

InfraTec - Demonstratorbau

Aufgabe Konzeptionierung und Umsetzung eines Demonstrators für den Rahmen einer Messe oder Hörsaal, um die Infrarot-Wärmekameras von InfraTec zu bewerben und zu verkaufen.



Abbildung 1 Demonstrator

Aufbau

- Rotierende Scheibe (durch Motor)
- Erzeugung von Reibung aufgrund eines aufliegenden Stabes
- Entstehung von Wärme an Kontaktstelle
- Sichtbarkeit der Spur durch Infrarotkamera

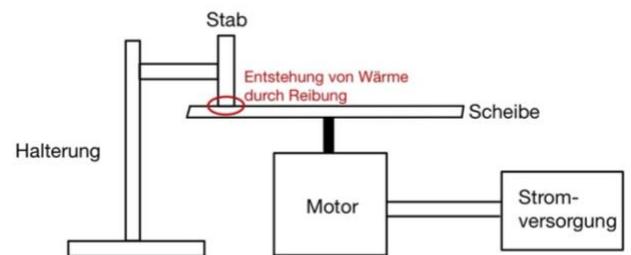


Abbildung 2 Skizze des Aufbaus

Anwendungen

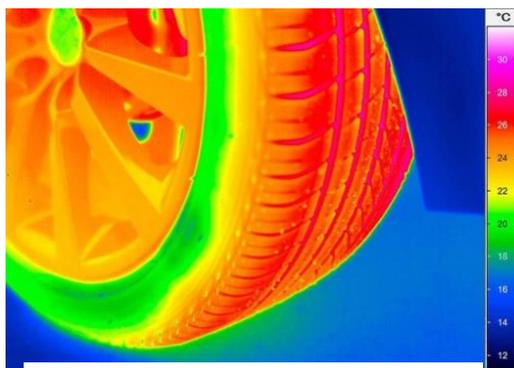


Abbildung 3 Beispiel Reifenprüfung

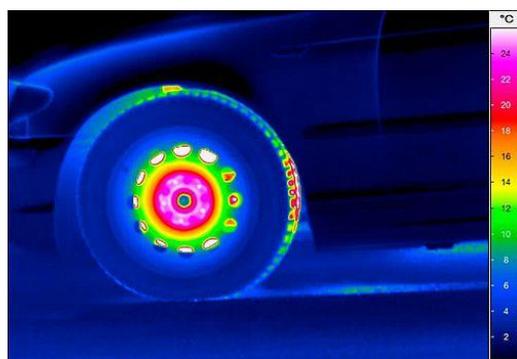


Abbildung 4 Beispiel Bremsenprüfung

Vorteile Thermografie zu herkömmlicher Temperaturmessung

- Kontaktlose Messung möglich
- Flexibilität im Messaufbau
- Hohe Genauigkeit
- Messung von Temperaturprofilen (Fläche)

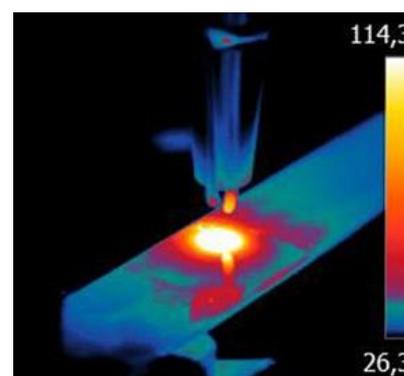
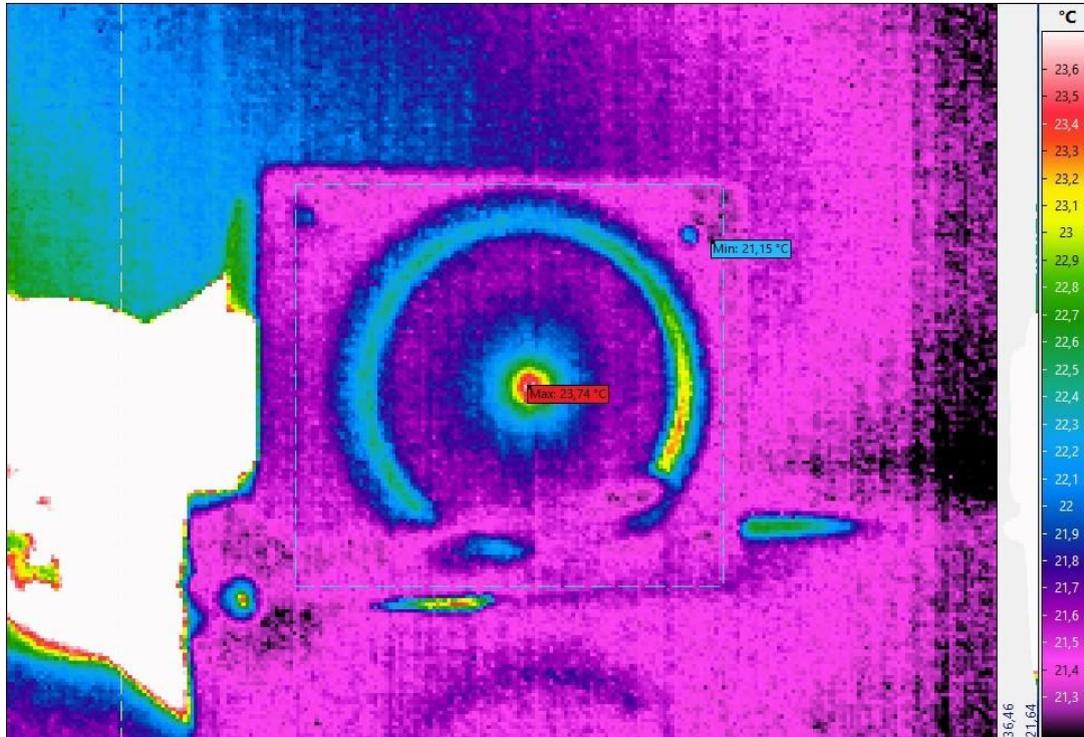


Abbildung 5 Beispiel Werkzeugüberwachung

Projektwoche BeING-Inside

Gruppe 5



bestehend aus

Tobias Brantz, Luca Buschmann, Marek Klein, Florian Langer,
Georg Tanner, Richard Töpfer, Ivan Vetrov

Teamcoach

Sophia

Fachcoach

Robin & Ayham

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
2. Vorbetrachtungen.....	2
3. Demonstrator.....	4
3.1 Aufbau.....	4
3.2 Anwendung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.....	4
4. Zusammenfassung.....	5
5. Quellenverzeichnis.....	7

1. Einleitung

Die Projektwoche "Interdisziplinäre Ingenieurpraxis" dreht sich um eine Aufgabe des Unternehmens InfraTec, das Produkte und Leistungen im Bereich der Infrarot-Technologie anbietet. Die Aufgabe besteht hierbei darin, einen Demonstrator zu entwickeln, der auf Messen und in Hörsälen die Funktion der Kameras anwendungsbezogen auf kreative Weise zur Schau stellt.

2. Vorbetrachtungen

In der Aufgabenstellung wurden verschiedene Fragestellungen aufgelistet, die wir im Folgenden beantworten.

Machen Sie sich mit dem Messprinzip der Thermographie vertraut. Verschaffen Sie sich einen Überblick darüber, welche Materialeigenschaften für die Thermographie relevant sind.

Die Thermographie ist ein berührungsloses Messverfahren, das die Verteilung von Oberflächentemperaturen eines Objekts in Form von Wärmebildern darstellt. Es basiert auf der Detektion der Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung), die von der Oberfläche eines Körpers abgegeben wird. Dabei wird die Intensität der abgestrahlten Infrarotstrahlung in Temperaturwerte umgewandelt und auf einer Wärmebildkamera visualisiert. Die Farben in den Wärmebildern repräsentieren unterschiedliche Temperaturbereiche, wobei wärmere Bereiche meist durch hellere Farben und kältere durch dunklere Farben dargestellt werden. Materialeigenschaften, die für die Thermographie relevant sind, umfassen Emissivität, Emissionsgrad, Wärmekapazität, Dichte, Oberflächenbeschaffenheit und Transparenz. Um genaue und zuverlässige Ergebnisse bei der Thermographie zu erzielen, ist es wichtig, die genannten Materialeigenschaften zu kennen und bei der Messung und Interpretation der Wärmebilder zu berücksichtigen. Eine gründliche Kenntnis dieser Faktoren ermöglicht es, mögliche Fehlerquellen und Ungenauigkeiten zu minimieren und die Thermographie effektiv für verschiedenste Anwendungen einzusetzen, wie z. B. Gebäudeinspektionen, industrielle Prozesskontrolle, Elektrik- und Elektronikprüfungen, Wartung von Maschinen, Forschung und Entwicklung, Medizin und Veterinärmedizin sowie Umwelt- und Wildtierbeobachtungen.

Warum ist eine Temperaturmessung eines Objektes, das sich im thermischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung befindet, zwecklos?

Es ist zwecklos, da die Kamera kein räumliches Bild erzeugt, sondern nur die Wärmestrahlung der verschiedenen Körper wahrnehmen kann. Dies hat zur Folge, dass bei thermischem Gleichgewicht keine Temperaturdifferenz existiert und diese somit die gleiche Wärmestrahlung abgeben, daher ist auf der Wärmebildkamera kein Unterschied zwischen den Körpern sichtbar.

Welche Objekteigenschaften haben Einfluss auf die räumliche und zeitliche Temperaturänderung?

Die räumliche und zeitliche Temperaturänderung eines Objekts hängt von verschiedenen Objekteigenschaften ab. Einige der wichtigsten Faktoren, die diese Änderungen beeinflussen, sind:

- **Wärmeleitfähigkeit:** Die Wärmeleitfähigkeit eines Materials bestimmt, wie schnell Wärmeenergie innerhalb des Objekts übertragen wird. Die Wärmeleitfähigkeit beeinflusst sowohl die räumliche als auch die zeitliche Temperaturänderung.
- **Wärmekapazität:** Die Wärmekapazität eines Materials gibt an, wie viel Wärmeenergie benötigt wird, um die Temperatur des Materials zu ändern.
- **Geometrie und Größe des Objekts:** Die Geometrie und Größe eines Objekts beeinflussen die Art und Weise, wie Wärmeenergie im Objekt verteilt wird, und damit auch die räumliche und zeitliche Temperaturänderung.
- **Oberflächenbeschaffenheit:** Raue Oberflächen absorbieren und emittieren Wärmestrahlung besser als glatte Oberflächen, was die räumliche und zeitliche Temperaturänderung beeinflussen kann.
- **Emissionsgrad:** Die Emission und Absorption sind abhängig vom materialspezifischen Emissionsgrad.
- **Umgebungsbedingungen:** Die Umgebungsbedingungen, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Wind, beeinflussen die Wärmeübertragung zwischen dem Objekt und seiner Umgebung.
- **Interne Wärmequellen:** Die Anwesenheit von internen Wärmequellen, wie elektrischen Bauteilen oder chemischen Reaktionen, kann die räumliche und zeitliche Temperaturänderung beeinflussen, da sie zur Erwärmung oder Kühlung des Objekts beitragen.
- **Wärmeübertragungsmechanismen:** Die Wärmeübertragung innerhalb des Objekts und zwischen dem Objekt und seiner Umgebung kann durch verschiedene Mechanismen wie Konduktion, Konvektion und Strahlung erfolgen.
- **Isolierende Eigenschaften:** Objekte, die von isolierenden Materialien umgeben sind, können eine verlangsamte räumliche und zeitliche Temperaturänderung aufweisen, da die Isolierung die Wärmeübertragung zwischen dem Objekt und seiner Umgebung verringert.

Die Kenntnis dieser Faktoren ermöglicht es, Temperaturänderungen besser vorherzusagen, zu analysieren und zu kontrollieren, was in vielen Anwendungsbereichen, wie zum Beispiel der Thermographie, der Materialwissenschaft und der Gebäudetechnik, von großer Bedeutung ist.

Wie lässt sich ein thermisches Ungleichgewicht herstellen?

Ein thermisches Ungleichgewicht wird dadurch gegeben, dass die Oberflächen sowohl auf der globalen als auch auf der regionalen und mikroskaligen Ebene unterschiedliche Strahlungs- und Wärmebilanzen aufweisen. Eine thermische Quelle stellt ein thermisches Ungleichgewicht her, durch Umwandlung von Energie in thermische Energie.

3. Demonstrator

3.1 Aufbau

Der Demonstrator besteht aus einer Scheibe, welche mit einem Motor in Rotation versetzt wird. Auf der Scheibe liegt ein Stab auf und reibt, siehe dazu Abbildung 1. An der Kontaktstelle entsteht aufgrund der Reibung Wärme, die mit der Infrarotkamera als Spur sichtbar wird. Sowohl der Stab als auch die Scheibe bestehen aus Holz, welches einen Emissionsgrad von 0,94 bei einer Materialtemperatur von 70 °C besitzt, damit liegt es nahe bei 1 und bietet sich damit besonders an. Der Gleitreibungskoeffizient von Holz auf Holz liegt bei etwa 0,4. Metalle erweisen sich aus zwei Gründen als ungeeignet. Sie besitzen zum einen untereinander nur geringe Reibungskoeffizienten, der bei Gusseisen z.B. 0,15¹ beträgt und zum anderen metallische Oberflächen Infrarotstrahlung stark reflektieren, womit die Detektion der Eigenerwärmung ungemein erschwert wird.

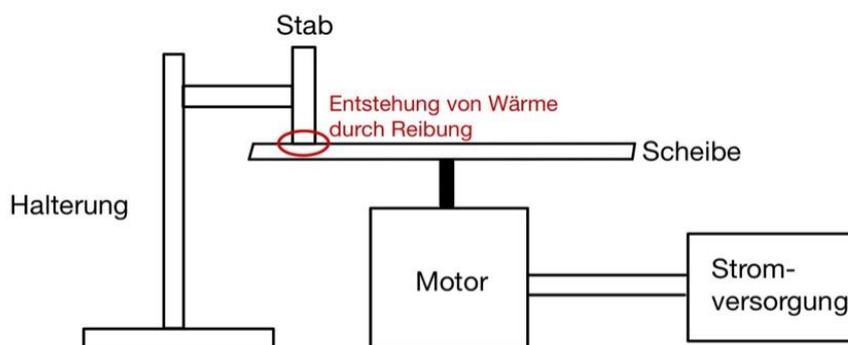


Abb. 1: Skizze des Demonstrators

3.2 Anwendung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Der Demonstrator ist für die Darstellung verschiedener Anwendungsfälle geeignet. Im automobilen Bereich können bei der Entwicklung und dem Test von Reifen und Bremsanlagen Erwärmungsprofile mit Infrarotkameras aufgenommen werden. Ein anderer Fall ist die Überwachung von Werkzeug- und Werkstücktemperaturen bei der Bearbeitung temperaturempfindlicher Werkstoffe. Weitere Anwendungsgebiete, in denen Wärme durch Reibung entsteht und Thermografie ein nützliches Hilfsmittel ist, sind z.B. die Entwicklung von Triebwerken in der Luft- und Raumfahrttechnik.

¹ Reibungskoeffizienten mit Hilfe der folgenden Website ermittelt:
https://infosys.beckhoff.com/index.php?content=../content/1031/tc_motion_designer/2761712779.html&id=

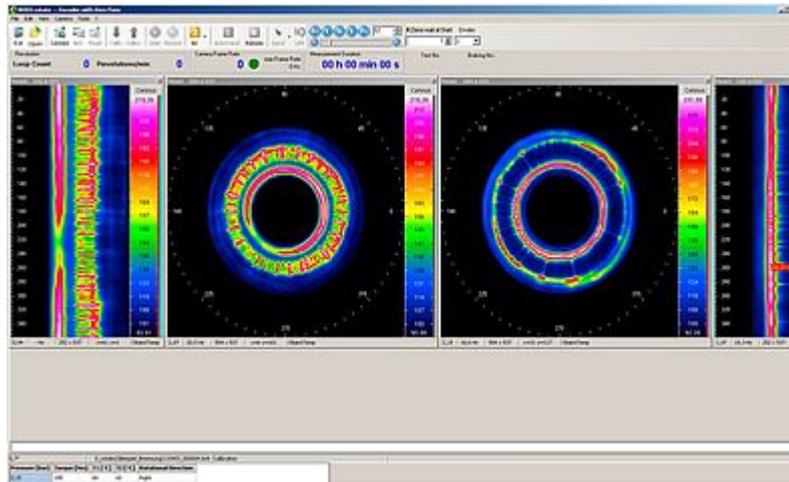


Abb. 2: Thermografiebild Wärmeentwicklung bei Bremsen und Reifen

Eine Infrarotkamera zur Thermografie bietet im Rahmen der Anwendungen die folgenden Vorteile. Zum einen liefert die Kamera zur Analyse ein Temperaturprofil über eine Fläche, welches Aufschluss über die Temperatur eines großen Ausschnitts des zu untersuchenden Objekts gibt und für die Entwicklung äußerst nützlich ist. Außerdem können mit den verwendeten Optiken auch kleinere Bereiche aufgelöst und vermessen werden. Ein weiterer Vorteil ist die Flexibilität, die eine Kamera gegenüber einem herkömmlichen Temperatursensor (z.B.: Thermoelement) bietet. Bei Fertigungsanlagen, wie beispielsweise CNC-Maschinen, kann neben dem Überwachen der Werkstücktemperatur auch das Werkzeug vor Überhitzung sowie dem damit einhergehenden erhöhten Verschleiß geschützt werden. Unternehmen und Forschungseinrichtungen sparen damit Geld für Werkzeuge und schützen ihre Maschinen vor unerwünschten oder im schlimmsten Fall bedrohlichen Zuständen.

Für die oben genannten Anwendungsgebiete entstehen Anforderungen an die verwendete Kamera bzw. das Kamerasystem, welche sich mit den Kriterien zur zeitlichen, geometrischen und thermischen Auflösung charakterisieren. Eine Übersicht der Anforderungen ist für zwei der oben genannten Anwendungen in Tabelle 1 angeführt.

Tab. 1: Anforderungen an die Infrarotkamera

Anwendung	Zeitliche Auflösung	Geometrische Auflösung	Thermische Auflösung
Bremsentest	Mittlere Anforderung	Hohe Anforderung für aussagekräftige Temperaturprofile	Mittlere Anforderung, jedoch mit großem Messbereich, durch unterschiedliche Erwärmung der Bremsscheibe
Werkstück- und Werkzeug-Überwachung bei CNC-Fertigung (Keine Massenfertigung)	Mittlere Anforderung	hohe Auflösung erforderlich bei kleinen Geometrien	Mittlere Anforderung, da nur Schwellwerte entscheidend sind und nicht überschritten werden dürfen

4. Quellenverzeichnis

https://infosys.beckhoff.com/index.php?content=../content/1031/tc_motion_designer/2761712779.html&id=

<https://www.kleiberinfrared.com/index.php/de/amanwendungen/emissionsgrade.html>

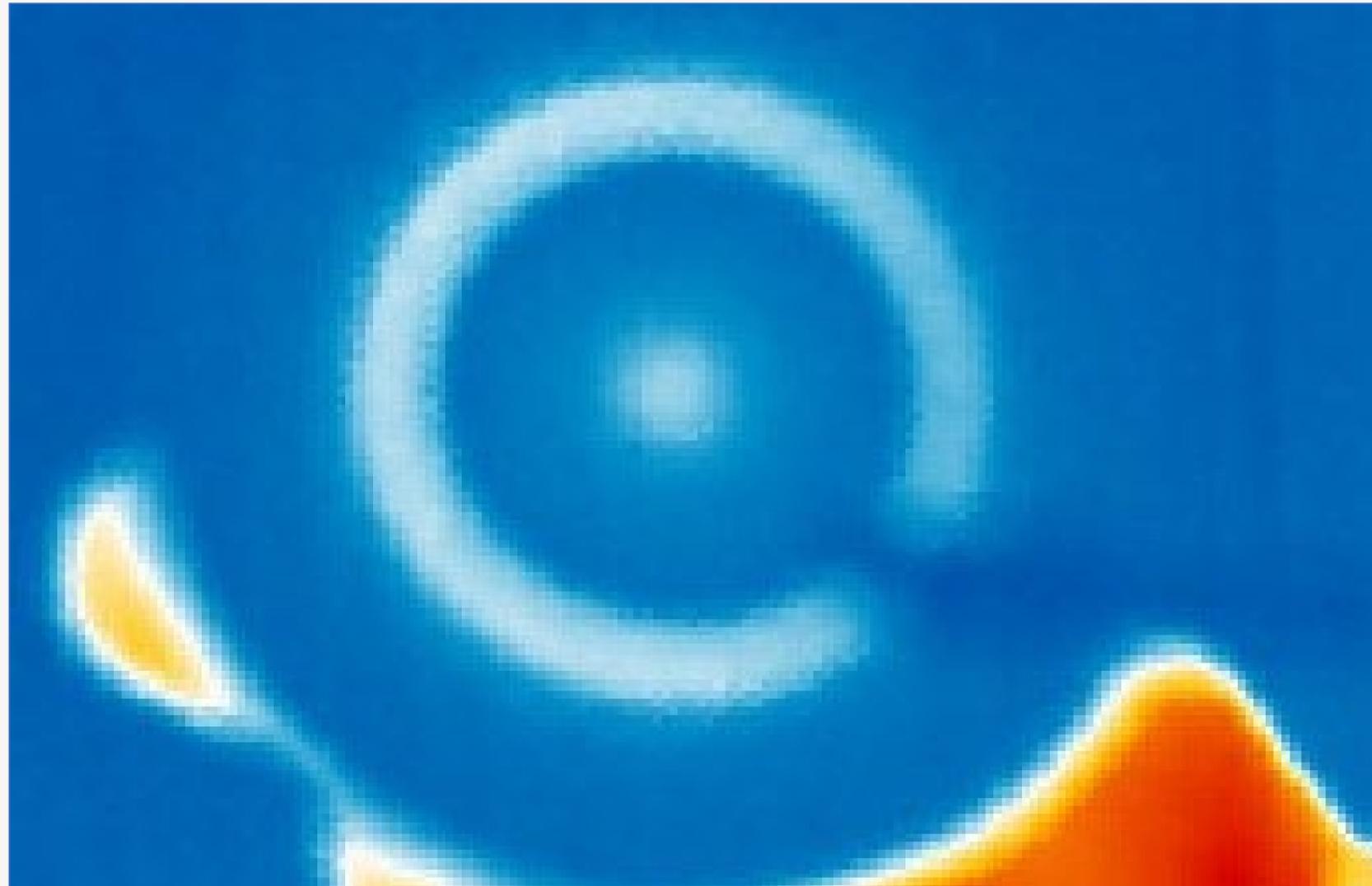
<https://www.infratec.de/thermografie/zfp/trc/>

<https://www.infratec.de/thermografie/>

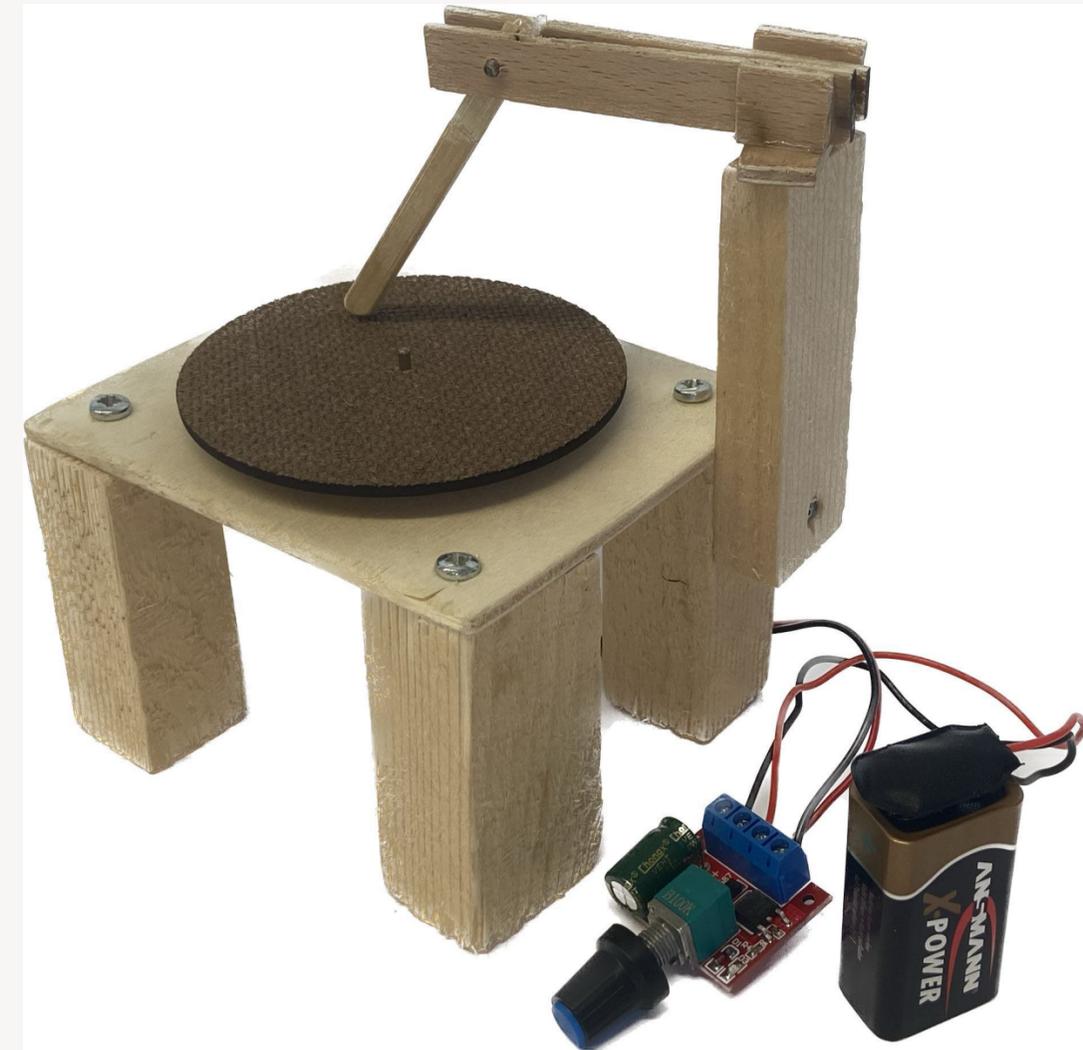
In fra Dis c .

von Tobias Brantz, Luca Buschmann, Marek Klein, Florian Langer, Georg
Tanner, Richard Töpfer und Ivan Vetrov

Idee des Demonstrators

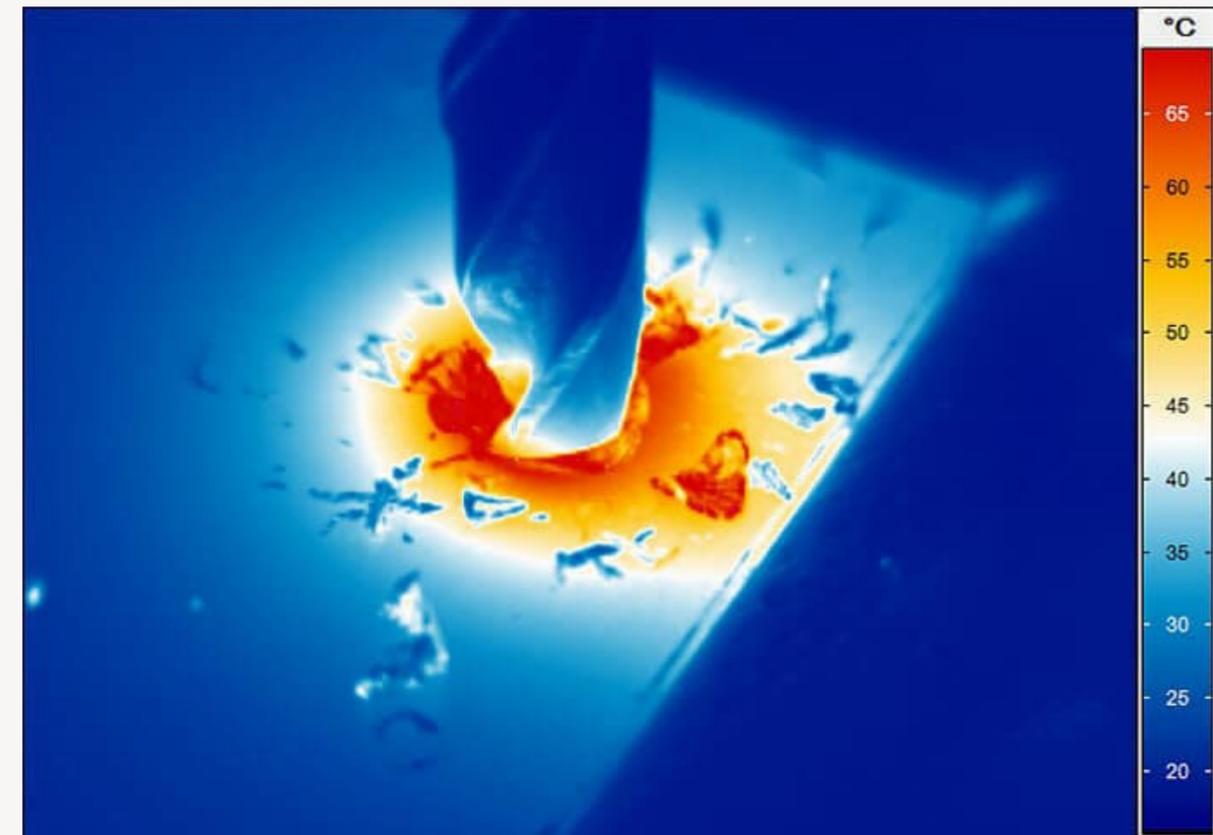


Entwicklung und Aufbau



Anwendungsgebiete

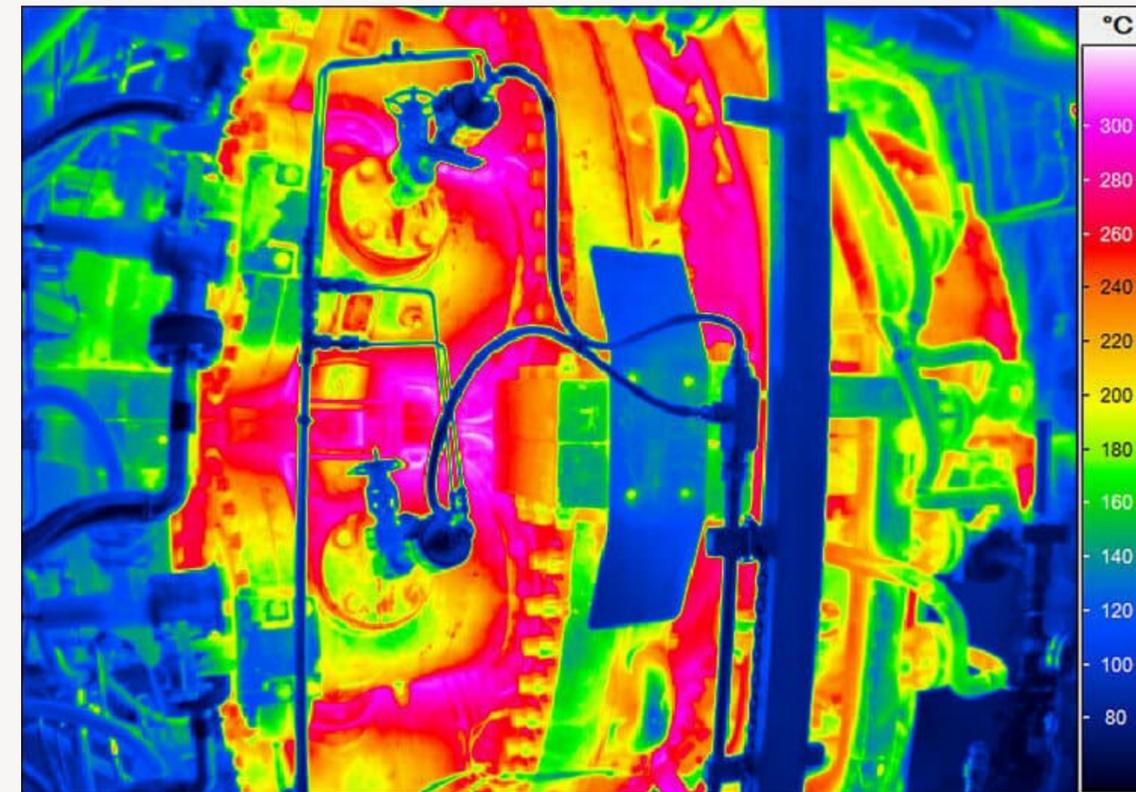
CNG Maschine



<https://www.infratec.de/thermografie/anwendungsgebiete/high-speed-thermografie/> (30.03.2023)

Anwendungsgebiete

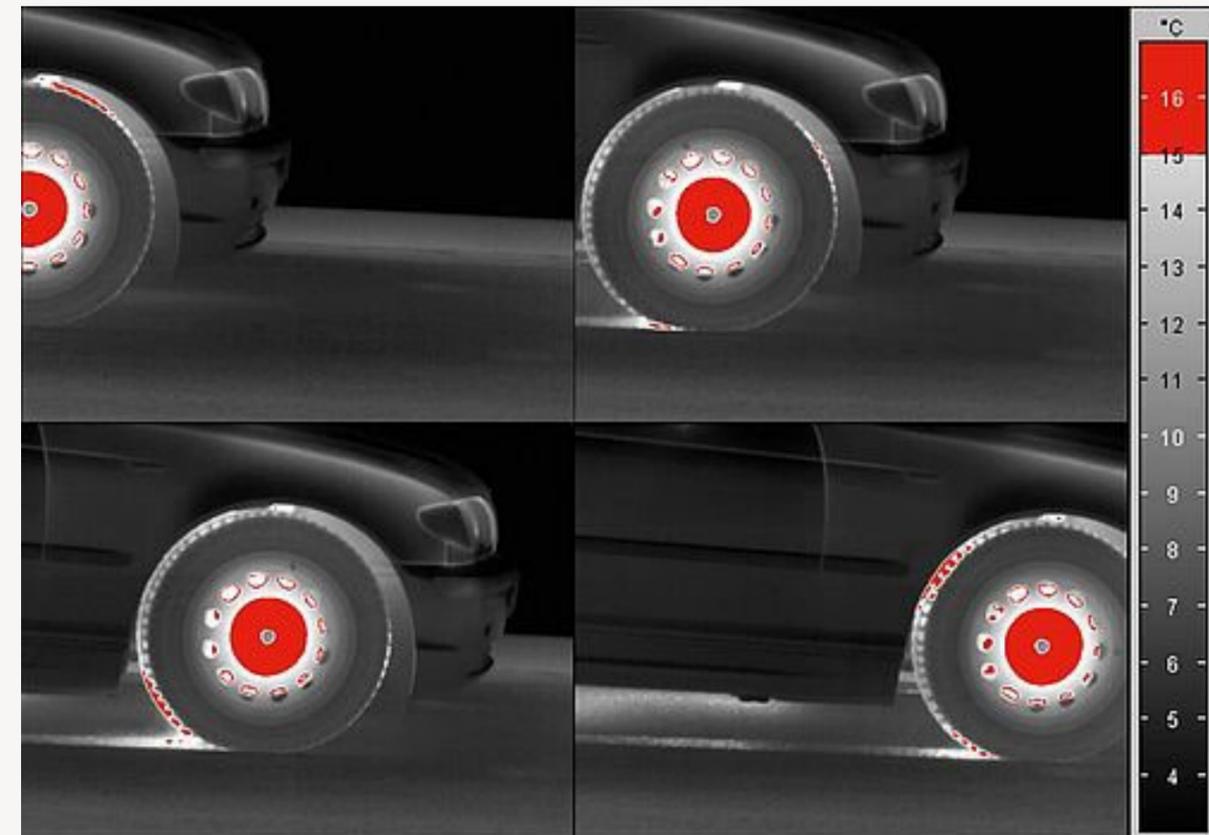
Turbinen



<https://www.infratec.de/thermografie/anwendungsgebiete/thermische-optimierung/> (30.03.2023)

Anwendungsgebiete

Bremsanlagen und Reifenthermografie



<https://www.infratec.de/thermografie/anwendungsgebiete/high-speed-thermografie/> (30.03.2023)