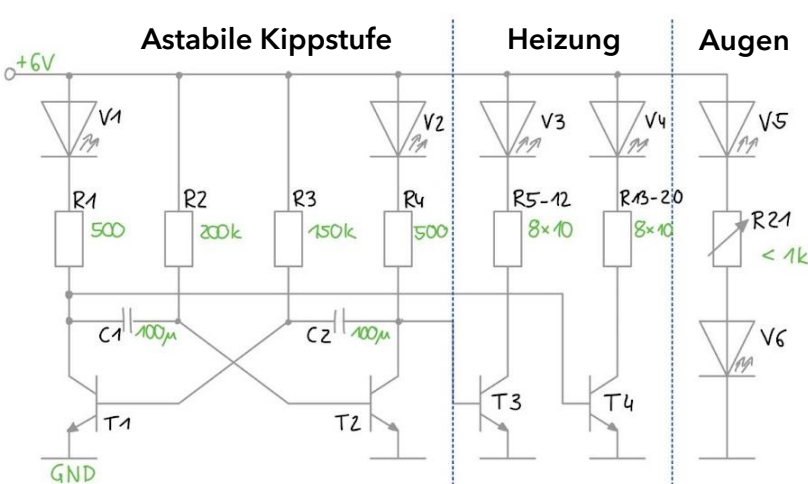


INFRAtec.

Bringt Thermographie in der PV-Branche wirklich einen messbaren Erfolg oder ist es nur ein überbewerteter Hype?



Wachstumsstarker Markt der Photovoltaik verspricht erhöhte Nachfrage nach Fehleridentifizierung.

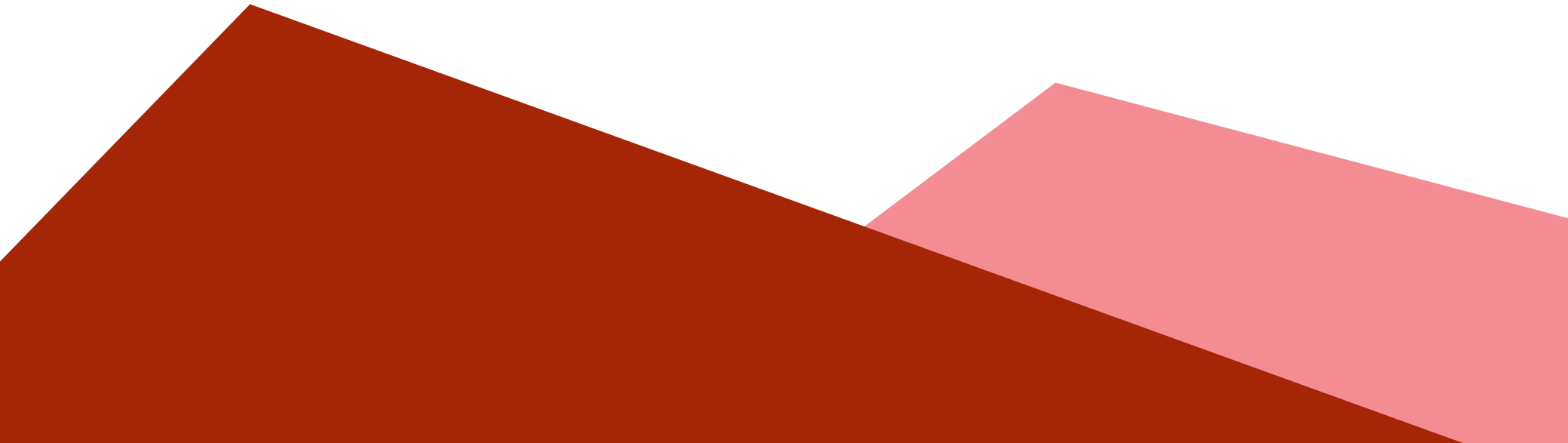


Vorteile unseres Demonstrators

- geringer thermischer Unterschied von 0,7 K fordert hohe thermische Auflösung
- realitätsnahe Dimensionierung fordert hohe geometrische Auflösung
- kostengünstig herstellbar
- einfache, kompakte Bauweise ermöglicht einfache Handhabung
- anpassbar auf andere Branchen

1. Astabile Kippstufe steuert Heizelemente
2. Periodische Veränderungen nur auf Wärmebild und nicht mit bloßem Auge sichtbar
3. Entstehendes Motiv wird wiedererkannt und weckt Interesse bei potentiellen Kunden
4. Für vollständiges Bild, Blick auf IR-Kamera notwendig

INFRA^TEC.



Inhalt

Herausforderung
Potentielle Kunden
Anforderungen
Der Demonstrator
Physikalische Hintergründe
Elektronik
Ausblick

1
2
2
3
4
5
5

Bringt Thermographie in der PV-Branche wirklich einen messbaren Erfolg oder ist es nur ein überbewerteter Hype?



"Every 24 hours enough sunlight touches the earth to provide energy for the entire planet for the next 24 years." Martha Maeda, author of the book of "How to solar power your home"

Der Markt mit Photovoltaik- und Solarmodulen entwickelt sich immer stärker und in Zukunft werden im Vergleich zu heute immer größere Anlagen gebaut werden. All diese Photovoltaikanlagen müssen regelmäßig überwacht und kontrolliert werden. Womit kann man das erreichen?

Thermografie



Thermografie ermöglicht eine berührungslose Erfassung von Temperaturverteilungen an der Oberfläche von PV-Modulen und liefert so wichtige Informationen über die Funktionsfähigkeit und den Zustand der Module.

Potentielle Kunden



Hersteller und Zulieferer

Größe: Mittlere Unternehmen
(200 - 1000 Angestellte)
Ort: Deutschland oder Europa

Beispiele: SKB Solartec, Varta Storage GmbH,
Sonnen E3/DC GmbH, SMA Solar Technology
AG



Größere Endverbraucher

Größe: Mittlere bis große Unternehmen
(200+ Angestellte)
Ort: Deutschland oder Europa
Ziel: CO₂-Emissionen senken

Beispiele: Porsche, Mercedes, Opel

Wie sprechen wir sie an?

Messen, Großveranstaltungen, Präsenzveranstaltungen

Womit sprechen wir sie an?

Ein Demonstrator, der die Vorteile von unserer Infrarot-Kamera
ausreichend darstellt.

Was muss dieser Demonstrator können?

Anforderungen

Er muss gut die folgenden
Eigenschaften Darstellen:



- zeitliche Auflösung



- thermische Auflösung



- geometrische Auflösung

Außerdem muss er

- leicht und transportabel
- einfach gebaut sein
- benutzerfreundlich
- schnell zu verstehen
- möglichst robust

sein.

Aufbau des Demonstrators

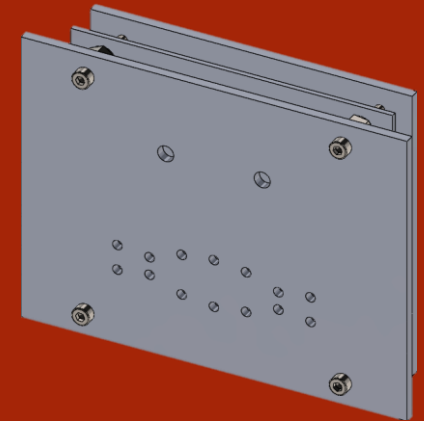
Kleine Solarmodule bestehen heute meistens aus 4×9 , also insgesamt 36, kleinen Solarzellen. Diese Zellen sind häufig 15×15 cm groß, woraus sich eine Gesamtgröße von circa 60×135 cm ergibt.

Oft werden nicht nur einzelne, sondern gleich eine große Anzahl von Modulen gleichzeitig untersucht. Um auch einzelne Zellen untersuchen zu können, werden sehr hohe Anforderungen sowohl an die thermische als auch an die geometrische Auflösung der Infrarot-Kamera gestellt.

Für unseren Demonstrator sind wir, um die hohen Anforderungen darzustellen, von einem Kamerabild mit 48 Modulen ausgegangen. Somit repräsentiert unser Demonstrator 1728 Solarzellen bei vollem Kamerabild. Die Solarmodule haben wir in einem 4×12 Raster angeordnet, was in der Realität einer Größe von $7,2 \times 5,4$ m entspricht.



Seitenansicht



Frontansicht

Diese Größe haben wir anschließend mit dem Maßstab 1:60 skaliert, sodass nun die ursprüngliche Breite eines Moduls (60cm) 1 cm im Demonstrator entspricht. Auf die gesamte Anlage bezogen ergibt sich so eine Größe von 9×12 cm für unseren Demonstrator. Dabei entspricht ein PV-Modul nun $1 \times 2,25$ cm und eine einzelne Solarzelle $0,25 \times 0,25$ cm.

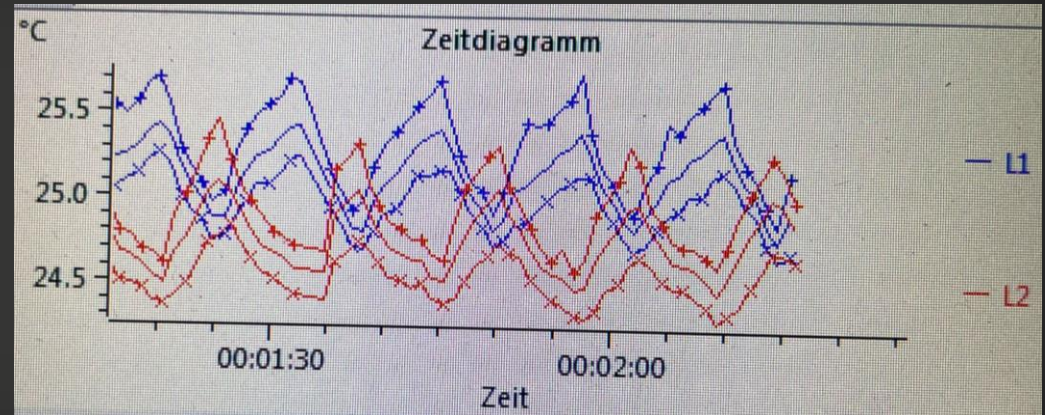
Für unseren Demonstrator nutzten wir eine Sperrholzplatte in die wir Löcher bohrten. Diese bestimmen die Anordnung der Widerstände und LEDs, die von einer Logikschaltung gesteuert werden. Die Stromversorgung und die Logikschaltung wurden auf eine Leiterplatte, welche sich unter der Sperrholzplatte befindet, aufgelötet. Durch die Logikschaltung werden die Widerstände und die LEDs so angesteuert, dass in einem bestimmten Takt auf dem Infrarotbild abwechselnd ein fröhlicher bzw. ein trauriger Smiley entsteht, indem nur ein Stromfluss durch die Widerstände des traurigen Mundes bzw. nur durch die Widerstände des lachenden Mundes zugelassen wird. Der Mund des Smileys ist somit nur auf dem Wärmebild erkennbar. Dafür wird auch eine hohe zeitliche Auflösung der Kamera benötigt.

Durch die LEDs, welche die Augen des Smileys repräsentieren, fließt immer ein Strom. Diese sind somit zeitunabhängig sowohl auf dem Wärmebild, als auch mit dem bloßen Auge erkennbar.

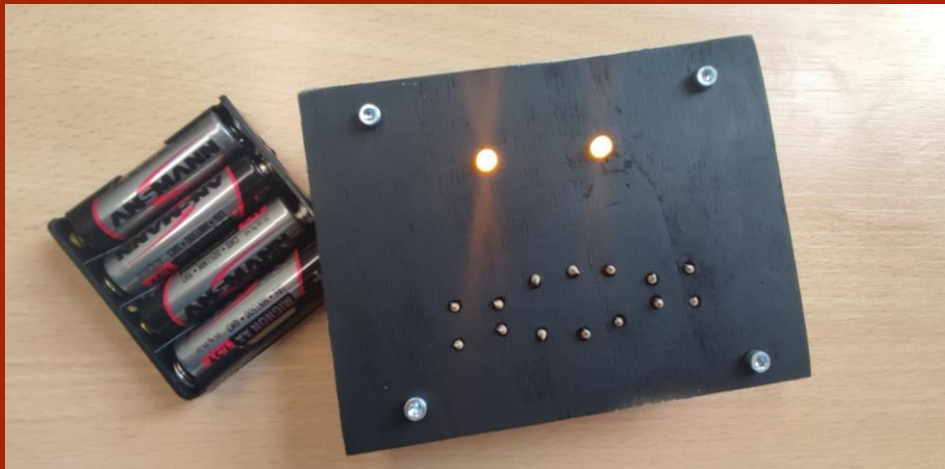
Physikalischer Hintergrund

Einen wesentlichen Einflussfaktor auf die thermographische Untersuchung von verschiedenen Objekten bildet der Emissionsgrad, welcher beschreibt, wie viel Licht ein bestimmtes Material bzw. ein bestimmter Stoff absorbiert. Dieser Wert kann zwischen 0 (keine Absorption) und 1 (100% Absorption) liegen.

Da Holz mit 0,94 einen eher hohen Emissionsgrad im Vergleich zu anderen Stoffen hat, haben wir uns für dieses Material als Basis für unseren Demonstrator entschieden. Zusätzlich dazu haben wir die Oberfläche noch mit Ofenlack beschichtet, um ein noch besseres Ergebnis zu erzielen. Durch den hohen Emissionsgrad unserer Oberfläche haben sich ständig ändernde und nicht vorhersehbare Umwelteinflüsse (z.B. starke Sonneneinstrahlung) einen geringeren Einfluss auf das Wärmebild der Kamera.



Wenn elektronische Bauelemente, wie z.B. Widerstände, von einem Strom durchflossen werden, fällt über ihnen eine Spannung ab, weshalb sie sich erwärmen. Diese Temperaturunterschiede können thermografisch erfasst und von einer Infrarotkamera dargestellt werden.



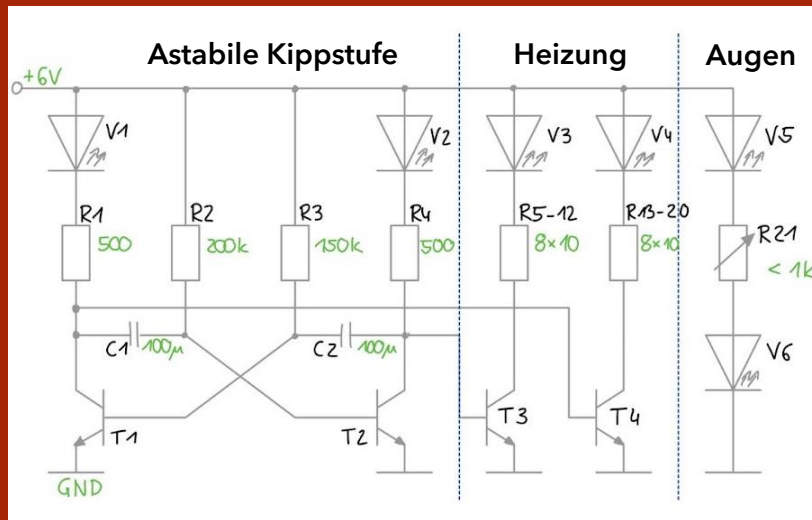
Unser Demonstrator

Elektronik

Die Grundlage des Demonstrators bildet eine astabile Kippstufe (AKS). Diese ist anbei im Schaltplan dargestellt. Sie sorgt dafür, dass der animierte Mund des Smileys zwischen zwei Zuständen hin und her springt. Dabei ist diese unsymmetrisch ausgelegt, damit der Smiley hauptsächlich lächelt und somit Kunden nicht verschreckt. Grundlage für die zeitliche Auslegung ist die Betrachtung der Zeitkonstanten in RC-Schwingkreisen. Unter Berücksichtigung unserer Bauelementeparameter ergeben sich somit mittlere Halbwertszeiten für das Heizen der Widerstände von 10s (traurig) und 14s (lächelnd).

In der Realität werden diese Zeiten jedoch unterschritten. Dies hängt mit der angeschlossenen Last und der Stromverstärkung des Bipolartransistors (BJT) zusammen. Während der Planungs- und Konstruktionsphase stellte diese Dimensionierung der Zeiten für uns ein großes Problem dar, welches wir jedoch final mit dem Kompromiss lösen konnten, dass wir Zeiten von 7s und 10s mit einer Temperaturänderung von 0,75K generieren. Dieser Zusammenhang ist im Zeitverlauf auf Seite 4 dargestellt. Dabei stellt die blaue Kennlinie den zeitlichen Temperaturverlauf des lächelnden Mundes und die rote Kennlinie den zeitlichen Temperaturverlauf des traurigen Mundes dar.

Die verbauten LEDs werden über ein Potentiometer als Vorwiderstand so eingestellt, dass sie die gleiche Temperatur wie die Widerstände erreichen, damit sich somit ein homogenes IR-Kamerabild ergibt. Die letzte Baugruppe der Schaltung stellt die Widerstandsheizung dar. Jeweils zwei npn-Bipolartransistoren arbeiten als Ventile und werden von der AKS angesteuert. Sie öffnen und schließen somit die Stromkreise, die mit den Widerständen als Heizelemente belastet werden.



Schaltplan

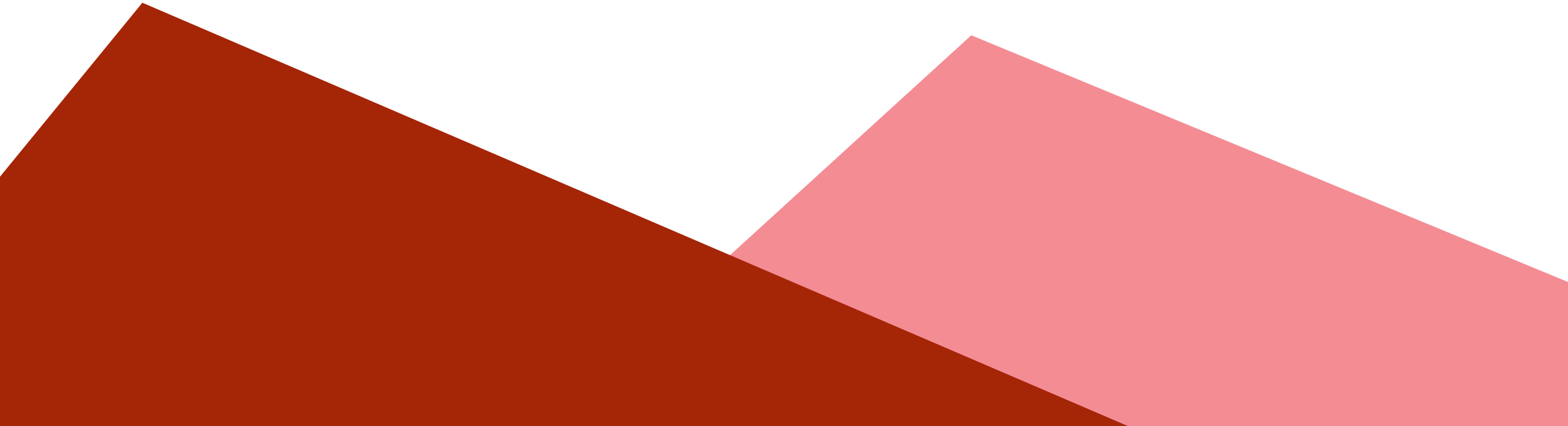


Ausblick

Für die Zukunft planen wir, die zeitliche Auflösung der Infrarot-Kamera anschaulicher darzustellen und die Anforderungen an die Kamera zu erhöhen.

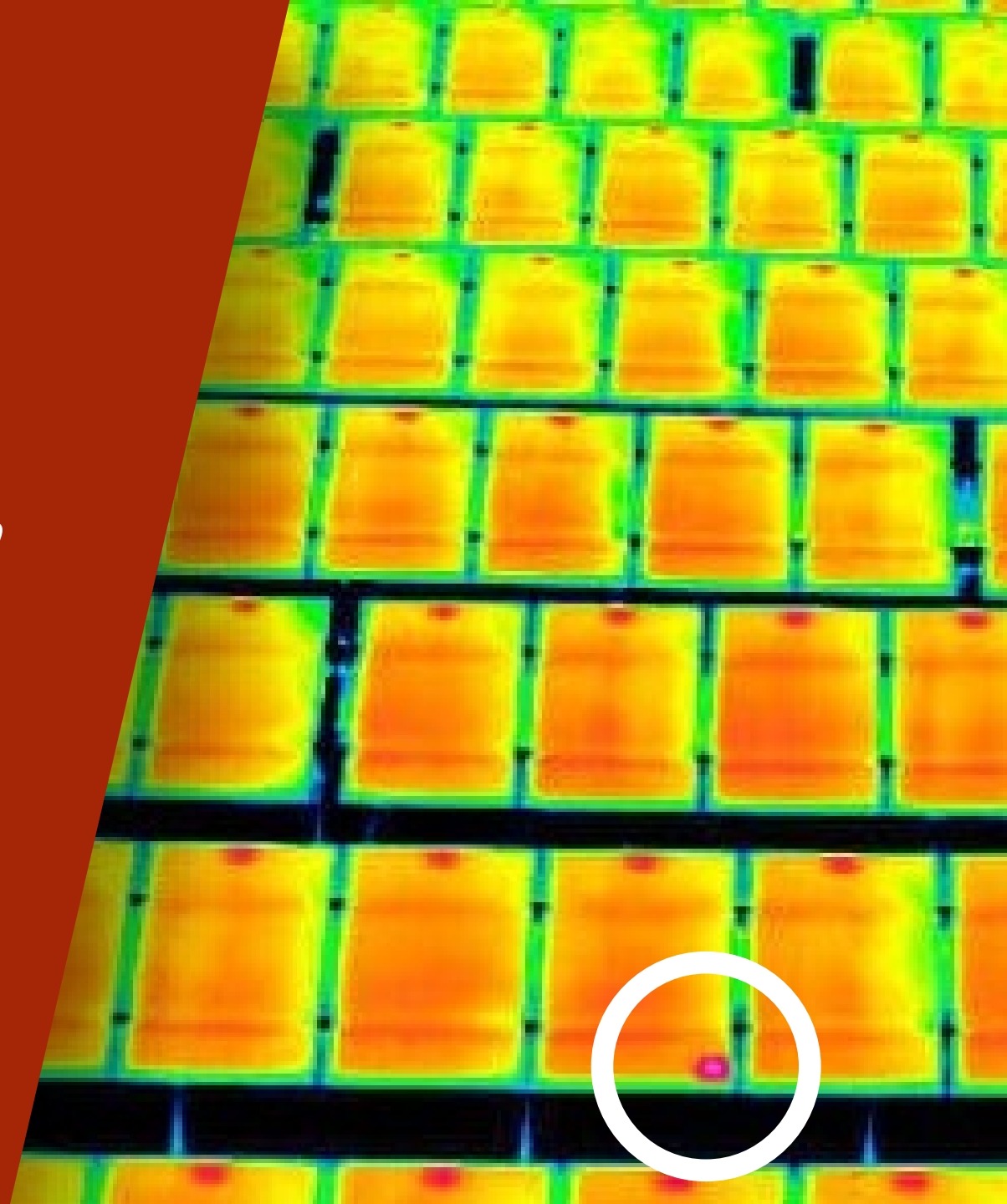
Dafür bauen wir den Demonstrator kompakter und montieren ihn auf einem Rotor. Dadurch kann man die „Lock-In“-Funktion der IR-Kamera präsentieren. Durch die Rotation wird am Anfang auf der Kamera nichts zu sehen sein, wenn man aber die „Lock-In“-Funktion der IR-Kamera einstellt, kann man den lächelnden/traurigen Smiley auf der Kamera beobachten.

INFRAtec.



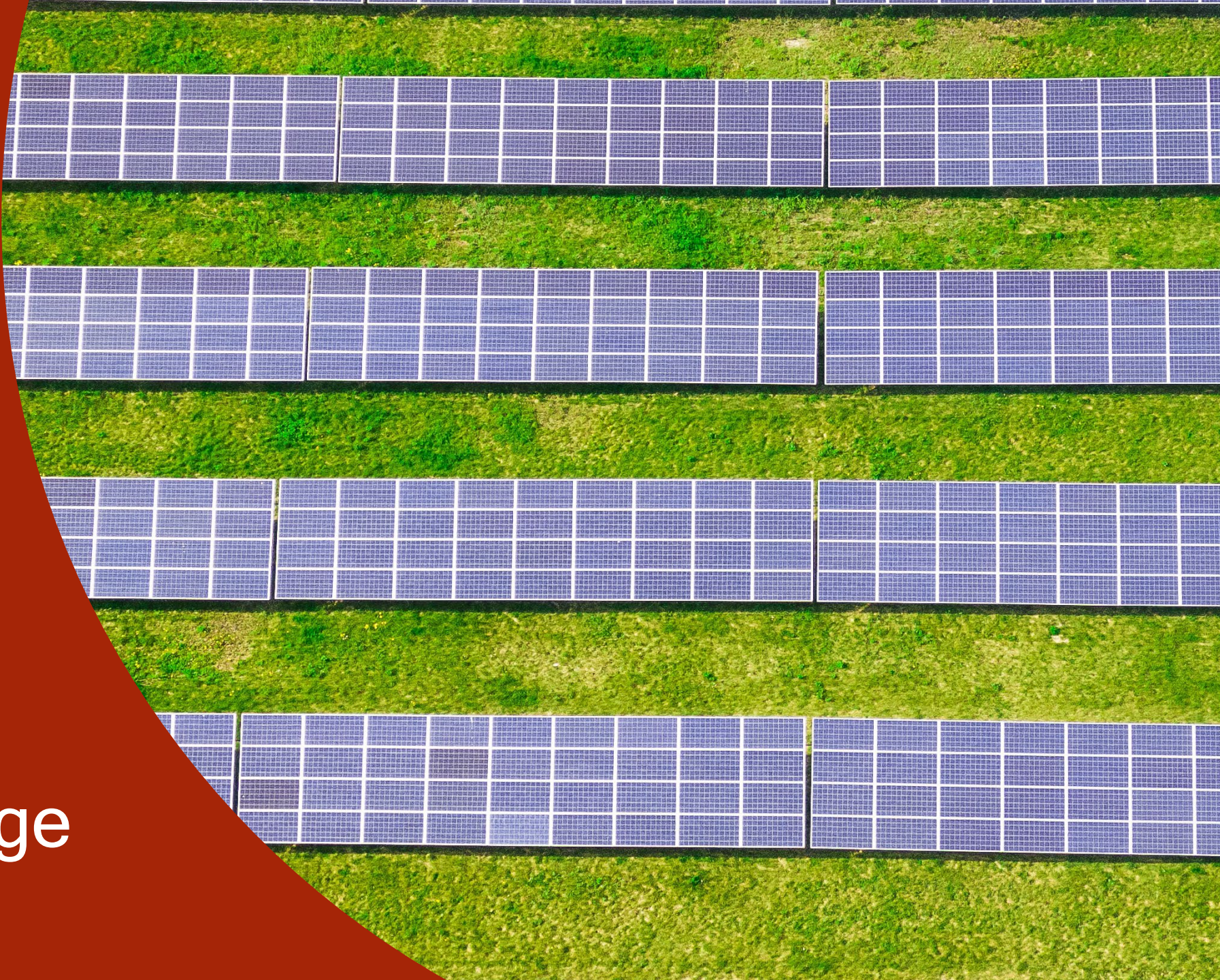
Thermografie

- + *berührungslos*
- + *einfach zu bedienen*
- + *schnell*
- + *fernsteuerbar*

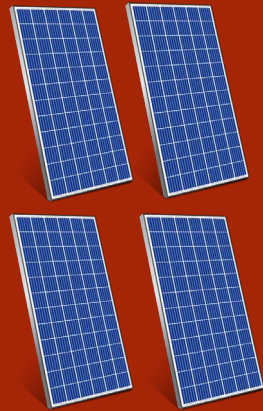


Womit können wir diese Vorteile schnell und
interessant demonstrieren?

Ausgangslage



5,4
Meter

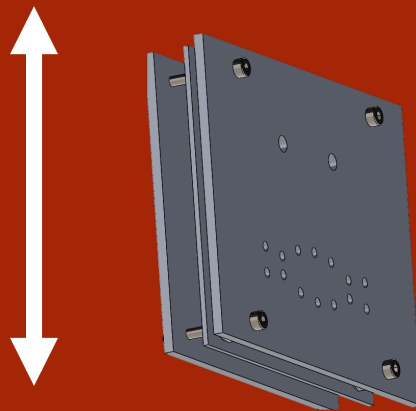


30 Meter



Maßstab 1:60

9 Zentimeter



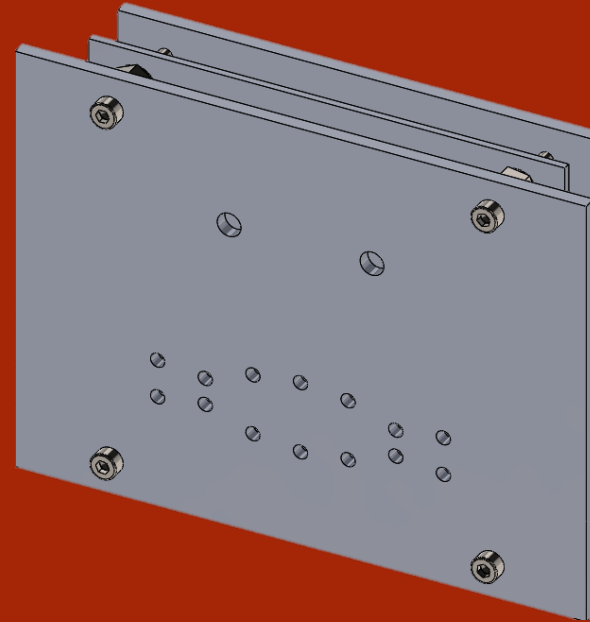
0,5 Meter



Aufbau des Demonstrators

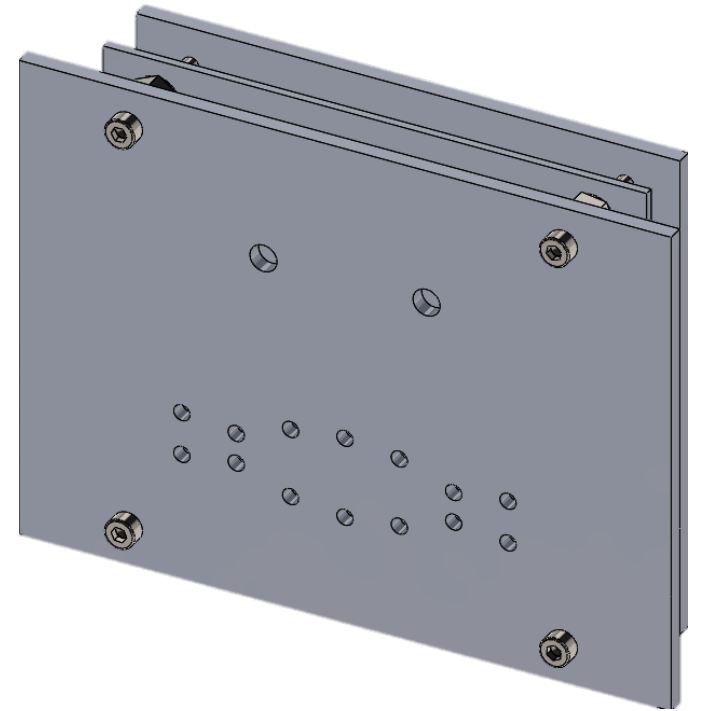
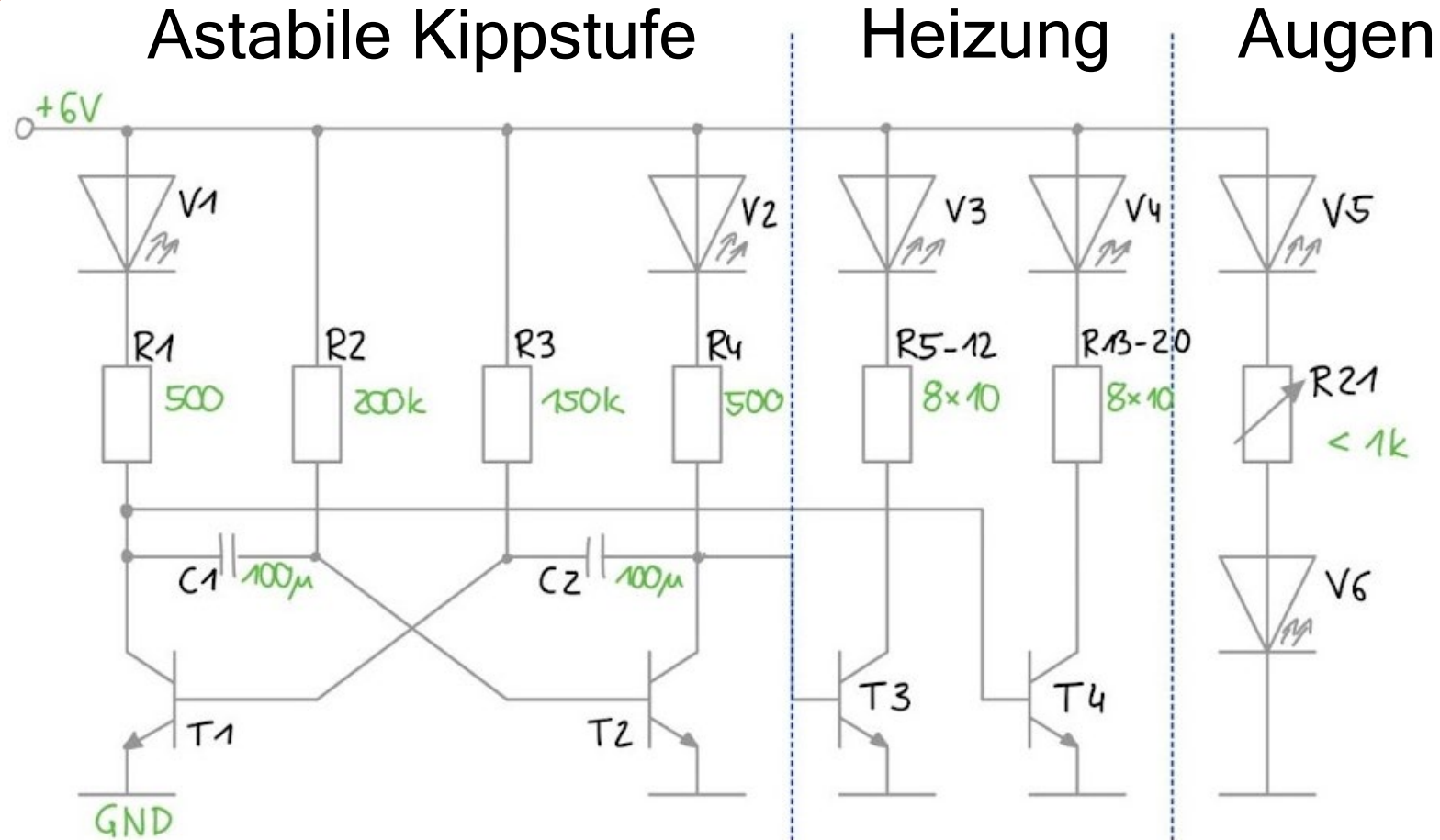


Seitenansicht

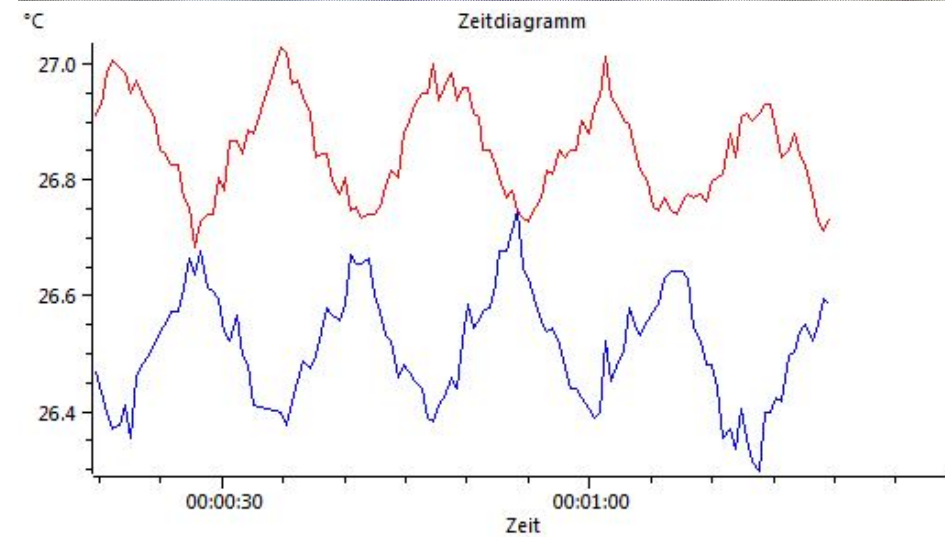
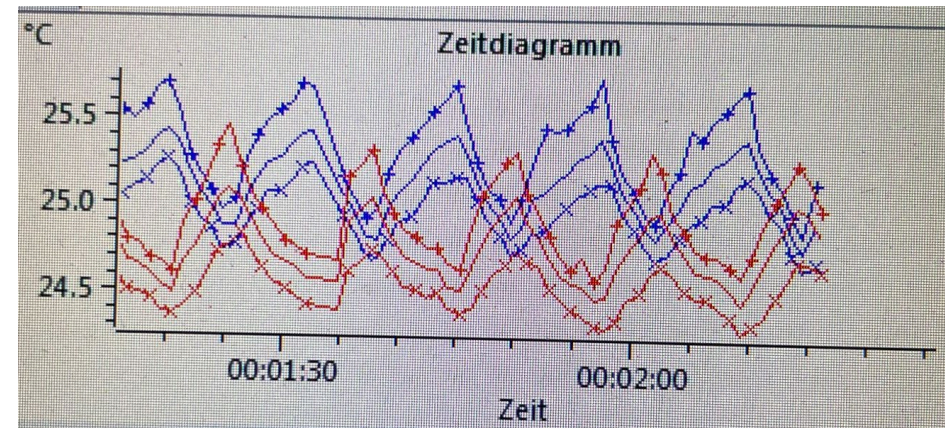
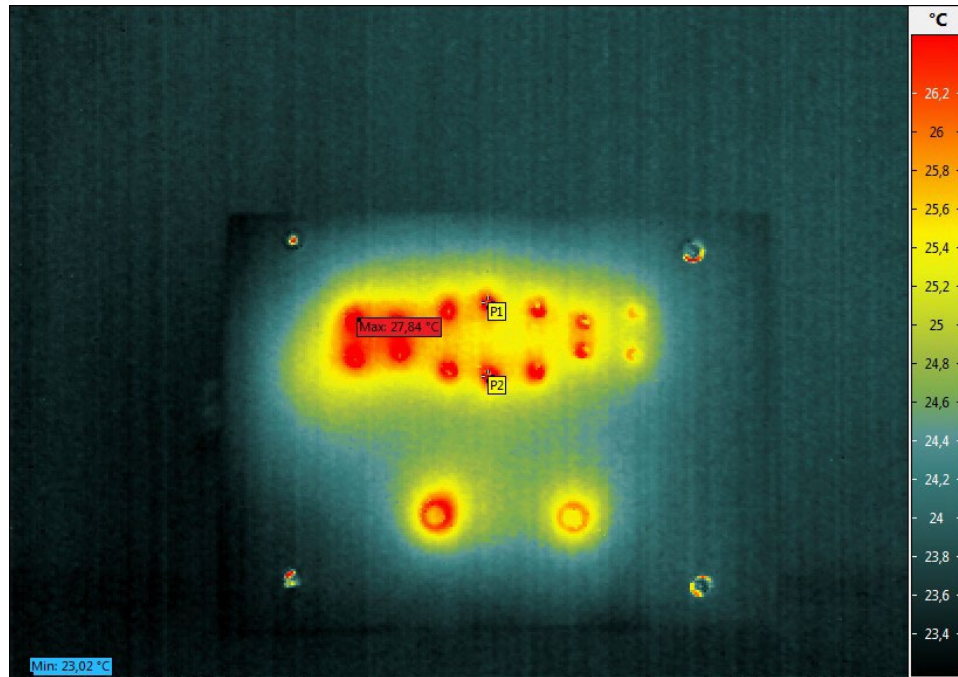


Frontansicht

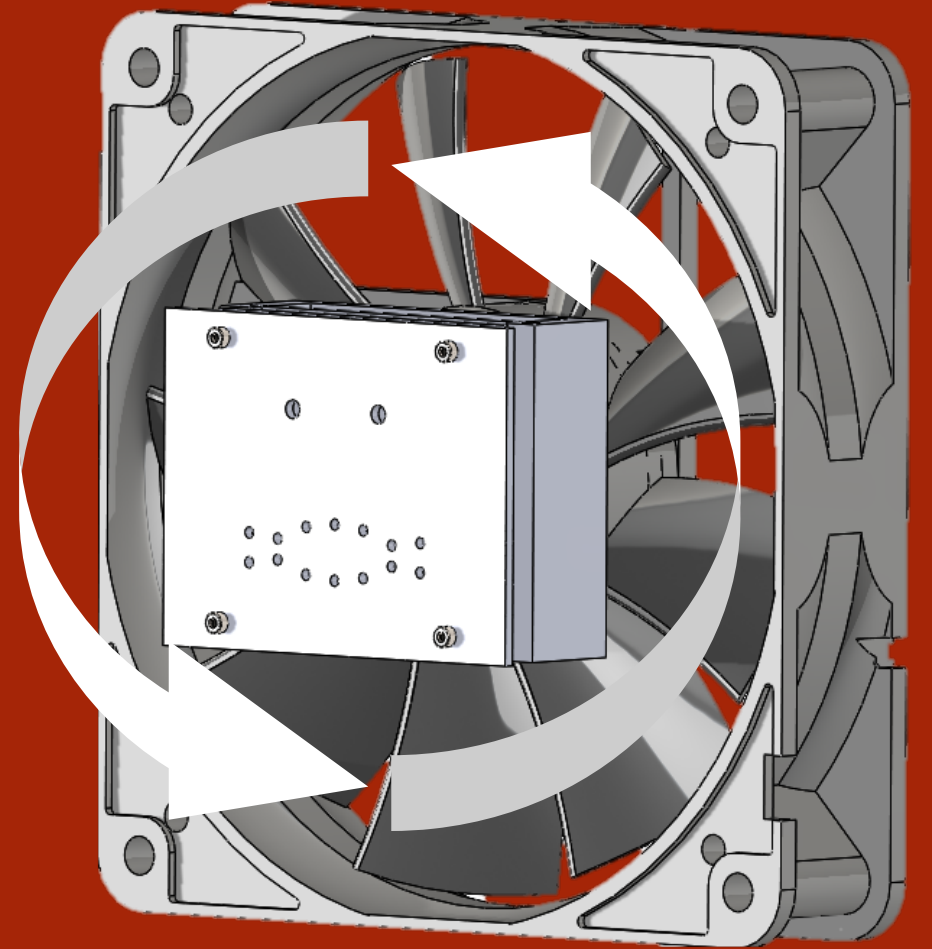
Der Schaltplan



Demonstration



Ausblick in die Zukunft



Bildquellen:

- [P1]: <https://climatechangemitigation.eu/wp-content/uploads/2022/03/photo-1592833159155-c62df1b65634.webp>
- [P2]: <https://docplayer.org/docs-images/110/194557959/images/17-1.jpg>
- [P3]: <https://www.infratec.eu/thermography/industries-applications/photovoltaic-inspection/>
- [P4]: https://www.zeit.de/2022/40/solarstrom-solaranlagen-kosten-geschichte?utm_referrer=https%3A%2F%2Flens.google.com%2F
- [P5]: <https://www.secondsol.com/de/anzeige/22679//heckert-solar/nemo-2-0-60p-270-270wp>
- [P6]: <https://www.infratec.de/thermografie/waermebildkamas/imageir-8300-hs/>

Danke für Ihre
Aufmerksamkeit