich. Des Weiteren werden Wärmetauscher nach der Form der Trägermedien unterschieden:

- > Beide Medien sind gasförmig
- > Beide Medien sind flüssig
- > Ein Medium ist flüssig, eins gasförmig

Durch diese vielen Variationen in der Technik sind Wärmetauscher für jeden Einsatzbereich vorhanden.

### Wärmepumpen

Ist das Wärmeniveau für eine bestimmte Nutzung zu niedrig, kann eine Wärmepumpe dieses mittels elektrischer Energie erhöhen. Der Aufwand der elektrischen Energie ist dabei so gering, dass der Vorgang trotzdem wirtschaftlich bleibt.

Bei einer zu hohen Temperaturdifferenz steigt jedoch die Menge an benötigter elektrischer Energie exponentiell an und der Wirkungsgrad sinkt.

Das Prinzip der Wärmepumpe basiert auf einer Verdichtung des Trägermediums, welches sich dadurch erhitzt. Dafür ist ein Medium erforderlich, welches leicht zu verdichten ist. Hierbei nimmt das Trägermedium thermische Energie aus einem Speicher auf und gibt diese als Nutzwärme an ein System mit Wärmebedarf ab.

### Wärmespeicher

Der Einsatz von Wärmespeichern ist immer dann nötig, wenn die Bereitstellung und der Bedarf an Abwärme zeitlich versetzt auftreten. Wärmespeicher werden anhand ihres Prinzips Wärme zu speichern unterschieden:

- › **Sensible Speicher** speichern Wärme über die Temperaturänderung eines Speichermediums wie zum Beispiel Wasser.
- › **Latente Speicher** speichern Wärme über den Aggregatzustand des Mediums.
- › **Thermochemische Speicher** speichern Wärme durch chemische Reaktionen des Speichermediums.

Ausgewählt werden Wärmespeicher anhand der örtlichen Gegebenheiten, der zu speichernden Energiemenge bzw. dem Energieniveau und der Wirtschaftlichkeit. Diese Faktoren entscheiden über die benötigte Technik des Speichers.

### Einsatzorte der Abwärme

Nachdem nun ein kleiner Einblick in die Technik zur Nutzung der vorhandenen Abwärme für Wärmebereitstellung gewonnen worden ist, werden nun einige Bereiche aufgezeigt, in denen diese Technik zum Einsatz kommt.

### Gebäudeheizung

Im einfachsten Fall kann Abluft, wenn sie nicht verunreinigt ist und gleichzeitig mit dem Bedarf auftritt, direkt in zu beheizende Räume geleitet werden. Ansonsten muss die Abwärme über einen Wärmetauscher in das Heizungssystem integriert werden. Das dafür benötigte Wärmeniveau liegt unter 100 °C.

### Brauchwasservorwärmung

Je nach Wärmeniveau kann Abwärme zum Heizen von Brauchwasser benutzt werden. Wenn ein niedriges Temperaturniveau vorliegt, kann das Brauchwasser auch nur vorgewärmt werden. Beide Maßnahmen sparen viel externe Energie für die Wasseraufbereitung. Das benötigte Temperaturniveau liegt zwischen 50 °C und 100 °C.

### Prozesswärme

Neben dem Vorwärmen von Brauchwasser und Heizungsanlagen kann Abwärme auch in der Produktion verwendet werden. Zum Beispiel bei Trocknungsprozessen oder dem Vorwärmen von Produkten. Das dafür benötigte Abwärmeniveau ist von der Einsatzart abhängig und variiert zwischen 50 °C und 600 °C.



Eine besonders effektive Maßnahme ist, entstehende Abwärme direkt wieder in den Produktionskreislauf zurückzuführen. Zum Beispiel können Abgase von Verbrennungsprozessen zur Vorwärmung der Verbrennungsluft oder eines Produktes genutzt werden.



Kosten	Bisherige Anlage	Kälteerzeugung
Strombedarf Kühlung (50 kWh)	ca. 120.000 kWh	ca. 20.000 kWh
Stromkosten*	ca. -18.650 Euro	ca. -3.000 Euro
Brennstoffkosten (Heizung)*	ca. -10.000 Euro	Entfällt
Wartung	ca. -2.300 Euro	ca. -1.000 Euro
Summe	ca. -30.950 Euro	ca. -4.000 Euro
Vorteil durch Kälteerzeugung durch Abwärme im Jahr		ca. 26.950 Euro

Tabelle 4.2: Anlagenlaufzeit von 6.000 Stunden [INV15]  
 \*Stromarbeitspreis: 15 Cent/kWh, Brennstoff: 4,1 Cent/kWh

#### 4.5.2 Technik zur Kälteerzeugung

Wenn eine Flüssigkeit verdampft, wird der umliegenden Umgebung Energie in Form von Wärme entzogen. Diesen Vorgang machen sich Kältemaschinen zunutze, indem sie dem Trägermedium so viel Energie entziehen, dass sich das Temperaturniveau eines Trägermediums auf 0 °C - 5 °C senkt. Voraussetzung dafür sind ein gleichzeitiges Wärmeangebot und Kältebedarf.

**Anlagen zur Kälteerzeugung werden in zwei Gruppen unterschieden:**

##### 1. Absorbtionskälteanlagen

- › Nutzen Wasser oberhalb des Gefrierpunktes als Kältemittel und Lithiumbromid als Lösungsmittel
- › Bei Temperaturen unter 0 °C wird Ammoniak als Lösungsmittel verwendet
- › Das benötigte Temperaturniveau liegt zwischen 80 °C und 160 °C
- › Können für die Prozesskühlung oder Klimaanlage genutzt werden

##### 2. Adsorbtionskälteanlagen:

- › Das Sorbtionsmittel ist Silicagel und das Kältemittel ist Wasser
- › Das benötigte Wärmeniveau beträgt nur 60 °C bis 95 °C
- › Einsatz bei niedrigen Leistungsbereichen → kühlen bis 5 °C ab
- › Einsatz für Klimaanlage und Anlagenkühlung

#### 4.5.3 Stromerzeugung durch Abwärme

Für die Nutzung von Abwärme für die Stromgewinnung ist bislang noch ein mechanischer Zwischenschritt nötig. Um trotzdem einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen, können bei der Stromerzeugung nur Abwärmequellen mit einem Niveau über 100 °C verwendet werden. Dabei gilt: Je höher die Temperatur, desto besser ist der Wirkungsgrad.

Häufig verwendete Prozesse sind:

##### **Klassischer Dampfprozess**

- › Effizient bei Temperaturbereichen ab 350 °C
- › Wasserdampf treibt Dampfturbine zur Stromerzeugung an

##### **ORC-Turbinen (Organic Rankine Cycle)**

- › Gleiches Funktionsprinzip wie normale Dampfturbinen
- › Statt Wasserdampf werden organische Flüssigkeiten, die früher verdampfen, eingesetzt
- › Niedrigerer Wirkungsgrad, jedoch ist eine Anwendung schon ab 70 °C möglich

##### **Kalina-Prozess**

- › Nutzen bei der Verdampfung Ammoniak/Wasser Stoffgemisch
- › Temperatur steigt während des Verdampfens weiter an
- › Höherer technischer Aufwand, aber besserer Wirkungsgrade als Dampf- und ORC-Turbinen

##### **Stirling-Prinzip**

- › Wärmezufuhr und -entzug verursachen Ausdehnung und Zusammenziehen eines Arbeitsgases
- › Mechanischer Antrieb eines Generators für elektrische Energie
- › Geringe Drehzahlen und hohes Drehmoment
- › Einsatz bei Temperaturen zwischen 650 °C und 1.000 °C

Die neueste Technik ermöglicht Stromerzeugung ohne mechanischen Zwischenschritt. Im Folgenden werden drei Varianten aufgezählt. Diese befinden sich in der Entwicklung. Eine ausgereifte Technik für die industrielle Nutzung gibt es noch nicht.



##### **Thermoelektrische Stromerzeugung**

- › Nutzt die Temperaturdifferenz zwischen zwei unabhängigen Halbleitern zur Erzeugung elektrischer Spannung
- › Je höher die Temperaturdifferenz, desto größer die Spannung

##### **Piezoelektrische Stromerzeugung**

- › Piezoelektrische Materialien (z.B. Polyvinylidenfluorid kurz PVDF) erzeugen Strom bei Verformung
- › Anwendungsbereich schon bei 100 °C - 150 °C

##### **Thermophotovoltaik**

- › Wie herkömmliche Photovoltaik, nutzt jedoch Wärmestrahlung und keine Sonneneinstrahlung
- › Überall dort im Einsatz, wo Abwärme mit sehr hohem Temperaturniveau vorkommt



## 5 Anhang

### 5.1 Checkliste „Bedienung der Wärmebildkamera“

Vor der Messung	JA	NEIN
Hat die Kamera sichtbare Beschädigungen?		
Ist der Akku geladen und eingesetzt?		
Bietet die Speicherkarte den benötigten Speicherplatz und ist eingesetzt?		
Sind alle Messparameter recherchiert?		
Werden besondere Parameter für den Wärmedämmungsalarm und für den Feuchtigkeitsalarm benötigt?		
Werden eventuelle externe Messgeräte benötigt?		
Welche Messwerkzeuge werden wahrscheinlich gebraucht? (Messpunkt, Messbereich, Messlinie)		
Können Zusatzfunktionen die Messung erleichtern? (Maximal-, Minimal- und Differenztemperaturanzeige, Cold- und Hotspot, Alarm, Diagramm)		
Während der Messung	JA	NEIN
Ist das Messobjekt frei zugänglich, oder wird es durch eine Abdeckung verdeckt?		
Gibt es ungeplante Hitzequellen in der Nähe, welche die Messung beeinträchtigen könnten? (Andere Produktionsanlagen, Heizungen, Beleuchtungen)		
Müssen die Messparameter ungeplanten Umständen zufolge korrigiert werden?		
Nach der Messung	JA	NEIN
Ist alles auf dem Bild erkennbar, oder müssen die Maximal- und Minimaltemperatur angepasst werden?		
Sollen Einzelheiten erwähnt und hervorgehoben werden? (Skizze, Textnotiz, Sprachnotiz, weitere Messwerkzeuge)		

## 5.2 Schritt-für-Schritt-Anleitung

Bevor das zu messende Objekt mit der Wärmebildkamera untersucht wird, sollte eine kurze optische Voruntersuchung gemacht werden.

So lassen sich im Vorhinein schon eventuelle Schwachstellen identifizieren und wichtige Informationen sammeln.



Damit später alle Messparameter richtig eingestellt werden, ist vor allem der Aufbau wichtig.

- > Ist das Objekt isoliert?
- > Wie ist es isoliert?
- > Aus welchem Material besteht es und was ist für die Messung relevant?

Auch das Notieren einer Bezugstemperatur kann, besonders bei der Untersuchung auf Abwärmeverluste, nützlich sein.



Als nächstes müssen die Messparameter eingestellt werden.

Dabei ist daran zu denken, dass gerade der Messabstand während einer Messung häufig variieren kann und daher bei der Nachbearbeitung oder im Vorhinein angepasst werden muss.



Sind alle Parameter eingestellt, muss nun ein geeignetes Werkzeug für die Messung ausgewählt werden.

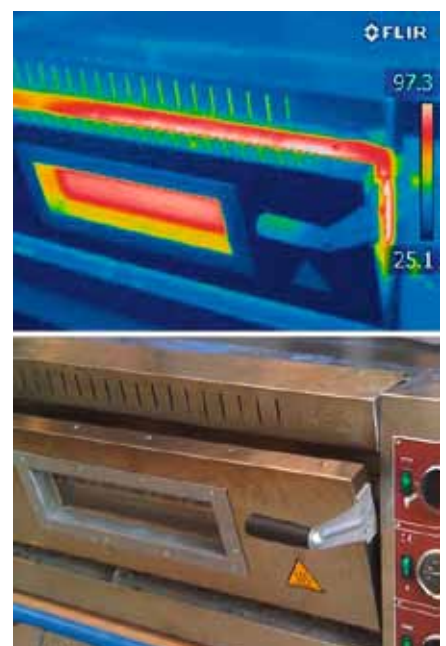
Hier ist es wichtig sich zu fragen, wofür die Messung bestimmt ist.

- > Wird eine Temperaturdifferenz ermittelt?
- > Soll eine Temperaturanomalie gesucht werden?
- > In welchen Temperaturbereichen ist mit dieser zu rechnen?
- > Werden bei der Messung Zusatzfunktionen gebraucht?



Nun kann das Messobjekt mit der Infrarotkamera untersucht werden. Hierbei ist es sinnvoll, das Messobjekt aus verschiedenen Perspektiven zu fotografieren.

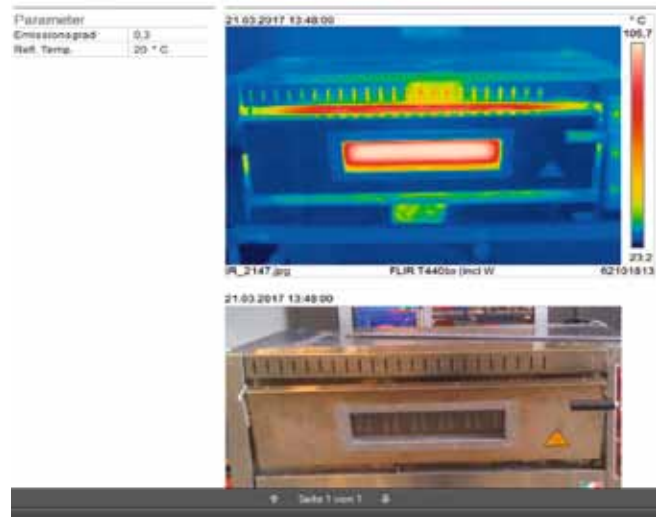
Außerdem gilt: Lieber zu viele, als zu wenig Bilder machen.



Zum Schluss sollten die Bilder über die Kamera, die Tools-App oder die Tools-Software nachbearbeitet werden.

Es ist wichtig, die Messparameter und die Temperaturskala noch einmal zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Erst wenn die Bilder möglichst viele Informationen über die Messung geben, sollte ein Bericht angefertigt werden. In diesem können Besonderheiten aufgezeigt und erläutert werden.





### 5.3 Checkliste „Nutzung industrieller Abwärme“

Identifikation der Abwärme		
<b>Typische Abwärmequellen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Druckluftanlagen</li> <li>› Trocknungsanlagen</li> <li>› Kühlprozesse</li> <li>› Verbrennungsanlagen</li> </ul>	<b>Bewertung der Abwärme anhand von</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Temperaturniveau</li> <li>› Abwärmemenge</li> <li>› Gleichzeitigkeit</li> <li>› Raum- und Platzverhältnissen</li> </ul>	
Minderung der Abwärme		
<b>Prozessanalyse</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Aufnahme des IST-Zustandes</li> <li>› Bewertung der Daten</li> <li>› Aufstellen eines Maßnahmenplans</li> </ul>		
<b>Prozessoptimierung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Minderung unnötigen Verbrauchs</li> <li>› Verbesserung des Wirkungsgrades</li> </ul>	<b>Verbesserung der Isolation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Abluft vermeiden</li> <li>› Wandwärme vermeiden</li> <li>› Trägermedien isolieren</li> </ul>	
Einsetzen moderner Wärmetechnik		
<b>Wärmenutzung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Heizungsanlagen</li> <li>› Brauchwasseraufbereitung</li> <li>› Prozessintegration</li> </ul>	<b>Kälteerzeugung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Absorbtionsanlagen</li> <li>› Adsorbtionsanlagen</li> </ul>	<b>Stromgewinnung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Dampfturbine</li> <li>› ORC-Turbine</li> <li>› Kalina-Prozess</li> <li>› Sterling-Prinzip</li> </ul>

## 5.4 Emissionsgrade

Metalle		Emission
<b>Aluminium</b>	oxidiert	0,2 - 0,4
<b>Aluminium Legierung A3003</b>	oxidiert	0,3
	aufgeraut	0,1 - 0,3
<b>Blei</b>	rau	0,4
	oxidiert	0,2 - 0,6
<b>Eisen</b>	oxidiert	0,5 - 0,9
	verrostet	0,5 - 0,7
<b>Eisen gegossen</b>	oxidiert	0,6 - 0,95
	nicht oxidiert	0,2
	geschmolzen	0,2 - 0,3
<b>Eisen geschmiedet</b>	stumpf	0,9
<b>Haynes</b>	Legierung	0,3 - 0,8
<b>Inconel</b>	oxidiert	0,7 - 0,95
	sandgestrahlt	0,3 - 0,6
	elektropoliert	0,15

Metalle		Emission
<b>Kupfer</b>	oxidiert	0,4 - 0,8
<b>Messing</b>	hochglanzpoliert	0,3
	oxidiert	0,5
<b>Molybdän</b>	oxidiert	0,2 - 0,6
<b>Nickel</b>	oxidiert	0,2 - 0,5
<b>Platin</b>	schwarz	0,9
<b>Stahl</b>	kaltgewalzt	0,7 - 0,9
	Grobblech	0,4 - 0,6
	poliertes Blech	0,1
	oxidiert	0,7 - 0,9
	rostfrei	0,1 - 0,8
<b>Titan</b>	oxidiert	0,5 - 0,6
<b>Zink</b>	oxidiert	0,1

Nichtmetalle		Emission
Asbest		0,95
Asphalt		0,95
Basalt		0,7
Beton		0,95
Eis		0,98
Gips		0,8 - 0,95
Glas	Scheibe	0,85
Gummi		0,95
Holz (natürlich)		0,9 - 0,95
Kalkstein		0,98
Karborund		0,9
Keramik		0,95
Kies		0,95
Kohlenstoff	nicht oxidiert	0,8 - 0,9
	Graphit	0,7 - 0,8
	Papier (jede Farbe)	0,95

Nichtmetalle		Emission
Kunststoff	undurchsichtig	0,95
Stoff		0,95
Sand		0,9
Schnee		0,9
Ton		0,95
Wasser		0,93

## 5.5 Quellenverzeichnis

[BAE04]

H.D. Baehr, K. Stephan, „Wärme- und Stoffübertragung“, 4. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, 2004

[BAY12]

Bayrisches Landesamt für Umwelt, „Abwärmenutzung im Betrieb“, Druckerei Joh. Walch GmbH & Co. KG Augsburg (2012)

Bayrisches Landesamt für Umwelt, „Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe“, Pauli Offsetdruck e. K., Augsburg (2009)

Bayrisches Landesamt für Umwelt, „Effiziente Energieverwendung in der Industrie - Teilprojekt Metallschmelzbetriebe“ Augsburg (2005)

[FRA13]

Fraunhofer-Institut, „Industrielle Abwärmenutzung“ für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe (2013)

[INV15]

Invensor GmbH, „Leitfaden zum Einsatz von Adsorptionskälteanlagenmaschinen“ Zugriff unter: <http://invensor.info/anwendungsleitfaden>, Berlin (2015)

[IPT16]

Institut für Produktionstechnik, 2016

[MIN16]

Ministerium für Umwelt und Klima, „Energieeffizienzanalyse“ und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Zugriff am 05.03.2016 unter: <http://www.bubw.de/?timme=&lvl=6088>

[SÄC12]

Sächsische Energieagentur GmbH, „Technologien der Abwärmenutzung“, Druckerei Wagner Verlag & Werbung GmbH Dresden (2012)

## Wie steht es um Ihren Energieverbrauch?

Die Allianz für die Region GmbH bietet in Kooperation mit der Niedersächsischen Lernfabrik für Ressourceneffizienz e. V. (NiFaR), Unternehmen und Energieberatern aus der Region die Möglichkeit Messgeräte zur Erfassung von Energieflüssen zu leihen.

### Folgende Messgeräte stehen zur Auswahl:

- > Energiemesskoffer
  - Erfassung von elektrischer Leistungsaufnahme
  - Erfassung von Druckluftverbräuchen
- > Wärmebildkamera
- > Ultraschallmikrofon zur Leckageüberprüfung des Druckluftnetzes
- > Beleuchtungsstärkemesser
- > Infrarotthermometer für berührungslose Temperaturmessungen
- > Leitfäden für die Ermittlung von Einsparpotenzialen

Die Messgeräte unterstützen die energetische Bestandsaufnahme eines Unternehmens in folgenden Bereichen:

- > Elektrische Leistungsmessung
- > Druckluftverbrauch und -leckage
- > Erfassung der Beleuchtungssituation
- > Analyse von Wärme-/ Kältebrücken.

Nach einer Sicherheits- und Bedienungseinweisung können die Geräte selbstständig verwendet werden.

Zur Unterstützung der energetischen Bestandsaufnahme und Optimierung, werden Leitfäden für folgende Bereiche kostenlos mit ausgegeben:

- > Energieeffiziente Beleuchtung
- > Energieeffizienz bei Druckluftanlagen
- > Energieeffiziente Abwärmenutzung

Die Messgeräte stehen den Mitgliedsunternehmen des Energiemanagement-Clubs, der KIM-Gruppe (Kooperationsinitiative Maschinenbau e. V.) und den Mitgliedern der Regionalen EnergieAgentur e. V. zwei Wochen pro Jahr kostenlos zur Verfügung. Die Unternehmen und Energieberater der Region sind herzlich eingeladen, die Messmittel zu nutzen. Der Energiemesskoffer und die Handmessmittel können gegen eine Gebühr von jeweils 100 € pro Woche angemietet werden.

### Kontakt: Sven Pape

svn.pape@allianz-fuer-die-region.de  
Telefon 0531 1218-205

### Weitere Informationen erhalten Sie unter:

**www.allianz-fuer-die-region.de** → Handlungsfeld „Energie, Umwelt und Ressourcen“ → Energieeinsparpotenziale ermitteln oder unter **www.regionale-energieagentur.de** → Unternehmen.



Messkoffer (oben) und Wärmebildkamera (unten).









**Allianz für die Region GmbH**

Frankfurter Straße 284 · 38122 Braunschweig

**Sven Pape**

Energie, Umwelt und Ressourcen

Telefon +49 (0)531 1218-205

Mobil +49 (0)174 1812786

Fax +49 (0)531 1218-123

[www.allianz-fuer-die-region.de](http://www.allianz-fuer-die-region.de)

[sven.pape@allianz-fuer-die-region.de](mailto:sven.pape@allianz-fuer-die-region.de)