

**Bedienungsanleitung**

# optris<sup>®</sup> PI LightWeight-Kit

IR-Kamera mit Recording Box für  
Fluganwendungen



**Optris GmbH**

Ferdinand-Buisson-Str. 14  
D – 13127 Berlin  
Deutschland

Tel.: +49 30 500 197-0  
Fax: +49 30 500 197-10

E-Mail: [info@optris.de](mailto:info@optris.de)  
Internet: [www.optris.com](http://www.optris.com)



## Inhalt

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Allgemeine Hinweise .....               | 8  |
| 1.1   | Verwendungszweck .....                  | 8  |
| 1.2   | Gewährleistung .....                    | 10 |
| 1.3   | Lieferumfang .....                      | 11 |
| 1.4   | Wartung.....                            | 12 |
| 1.4.1 | Reinigung .....                         | 12 |
| 2     | Technische Daten .....                  | 13 |
| 2.1   | Recording Box.....                      | 13 |
| 2.1.1 | Allgemeine Parameter.....               | 13 |
| 2.1.2 | Elektrische Parameter.....              | 14 |
| 2.2   | Kamera PI 400 / PI 450 / PI640 LW ..... | 15 |
| 2.2.1 | Allgemeine Spezifikation .....          | 15 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.2.2 | Elektrische Spezifikation .....                    | 19 |
| 2.2.3 | Messtechnische Spezifikation .....                 | 20 |
| 2.2.4 | Spezifikationen der Optik .....                    | 21 |
| 3     | Installation .....                                 | 26 |
| 3.1   | Physische Installation.....                        | 26 |
| 3.2   | Mechanische Daten PI 400/ PI 450 / PI 640 LW ..... | 27 |
| 3.3   | Abmessungen Recording Box .....                    | 28 |
| 3.4   | Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box.....   | 29 |
| 3.5   | Betriebsarten Recording Box .....                  | 32 |
| 3.5.1 | Konfiguration der PI am HDMI-Ausgang.....          | 33 |
| 3.5.2 | Konfiguration der PI am analogen TV-Ausgang .....  | 33 |
| 3.5.3 | Konfiguration von PI + GoPro am TV-Ausgang .....   | 33 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.5.4 | Konfiguration der PI am HDMI-Ausgang + GoPro am TV-Ausgang .....        | 34 |
| 4     | Bedienung .....   | 35 |
| 4.1   | Einschalten der Recording Box.....                                      | 35 |
| 4.2   | Stand-Alone-Betrieb.....  | 36 |
| 4.3   | Multifunktionstaste .....   | 37 |
| 4.4   | Aufnahme starten.....   | 38 |
| 4.4.1 | Aufnahmesteuerung über einen elektrischen Schalter .....                | 38 |
| 4.4.2 | Aufnahmesteuerung mit der Multifunktionstaste an der Recording Box..... | 39 |
| 4.4.3 | Aufnahmesteuerung mit einer Servosteuerung .....                        | 40 |
| 4.4.4 | Aufnahmesteuerung über Schraubklemme .....                              | 40 |
| 4.4.5 | Aufnahmedauer.....  | 41 |
| 4.4.6 | Speichern von Aufnahmen.....  | 41 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.5    | Display-Meldungen .....                                   | 44 |
| 4.6    | Analyse der radiometrischen Videodateien auf dem PC ..... | 46 |
| 4.7    | Recording Box – Konfiguration .....                       | 49 |
| 4.8    | GoPro-Kamera .....  | 52 |
| 4.9    | Nutzung von GPS .....                                     | 54 |
| 4.10   | Micro-SD Karte.....                                       | 57 |
| 4.11   | LED-Anzeigen .....  | 58 |
| 4.12   | Verwendung der Servosteuerung .....                       | 59 |
| 4.12.1 | Anschlüsse der Servostecker.....                          | 59 |
| 4.13   | Schraubklemmen .....                                      | 60 |
| 5      | System-Update und -Wiederherstellung .....                | 62 |
| 5.1    | System-Updates.....                                       | 62 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 5.2 | Recorder-Software Update .....                                       | 63 |
| 5.3 | System-Wiederherstellung .....                                       | 64 |
| 6   | Kalibrierdateien und Zeiteinstellung .....                           | 66 |
| 6.1 | Installation der Kalibrierdateien über das Internet .....            | 66 |
| 6.2 | Installation der Kalibrierdateien über einen USB-Flashspeicher ..... | 66 |
| 6.3 | Zeiteinstellung .....  | 68 |
| 7   | Austausch der Pufferbatterie.....                                    | 69 |
| 8   | Grundlagen der Infrarotmesstechnik.....                              | 70 |
| 9   | CE-Konformität.....  | 78 |

# 1 Allgemeine Hinweise

## 1.1 Verwendungszweck

Das optris PI LightWeight-Kit besteht aus einem miniaturisierten, leichten Linux-Computer (Recording Box) und einer gewichtsoptimierten Infrarotkamera vom Typ PI400 LW, PI450 LW oder PI640 LW. Das System ist ideal geeignet für UAV-basierte radiometrische Infrarotaufnahmen, wie Wartungsarbeiten und Qualitätsinspektionen an Solar- und Windkraftanlagen, oder für die Gebäudethermografie.

Das Linux-Betriebssystem der Recording Box bietet die Möglichkeit, während des Fluges Aufnahmen von Infrarotvideos bei maximaler Kamerageschwindigkeit vorzunehmen.

Die optris PI 400 LW, 450 LW oder 640 LW misst die Oberflächentemperatur auf der Basis der abgestrahlten Infrarotenergie von Objekten [**► Grundlagen der Infrarot-Thermometrie**]. Der zweidimensionale Detektor (FPA - Focal-Plane-Array) ermöglicht die Messung eines Bereichs, der als Wärmebild auf der Basis standardisierter Farbpaletten dargestellt wird. Die radiometrische Bearbeitung der Bilddaten bietet dem Nutzer eine bequeme Möglichkeit zur nachträglichen detaillierten Analyse mit der Software PI Connect.



Die PI-Kamera ist ein Präzisionsinstrument und verwendet einen empfindlichen Infrarotdetektor sowie ein hochwertiges Objektiv.

Das Ausrichten der Kamera auf intensive Energiequellen (z. B. Geräte, die eine Laserstrahlung emittieren oder Reflexionen solcher Geräte) kann zu irreparablen Schäden am Detektor führen. Dies gilt auch, wenn die Kamera ausgeschaltet ist. Schäden dieser Art sind von der Gewährleistung ausgeschlossen.



- Vermeiden Sie statische Elektrizität, Lichtbogen-Schweißgeräte und Induktionsheizer. Halten Sie Abstand von starken elektromagnetischen Feldern (EMF).
- Vermeiden Sie plötzliche Veränderungen der Umgebungstemperatur.
- Bei Problemen oder Fragen zur Benutzung Ihrer Infrarotkamera wenden Sie sich bitte an unseren Kundendienst.



Lesen Sie sich die Bedienungsanleitung vor der ersten Inbetriebnahme aufmerksam durch. Der Hersteller behält sich das Recht vor, die vorliegenden Spezifikationen bei technischen Weiterentwicklungen des Produkts zu ändern.

## 1.2 Gewährleistung

Jedes einzelne Produkt durchläuft ein Qualitätsverfahren. Sollte dennoch ein Fehler auftreten, wenden Sie sich umgehend an den Kundendienst. Die Gewährleistungsfrist beträgt 24 Monate ab dem Lieferdatum. Nach Ablauf der Gewährleistung übernimmt der Hersteller eine zusätzliche Garantie von 6 Monaten für alle reparierten oder ausgetauschten Produktkomponenten. Die Gewährleistung gilt nicht für Schäden, die durch Missbrauch oder Fahrlässigkeit entstehen. Die Gewährleistung entfällt zudem, wenn Sie das Produkt öffnen. Der Hersteller haftet nicht für Folgeschäden oder im Fall des unsachgemäßen Gebrauchs des Produkts.

Falls während der Gewährleistungsfrist ein Fehler auftritt, wird das Produkt kostenlos ersetzt, kalibriert oder repariert. Die Versandkosten trägt der Absender. Der Hersteller behält sich das Recht vor, Produktkomponenten auszutauschen anstatt zu reparieren. Falls der Fehler durch Missbrauch oder Fahrlässigkeit entstanden ist, muss der Nutzer die Reparatur bezahlen. Fragen Sie in diesem Fall vorab nach einem Kostenvorschlag.

### 1.3 Lieferumfang

- IR-Kamera PI400 LW, PI450 LW oder PI640 LW (LightWeight) mit Objektiv und fest montiertem USB-Kabel (40 cm)
- Recording Box (Linux-Computer)
- Steckernetzteil (100-240 VAC / 24 VDC)
- Stromversorgungskabel (mit offenen Enden)
- Video-Kabelbrücke (HDMI auf Micro-HDMI, 16 cm)
- USB 2.0-Kabelbrücke (USB auf Mini-USB, 15 cm)
- Spezielles USB+Videokabel für GoPro-Kamera (Mini-USB auf Mini-USB, 30 cm)
- Videokabel (Stereo-Klinkenstecker - offene Enden) inkl. externes Recording pin
- 128 GB Highspeed-USB 3.0 Speicherstick
- 16 GB Micro-SDHC Speicherkarte
- CD-ROM mit PIconnect-Software, Kamera-Kalibrierdateien, Dokumentation
- Robuster Outdoor-Koffer, IP67
- Bedienungsanleitung

## 1.4 **Wartung**



Verwenden Sie niemals lösungsmittelhaltige Reinigungsmittel (weder für die Optik, noch für das Gehäuse).



Achten Sie darauf, dass keine Fremdkörper in die Belüftungsöffnungen der Recording Box eindringen.

### 1.4.1 **Reinigung**

Das Gehäuse der Recording Box kann mit einem weichen, feuchten Tuch gereinigt werden, das mit Wasser oder einem Reinigungsmittel auf Wasserbasis befeuchtet wurde.

Lose Partikel mit sauberer Druckluft abblasen. Die Linsenoberfläche kann mit einem weichen, feuchten Tuch gereinigt werden, das mit Wasser oder einem Glasreiniger auf Wasserbasis befeuchtet wurde.

## 2 Technische Daten

### 2.1 Recording Box

#### 2.1.1 Allgemeine Parameter

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Betriebstemperatur         | 0...50 °C   |
| Lagertemperatur:           | -20...75 °C   |
| Relative Luftfeuchtigkeit: | 10...95 %, nicht kondensierend                                  |
| Material (Gehäuse):        | Aluminium   |
| Abmessungen:               | 96 mm x 67 mm x 47 mm (L x B x H)                               |
| Gewicht:                   | 172 g (ohne die vier Montageklötze)                             |
| Vibration:                 | IEC 60068-2-6 (sinusförmig), IEC 60068-2-64 (Breitbandrauschen) |
| Schock:                    | IEC 60068-2-27 (25 g und 50 g)                                  |
| Betriebssystem             | Linux Ubuntu 14.04 LTS  |

## 2.1.2 Elektrische Parameter

|                      |  |
|----------------------|--|
| Spannungsversorgung: | 10 bis 48 VDC  |
| Leistungsaufnahme:   | 12 W   |
| Kühlung:             | aktiv über integrierten, temperaturgesteuerten Lüfter  |
| Modul:               | ODROID-XU4   |
| Prozessor:           | Samsung Exynos5422 (Cortex™ A15 2GHz und Cortex™ A7) Octa-Core   |
| Speicher:            | 8 GB eMMC Flash-Speicher/ 16 GB Micro-SDHC-Karte (Austausch durch Anwender nicht empfohlen)  |
| RAM:                 | 2 GB LPDDR3 RAM  |
| Anschlüsse:          | 2 x USB 3.0; 1 x USB 2.0; 1 x Mini-USB für eine GoPro Hero 3+ und höher; RJ45 Ethernet (Gigabit Ethernet)                                    |
|                      | HDMI 1.4a oder Klinkebuchse 2,5 mm Video Composite (CVBS) NTSC TV <sub>out</sub> ; 2 x Servostecker (Uni, Graupner /JR); 2 x 4-Schraubklemme |
| Zusatzfunktionen     | 5 x Status-LED; Funktionstaste   |

## 2.2 Kamera PI 400 / PI 450 / PI640 LW

### 2.2.1 Allgemeine Spezifikation

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Schutzart:                 | IP 40   |
| Umgebungstemperatur:       | 0...50 °C [PI 400 LW & PI640 LW] / 0...70 °C [PI 450 LW]          |
| Lagertemperatur:           | -40...70 °C [PI 400 LW & PI640 LW]] / -40...85 °C [PI 450 LW]     |
| Relative Luftfeuchtigkeit: | 10...95 %, nicht kondensierend                                    |
| Material (Gehäuse):        | Eloxiertes Aluminium/ Kunststoff                                  |
| Abmessungen:               | 46 x 56 x 84 - 88 mm (abhängig von der Optik)                     |
| Gewicht (inkl. Optik):     | 207 g   |
| Kabellänge (USB 2.0):      | 40 cm   |
| Vibration <sup>1)</sup> :  | IEC 60068-2-6 (sinusförmig)<br>IEC 60068-2-64 (Breitbandrauschen) |
| Schock <sup>1)</sup> :     | IEC 60068-2-27 (25 g und 50 g)                                    |

## 1) **Verwendete Standards:**

|  |   |
|--|---|
| <b>IEC 60068-1:1988 + Corr. 1988 + A1: 1992</b>  | <b>DIN EN 60068-1:1995-03</b>                   |
| „Umweltprüfungen - Teil 1: Allgemeines und Leitfaden“  |   |
| <b>IEC 60068-2-6:2007</b>  | <b>DIN EN 60068-2-6; VDE 0468-2-6:2008-10</b>   |
| „Umgebungseinflüsse - Teil 2-6: Prüfverfahren - Prüfung Fc: Schwingen (sinusförmig)“   |   |
| <b>IEC 60068-2-27:2008</b>   | <b>DIN EN 60068-2-27; VDE 0468-2-27:2010-02</b> |
| „Umgebungseinflüsse - Teil 2-27: Prüfverfahren - Prüfung Ea und Leitfaden: Schocken“   |   |
| <b>IEC 60068-2-47:2005</b>   | <b>DIN EN 60068-2-47:2006-03</b>                |
| „Umgebungseinflüsse - Teil 2-47: Prüfverfahren - Befestigung von Prüflingen für Schwing-, Stoß- und ähnliche dynamische Prüfungen“ |   |
| <b>IEC 60068-2-64:2008</b>   | <b>DIN EN 60068-2-64; VDE 0468-2-64:2009-04</b> |
| „Umgebungseinflüsse - Teil 2-64: Prüfverfahren - Prüfung Fh: Schwingen, Breitbandraschen (digital geregelt) und Leitfaden“         |   |

**Abbildung 1:** Verwendete Standards

Belastungsprogramm (Kamera in Betrieb):

| <b>Schock, Halbsinus 25 g – Prüfung Ea 25 g (gemäß IEC 60068-2-27)</b> |                      |                                     |  |
|--|----------------------|-------------------------------------|--|
| Beschleunigung   | 245 m/s <sup>2</sup> | (25 g)                              |  |
| Impulsdauer  | 11 ms                |                                     |  |
| Anzahl Richtungen  | 6                    | (3 Achsen mit jeweils 2 Richtungen) |  |
| Dauer  | 600 Schocks          | (100 Schocks in jede Richtung)      |  |
| <b>Schock, Halbsinus 50 g – Prüfung Ea 50 g (gemäß IEC 60068-2-27)</b> |                      |                                     |  |
| Beschleunigung   | 490 m/s <sup>2</sup> | (50 g)                              |  |
| Impulsdauer  | 11 ms                |                                     |  |
| Anzahl Richtungen  | 6                    | (3 Achsen mit jeweils 2 Richtungen) |  |
| Dauer  | 18 Schocks           | (3 Schocks in jede Richtung)        |  |

### Vibration, sinusförmig – Prüfung Fc (gemäß IEC60068-2-6)

|                  |                        |              |  |
|------------------|------------------------|--------------|--|
| Frequenzbereich  | 10-500 Hz              |              |  |
| Beschleunigung   | 29,42 m/s <sup>2</sup> | (3 g)        |  |
| Frequenzwechsel  | 1 Oktave/ Min          |              |  |
| Anzahl an Achsen | 3                      |              |  |
| Dauer            | 1:30 h                 | (3 x 0,30 h) |  |

### Vibration, Breitbandrauschen – Prüfung Fh (gemäß IEC60068-2-64)

|                  |                       |   |                            |
|------------------|-----------------------|---|----------------------------|
| Frequenzbereich  | 10 - 2000 Hz          |   |                            |
| Beschleunigung   | 39,3 m/s <sup>2</sup> | (4,01 g <sub>RMS</sub> )                    |                            |
| Frequenzspektrum | 10 - 106 Hz           | 0,9610 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz | (0,010 g <sup>2</sup> /Hz) |
|                  | 106 - 150 Hz          | +6 dB/ Oktave                               |                            |
|                  | 150 - 500 Hz          | 1,9230 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz | (0,020 g <sup>2</sup> /Hz) |

|                  |               |                               |                              |
|------------------|---------------|-------------------------------|------------------------------|
|                  | 500 - 2000 Hz | -6 dB/ Oktave                 |                              |
|                  | 2000 Hz       | 0,1245 (m/s <sup>2</sup> )/Hz | (0,00126 g <sup>2</sup> /Hz) |
| Anzahl an Achsen | 3             |                               |                              |
| Dauer            | 3 h           | (3 x 1 h)                     |                              |

## 2.2.2 Elektrische Spezifikation

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Stromversorgung:        | 5 VDC (Versorgung über USB 2.0-Schnittstelle) |
| Stromaufnahme:          | Max 500 mA                                    |
| Digitale Schnittstelle: | USB 2.0                                       |

### 2.2.3 Messtechnische Spezifikation

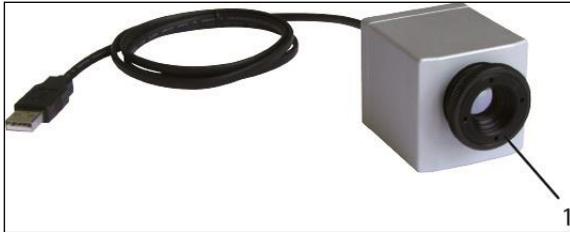
|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Temperaturbereiche:               | -20...100 °C; 0...250 °C; 150...900 °C   |
| Detektor:                         | UFPA, 382 x 288 Pixel (PI4xx) / 640 x 480 Pixel (PI640)  |
| Spektralbereich:                  | 7.5...13 µm  |
| Optiken (FOV):                    | 13° x 10°; 29° x 22°, 38° x 29°; 53° x 40°, 62° x 49°; 80° x 58° [PI4xx]<br>15° x 11°; 33° x 25°; 60° x 45°; 90° x 66° [PI640] |
| Systemgenauigkeit <sup>1)</sup> : | ±2°C oder ±2 %   |
| Temperaturaufösung (NETD):        | PI 400 LW <sup>2)</sup> : 0,08 K   |
|                                   | P I450 LW <sup>2)</sup> : 0,04 K   |
|                                   | PI640 LW <sup>3)</sup> : 0,075 K   |
| Bildfrequenz:                     | 27 & 80 Hz (PI4xx) / 32 Hz (PI640) / 125 Hz (PI640 im VGA Subframe-Modus)  |

<sup>1)</sup> Bei Raumtemperatur 23±5 °C; der größere Wert gilt; <sup>2)</sup> Wert gilt bei 40 Hz und 25 °C Objekttemperatur, <sup>3)</sup> Wert gilt bei 32 Hz und 25 °C Objekttemperatur

## 2.2.4 Spezifikationen der Optik



Achten Sie darauf, dass der Fokus der Infrarotkamera korrekt eingestellt ist. Drehen Sie das Objektiv zum Fokussieren.



**Abbildung 2:** Fokussieren der Optik (1 – Optik)

| PI 400 / 450<br>382 x 288 px | Brennweite<br>[mm] | Winkel    | Minimaler<br>Messabstand* | Entfernung zum Messobjekt [m] |       |       |      |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
|------------------------------|--------------------|-----------|---------------------------|-------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
|                              |                    |           |                           |                               | 0,02  | 0,1   | 0,2  | 0,3  | 0,5  | 1    | 2    | 4    | 6     | 10   | 30   | 100   |
| O38<br>Standardoptik         | 15                 | 38°       | 0,2 m                     | HFOV [m]                      | 0,024 | 0,079 | 0,15 | 0,21 | 0,35 | 0,70 | 1,39 | 2,76 | 4,14  | 6,9  | 20,7 | 68,9  |
|                              |                    | 29°       |                           | VFOV [m]                      | 0,018 | 0,060 | 0,11 | 0,16 | 0,26 | 0,52 | 1,04 | 2,07 | 3,11  | 5,2  | 15,5 | 51,7  |
|                              |                    | 48°       |                           | DFOV [m]                      | 0,030 | 0,099 | 0,18 | 0,27 | 0,44 | 0,87 | 1,73 | 3,46 | 5,18  | 8,6  | 25,9 | 86,2  |
|                              |                    | 1,67 mrad |                           | IFOV [mm]                     | 0,1   | 0,2   | 0,4  | 0,5  | 0,9  | 1,7  | 3,4  | 6,7  | 10,0  | 16,7 | 50,0 | 166,7 |
| O13<br>Teleoptik             | 41                 | 13°       | 0,5 m                     | HFOV [m]                      |       |       |      |      | 0,12 | 0,23 | 0,47 | 0,94 | 1,40  | 2,3  | 7,0  | 23,4  |
|                              |                    | 10°       |                           | VFOV [m]                      |       |       |      |      | 0,09 | 0,17 | 0,35 | 0,70 | 1,05  | 1,7  | 5,2  | 17,5  |
|                              |                    | 17°       |                           | DFOV [m]                      |       |       |      |      | 0,15 | 0,29 | 0,58 | 1,17 | 1,75  | 2,9  | 8,8  | 29,2  |
|                              |                    | 0,61 mrad |                           | IFOV [mm]                     |       |       |      |      | 0,3  | 0,6  | 1,2  | 2,5  | 3,7   | 6,1  | 18,4 | 61,2  |
| O62<br>Weitwinkeloptik       | 11                 | 62°       | 0,5 m                     | HFOV [m]                      | 0,040 | 0,136 | 0,26 | 0,38 | 0,62 | 1,22 | 2,42 | 4,83 | 7,23  | 12,0 | 36,1 | 120,3 |
|                              |                    | 49°       |                           | VFOV [m]                      | 0,030 | 0,103 | 0,19 | 0,28 | 0,47 | 0,92 | 1,83 | 3,65 | 5,47  | 9,1  | 27,3 | 90,9  |
|                              |                    | 79°       |                           | DFOV [m]                      | 0,050 | 0,170 | 0,32 | 0,47 | 0,77 | 1,53 | 3,03 | 6,05 | 9,06  | 15,1 | 45,2 | 150,8 |
|                              |                    | 2,27 mrad |                           | IFOV [mm]                     | 0,1   | 0,2   | 0,5  | 0,7  | 1,2  | 2,29 | 4,56 | 9,11 | 13,65 | 22,7 | 68,2 | 227,3 |
| O80<br>Weitwinkeloptik       | 7,7                | 80°       | 0,2 m                     | HFOV [m]                      |       | 0,182 | 0,35 | 0,84 | 0,84 | 1,65 | 3,29 | 6,55 | 9,82  | 16,4 | 49,0 | 163,4 |
|                              |                    | 56°       |                           | VFOV [m]                      |       | 0,119 | 0,23 | 0,55 | 0,54 | 1,08 | 2,14 | 4,28 | 6,41  | 10,7 | 32,0 | 106,6 |
|                              |                    | 97°       |                           | DFOV [m]                      |       | 0,218 | 0,41 | 1,00 | 1,00 | 1,97 | 3,92 | 7,83 | 11,73 | 19,5 | 58,5 | 195,1 |
|                              |                    | 3,25 mrad |                           | IFOV [mm]                     |       | 0,3   | 0,7  | 1,6  | 1,6  | 3,3  | 6,5  | 13,0 | 19,5  | 32,5 | 97,4 | 324,7 |

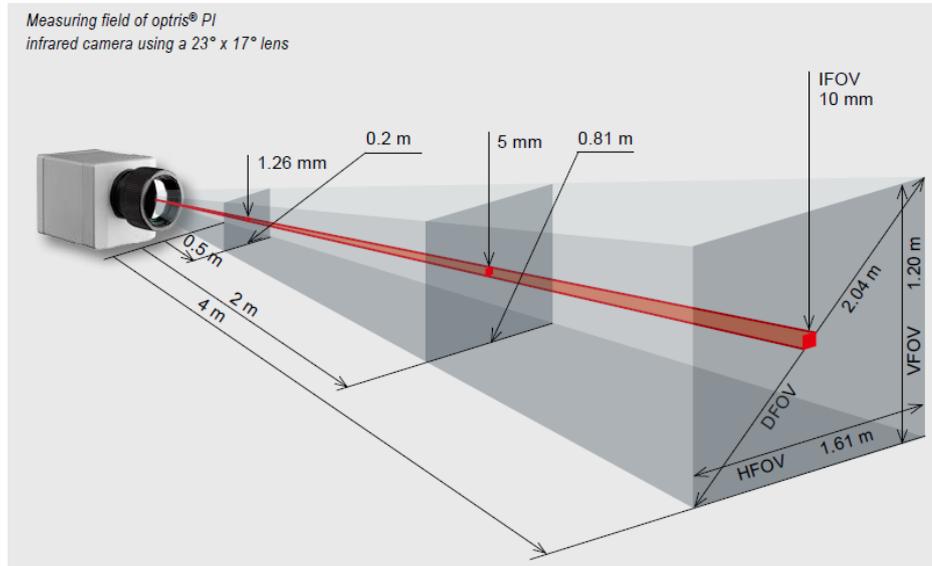
Tabelle mit Beispielen, in welcher Entfernung welche Messfeldgröße und Pixelgröße erreicht wird. Zur optimalen Konfiguration der Kamera stehen mehrere Objektive zur Auswahl. Weitwinkelobjektive weisen aufgrund ihres großen Öffnungswinkels eine radiale Verzeichnung auf; die Software PI Connect enthält einen Algorithmus, welcher diese Verzeichnung korrigiert.

\* Hinweis: Für Entfernungen unterhalb des minimalen Messabstands kann die Messgenauigkeit der Kamera außerhalb der Spezifikation liegen.

| PI 640<br>640 x 480 px      | Brennweite<br>[mm] | Winkel    | Minimaler<br>Messabstand* | Entfernung zum Messobjekt [m] |       |      |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
|-----------------------------|--------------------|-----------|---------------------------|-------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
|                             |                    |           |                           |                               | 0,1   | 0,2  | 0,3  | 0,5  | 1    | 2    | 4    | 6     | 10   | 30   | 100   |
|                             |                    |           |                           |                               |       |      |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
| O33<br>Standardoptik        | 18,7               | 33°       | 0,2 m                     | HFOV [m]                      | 0,068 | 0,13 | 0,19 | 0,31 | 0,60 | 1,20 | 2,38 | 3,57  | 5,9  | 17,8 | 59,3  |
|                             |                    | 25°       |                           | VFOV [m]                      | 0,051 | 0,09 | 0,14 | 0,23 | 0,45 | 0,89 | 1,77 | 2,65  | 4,4  | 13,2 | 44,2  |
|                             |                    | 41°       |                           | DFOV [m]                      | 0,085 | 0,16 | 0,23 | 0,38 | 0,75 | 1,49 | 2,97 | 4,45  | 7,4  | 22,2 | 74,0  |
|                             |                    | 0,91 mrad |                           | IFOV [mm]                     | 0,1   | 0,2  | 0,3  | 0,5  | 0,9  | 1,8  | 3,6  | 5,5   | 9,1  | 27,3 | 90,9  |
| O15<br>Teleoptik            | 41,5               | 15°       | 0,5 m                     | HFOV [m]                      |       |      |      | 0,13 | 0,26 | 0,52 | 1,05 | 1,57  | 2,6  | 7,8  | 26,1  |
|                             |                    | 11°       |                           | VFOV [m]                      |       |      |      | 0,10 | 0,20 | 0,39 | 0,79 | 1,18  | 2,0  | 5,9  | 19,6  |
|                             |                    | 19°       |                           | DFOV [m]                      |       |      |      | 0,17 | 0,33 | 0,66 | 1,31 | 1,96  | 3,3  | 9,8  | 32,7  |
|                             |                    | 0,41 mrad |                           | IFOV [mm]                     |       |      |      | 0,2  | 0,4  | 0,8  | 1,6  | 2,5   | 4,1  | 12,3 | 41,0  |
| O60<br>Weitwinkeloptik      | 10,5               | 60°       | 0,2 m                     | HFOV [m]                      | 0,128 | 0,25 | 0,36 | 0,59 | 1,17 | 2,32 | 4,63 | 6,94  | 11,6 | 34,6 | 115,4 |
|                             |                    | 45°       |                           | VFOV [m]                      | 0,091 | 0,18 | 0,26 | 0,42 | 0,83 | 1,66 | 3,31 | 4,96  | 8,3  | 24,7 | 82,4  |
|                             |                    | 75°       |                           | DFOV [m]                      | 0,157 | 0,30 | 0,44 | 0,72 | 1,43 | 2,85 | 5,69 | 8,52  | 14,2 | 42,6 | 141,8 |
|                             |                    | 1,62 mrad |                           | IFOV [mm]                     | 0,2   | 0,3  | 0,5  | 0,8  | 1,6  | 3,2  | 6,5  | 9,7   | 16,2 | 48,6 | 161,9 |
| O90<br>Superweitwinkeloptik | 7,7                | 90°       | 0,2 m                     | HFOV [m]                      | 0,220 | 0,43 | 0,63 | 1,03 | 2,03 | 4,04 | 8,06 | 12,07 | 20,1 | 60,3 | 200,8 |
|                             |                    | 64°       |                           | VFOV [m]                      | 0,138 | 0,27 | 0,39 | 0,64 | 1,27 | 2,53 | 5,05 | 7,57  | 12,6 | 37,8 | 125,9 |
|                             |                    | 111°      |                           | DFOV [m]                      | 0,260 | 0,50 | 0,73 | 1,21 | 2,39 | 4,76 | 9,50 | 14,24 | 23,7 | 71,1 | 237,0 |
|                             |                    | 2,21 mrad |                           | IFOV [mm]                     | 0,2   | 0,4  | 0,7  | 1,1  | 2,2  | 4,4  | 8,8  | 13,2  | 22,1 | 66,2 | 220,8 |

Tabelle mit Beispielen, in welcher Entfernung welche Messfeldgröße und Pixelgröße erreicht wird. Zur optimalen Konfiguration der Kameras stehen mehrere Objektive zur Auswahl. Weitwinkelobjektive weisen aufgrund ihres großen Öffnungswinkels eine radiale Verzeichnung auf, die Software PI Connect enthält einen Algorithmus, welcher diese Verzeichnung korrigiert.

\* Hinweis: Für Entfernungen unterhalb des minimalen Messabstands kann die Messgenauigkeit der Kamera außerhalb der Spezifikation liegen.



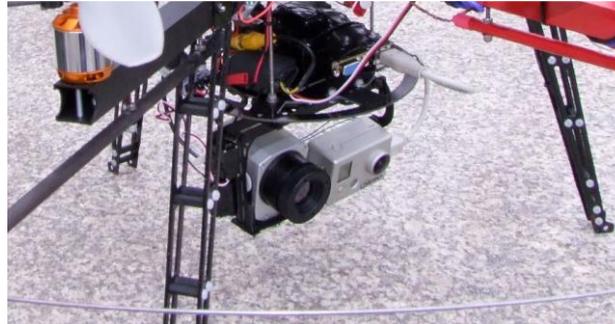
**Abbildung 3:** Beispiel für ein Messfeld der Infrarotkamera PI160 mit dem Objektiv 23° x 17°

- **HFOV**: Horizontale Ausdehnung des Gesamtmessfelds auf Objektebene
- **VFOV**: Vertikale Ausdehnung des Gesamtmessfelds auf Objektebene
- **IFOV**: Größe des Einzelpixels auf Objektebene
- **DFOV**: Diagonale Ausdehnung des Gesamtmessfelds auf Objektebene
- **MFOV**: Empfohlene, kleinste Messobjektgröße von 3 x 3 Pixel

## 3 Installation

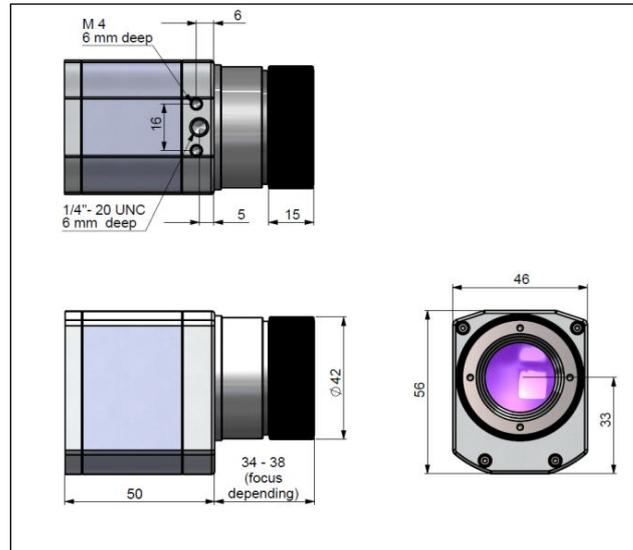
### 3.1 Physische Installation

Die Kameras PI 400 LW/ 450 LW / 640 LW sind auf der Unterseite mit zwei metrischen M4-Gewindebohrungen (6 mm Tiefe) versehen und können entweder direkt über diese Bohrungen oder mit dem  $\frac{1}{4}$ "-Stativgewinde (ebenfalls auf der Unterseite) installiert werden. Der separate PI-Kamerakopf kann zusammen mit einer visuellen Kamera (auf dem Foto: GoPro-Kamera) auf der Stabilisierungsplattform einer Drohne montiert werden. Die Recording Box kann mit Hilfe der mitgelieferten und vormontierten Montagklötze in verschiedenen Richtungen montiert werden.



**Abbildung 4:** PI LightWeight zusammen mit einer GoPro HD-Kamera auf einer Drohne

### 3.2 Mechanische Daten PI 400/ PI 450 / PI 640 LW



**Abbildung 5:** Abmessungen PI400/ PI450 / PI640 LW (mm)

### 3.3 Abmessungen Recording Box

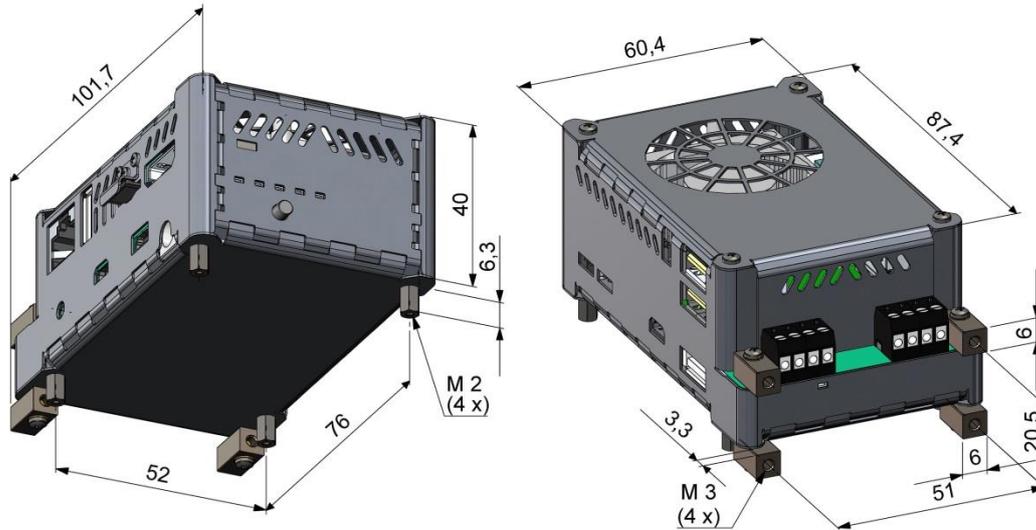


Abbildung 6: Abmessungen Recording Box (mm)

### 3.4 Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box

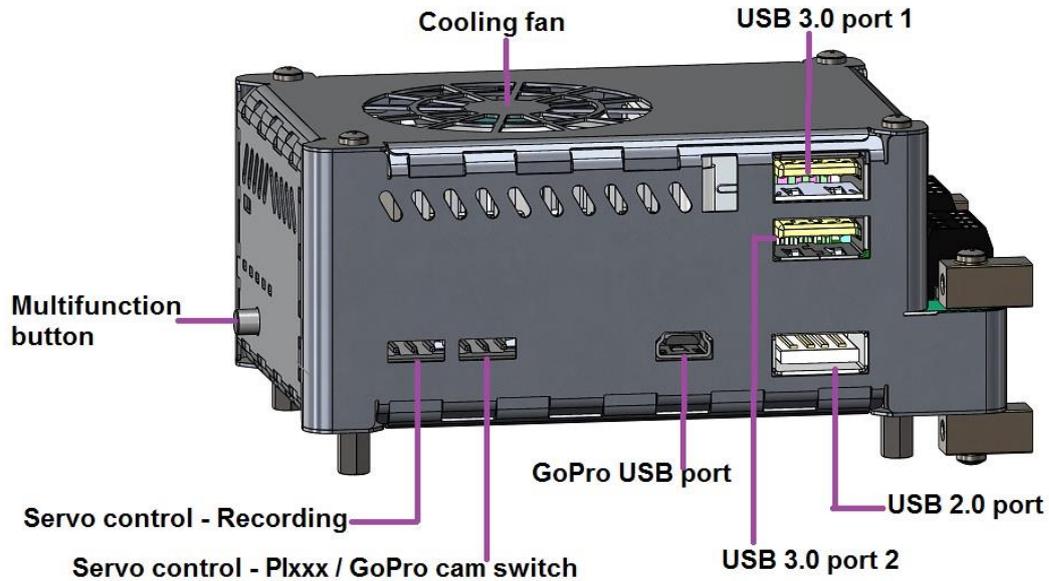
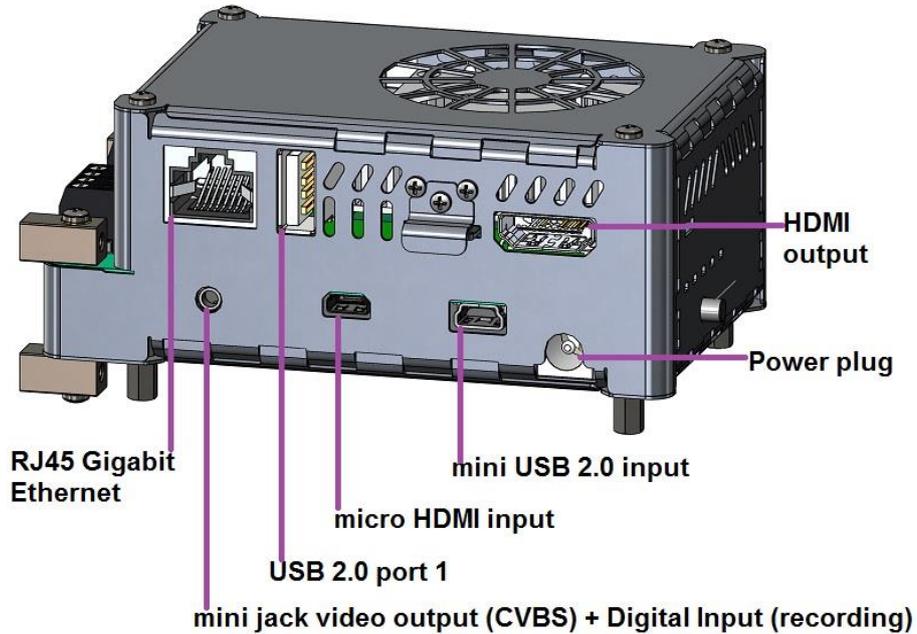
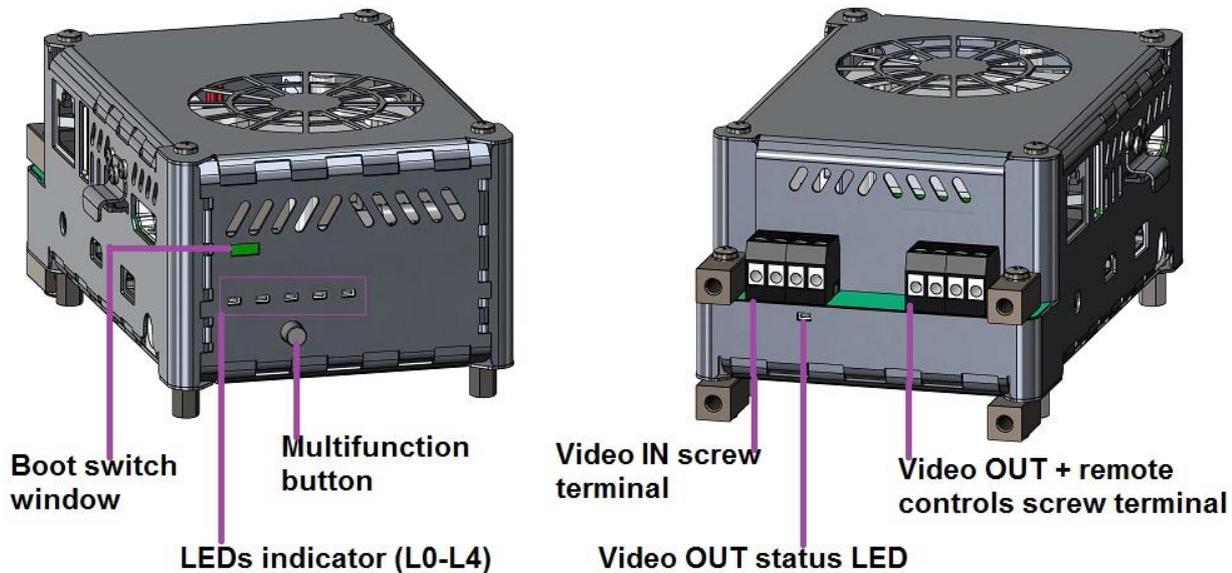


Abbildung 7: Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (1)



**Abbildung 8:** Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (2)



**Abbildung 9:** Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (3)

### 3.5 Betriebsarten Recording Box

Die PI LightWeight-Recording Box ist modular konzipiert und kann daher auf verschiedene Weise genutzt werden:

- Infrarotkamera PI nur am HDMI-Videoausgang
- Infrarotkamera PI nur am analogen CVBS TV-Ausgang
- Infrarotkamera PI und visuelle GoPro Hero3+-Kamera (oder höher) am analogen CVBS TV-Ausgang, Umschaltung über Schalter an Schraubklemme oder Fernsteuerung
- Infrarotkamera PI am HDMI-Videoausgang und gleichzeitig GoPro-Kamera am analogen CVBS TV-Ausgang

Die Verwendung eines externen GPS USB-Sticks ist als Option möglich. Sofern dieser am USB 2.0-Port angeschlossen wird, werden Geodaten im IR-Video gespeichert.

Außerdem kann die Aufnahme auch über eine Servosteuerung oder einen Schalter an der Schraubklemme ferngesteuert werden.

### **3.5.1 Konfiguration der PI am HDMI-Ausgang**

Schließen Sie die PI an einen der USB 3.0-Ports (blau) an, den U-Blox USB GPS an einen USB 2.0-Port (optional); der Videoausgang ist der HDMI-Port.

### **3.5.2 Konfiguration der PI am analogen TV-Ausgang**

In diesem Fall wird der HDMI-Ausgang über die mitgelieferte Kabelbrücke mit dem Micro-HDMI-Eingang verbunden (siehe Abbildung 9: Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (3)).

Das Infrarotbild ist am CVBS TV-Ausgang zwischen der dicken schwarzen Ader und der roten Ader des mitgelieferten Kabels verfügbar (siehe Kapitel 0)

Verbinden Sie die PI mit einem USB 3.0-Port (blau) und das U-Blox USB GPS mit einem USB 2.0-Port (optional).

### **3.5.3 Konfiguration von PI + GoPro am TV-Ausgang**

Verbinden Sie den HDMI-Ausgang über die mitgelieferte Kabelbrücke mit dem Micro-HDMI-Eingang, verbinden Sie den USB 2.0-Port (1) mit der mitgelieferten Kabelbrücke mit dem Mini-USB 2.0-Port (siehe Abbildung 9: Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (3)).

Verbinden Sie die PI mit einem USB 3.0-Port (blau), die GoPro Hero 3+ mit dem GoPro USB-Port (siehe Abbildung 7: Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (1)) und das U-Blox USB GPS mit einem USB 2.0-Port (optional).

In diesem Fall ist der Videoausgang an der Klinkenbuchse verfügbar (siehe Kapitel 0); vom Infrarotbild kann auf das sichtbare Bild umgeschaltet werden und umgekehrt (siehe Kapitel 0).

### **3.5.4 Konfiguration der PI am HDMI-Ausgang + GoPro am TV-Ausgang**

Es ist möglich, beide Live-Bilder (IR + sichtbares Bild) gleichzeitig über die beiden Video-Ausgänge zur Verfügung zu stellen:

- Das Infrarotbild ist permanent am HDMI-Ausgang verfügbar
- Das sichtbare Bild ist permanent am TV-Ausgang (Klinkenbuchse) verfügbar

Verbinden Sie die PI mit einem USB 3.0-Port (blau), die GoPro Hero 3+ mit dem GoPro USB-Port (siehe Abbildung 7: Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (1)) und das U-Blox USB GPS mit einem USB 2.0-Port (optional).

Verbinden Sie den USB 2.0-Port über die mitgelieferte Kabelbrücke mit dem Mini-USB 2.0-Port (siehe Abbildung 9: Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (3)).

## 4 Bedienung

### 4.1 Einschalten der Recording Box

Zum Einschalten der PI LightWeight schließen Sie alle Kabel entsprechend dem gewünschten Betriebsmodus an und stecken Sie das Stromversorgungskabel ein (Versorgung über Netzteil oder LiPo-Akku); es gibt keinen EIN/ AUS-Schalter.



Ehe Sie die Recording Box einschalten, **muss der HDMI-Ausgang** entweder mit der Micro-HDMI-Buchse oder mit einem eingeschalteten Monitor verbunden werden, um die korrekte **Initialisierung des Videoausgangs zu gewährleisten**.

Zum Abschalten des Systems können Sie einfach das Stromversorgungskabel ziehen (kein Anschluss einer Tastatur zum Herunterfahren erforderlich).



Ist beim Einschalten eine Ethernet-Verbindung mit Internet-Zugang aktiv, werden die aktuelle Uhrzeit und das Datum des Systems eingestellt und ggf. die Kalibrierdateien aus dem Internet heruntergeladen.

## 4.2 Stand-Alone-Betrieb



Zur unabhängigen Stromversorgung wird eine Lithium-Polymer-Batterie mit einer Spannung zwischen 11 und 25 VDC (LiPo 3S bis LiPo 6S) empfohlen.

Nach dem Einschalten der Recording Box fährt das System hoch und ist nach etwa 30 Sekunden einsatzbereit. Auf einem über das Videoadapterkabel mit dem System verbundenen Videomonitor wird das IR-Livebild der Kamera im Vollbildmodus angezeigt.



Bitte beachten Sie, dass zwar unmittelbar nach dem Systemstart ein IR-Video angezeigt wird, ein gutes Bild und eine zuverlässige Temperaturmessung jedoch erst nach einer gewissen Zeit möglich sind, insbesondere in einer kalten Umgebung (bis zu 10 Minuten bei 0 °C Raumtemperatur).

### 4.3 Multifunktionstaste

Die Multifunktionstaste (siehe Abbildung 9: Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (3)) bietet folgende Funktionen:

| Kontext  | Funktion   |
|--|--|
| Recording Box ist eingeschaltet.   | > 5 Sek. gedrückt halten => System herunterfahren  |
| Recording Box ist eingeschaltet; IR-Bild ist sichtbar.   | 1 Sek. gedrückt halten => Aufnahme starten/ stoppen  |
| Recording Box ist ausgeschaltet.   | Schalten Sie die Box ein. Halten Sie die Taste gedrückt bis das System bereit und das IR-Bild sichtbar ist:<br>=> <b>der interne Speicher ist gelöscht</b> |
| Recording Box ist eingeschaltet. IR-Aufnahmen wurden direkt auf einem USB-Stick gemacht (Aufnahme-Start bzw. Stopp über externen Switch; z.B. während eines Fluges). | 1 Sek. gedrückt halten => GoPro-Daten werden auf den USB-Stick kopiert.  |



- Ein kurzer Tastendruck < 1 Sek. hat keine Auswirkung
- Tastendruckfunktionen von min. 1 Sek. stehen auch über die Servosteuerung (linker Anschluss) und dem Fernbedienungskontakt (Klinkenbuchse und Schraubklemme) zur Verfügung.

## 4.4 Aufnahme starten

Es gibt vier Möglichkeiten, eine Aufnahme zu starten:

- Verwendung eines elektrischen Kontakts (offen/ geschlossen) über das analoge Videokabel
- Verwendung der Multifunktionstaste an der Recording Box
- Verwendung einer Servosteuerung (Uni, Graupner /JR) oder
- Verwendung eines Schalters an der Schraubklemme

### 4.4.1 Aufnahmesteuerung über einen elektrischen Schalter

Zum Fernstart der Aufnahme über einen elektrischen Kontakt verbinden Sie das mitgelieferte Videokabel (**Art. Nr. ACPIKVCB2**), siehe **Abbildung 10** links, mit dem Klinkenbuchsen-Videoausgang:

|                |  |
|----------------|--|
| schwarz (dick) | GND (gemeinsame Masse für Trigger und Video) |
| schwarz (dünn) | Aufnahmetrigger (Eingang)                    |
| rot            | Videosignal (TV-Ausgang: NTSC CVBS)          |

Die Aufnahme startet, wenn der Trigger eine Sekunde lang mit GND verbunden ist; sie wird auf die gleiche Weise gestoppt.



**Abbildung 10:** Videokabel (Art. Nr. **ACPIKVCB2**) links, und Videokabel (Art. Nr. **ACPIKVCB2C**) rechts

Das zweite Videokabel (**nicht im Lieferumfang enthalten - Art. Nr. ACPIKVCB2C**) kann für den direkten Anschluss des Systems an einen Monitor verwendet werden – die Aufnahme kann mit dem Mikroschalter gestartet werden.

#### **4.4.2 Aufnahmesteuerung mit der Multifunktionstaste an der Recording Box**

Die Taste an der Recording Box ist eine Multifunktionstaste. Wenn der Imager aktiv ist und die Taste eine Sekunde lang gedrückt wird, startet die Aufnahme. Wird die Taste erneut für eine Sekunde gedrückt, stoppt die Aufnahme.

### **4.4.3 Aufnahmesteuerung mit einer Servosteuerung**

Schließt man eine Servosteuerung (Typ Uni, Graupner /JR) an den Servosteuerungseingang der Recording Box an, kann eine Aufnahme über eine Fernsteuerung gestartet und gestoppt werden.

### **4.4.4 Aufnahmesteuerung über Schraubklemme**

Der Anschluss S2 der rechten Schraubklemme ist Low aktiv und muss auf Masse gelegt werden (ein einfacher Schalter wird empfohlen), um eine Aufnahme zu starten. Nach Trennen der Verbindung zu Masse wird die Aufnahme beendet (siehe 4.13).

#### 4.4.5 Aufnahmedauer

Die maximale Aufnahmedauer ist von Kamera und Video-Modus (Bildfrequenz) abhängig. Es wird empfohlen, die Aufnahmen direkt auf einem externen Speichermedium (Firmware  $\geq$  v1.1.3.0) zu speichern, da damit der Kopierprozess nach der Aufnahme entfällt. Die folgenden Zeiten beziehen sich auf einen 128 GB USB 3.0 Stick:

|          |  |
|----------|--|
| PI640 LW | 32 Hz ~ 108 Minuten (640 x 480 Pixel)  |
| PI640 LW | 125 Hz ~ 108 Minuten (640 x 120 Pixel) |
| PI4xx LW | 27 Hz ~ 356 Minuten                    |
| PI4xx LW | 80 Hz ~ 120 Minuten                    |



Die verbleibende Aufnahmezeit und Speicherkapazität des USB-Sticks bzw. des internen Speichers wird während der Aufnahme angezeigt.

#### 4.4.6 Speichern von Aufnahmen

##### Direkt auf USB-Stick

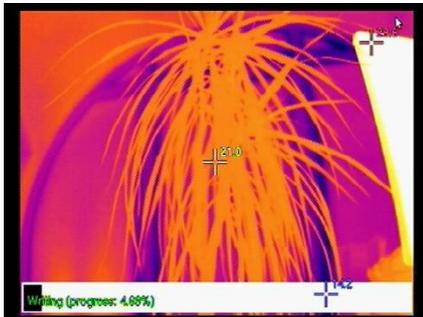
Ab Werk wird die PI LightWeight mit einem 128 GB USB-Stick geliefert. Um Aufnahmen auf dem Stick zu speichern, schließen sie ihn an einen der beiden verfügbaren USB 3.0 Anschlüsse an. Die Meldung „**USB Stick attached**“ signalisiert, dass ein externer Speicher verfügbar ist.

### Auf internem Speicher

Wenn ein externer Speicher nicht angeschlossen ist, wird die Aufnahme automatisch auf dem internen Speicher geschrieben. Nach Beendigung der Aufnahme können die Daten dann auf einen USB-Stick kopiert werden.

Wird der USB-Stick vom System korrekt erfasst, erscheint die Meldung „**Mounting USB stick**“. Sofern mindestens eine Aufnahme zum Kopieren vorliegt, startet die Datenübertragung an den USB-Stick. Ein Fortschrittsbalken zeigt den Download-Status an „**Writing (progress: xx.xx%)**“. Falls Sie eine GoPro-Kamera verwenden und auf der GoPro Videos vorhanden sind, werden diese am Ende automatisch mit heruntergeladen. Es erscheint die Meldung „**Synchronizing GoPro**“.

Ist der Download abgeschlossen (die Dauer ist von der Schnelligkeit des USB-Sticks und der Größe der Download-Dateien abhängig), zeigt das System die Meldung „**USB stick attached**“. Jetzt kann der USB-Stick sicher abgezogen werden.





Der USB 3.0 Stick sollte eine Schreibgeschwindigkeit von mindestens 10 MByte/ s für PI4xx (27Hz) und 25 MByte/ s für PI4xx (80Hz)/ PI640 (32Hz) haben. Die interne SD-Karte kann nur für Aufnahmen mit der PI4xx (27Hz) verwendet werden.

USB 2.0 Sticks können zum Kopieren von Daten verwendet werden, allerdings nicht zum direkten Speichern von Aufnahmen.

Die Recording Box ist optimiert für USB-Sticks mit FAT32-Dateisystem. Vergewissern Sie sich, dass der von Ihnen verwendete Stick FAT32 formatiert ist. USB-Sticks mit einer Kapazität von mehr als 32 GB können nicht mit dem Windows-Betriebssystem formatiert werden.

Hierfür existieren zusätzliche Tools, wie z.B. "[HP USB Disk Storage Format Tool](#)".

## 4.5 Display-Meldungen

Der Video-Ausgang der Recording Box zeigt einen Live-Stream des Imagers. Die Temperaturen werden durch eine Farbpalette dargestellt. Die Farbpalette kann durch den Anwender gewählt werden (siehe Abschnitt 4.7).

Standardmäßig werden ein Hot-Spot (rot), ein Cold-Spot (blau) und ein zentraler Spot (weiß) mit Temperaturinformationen dargestellt.

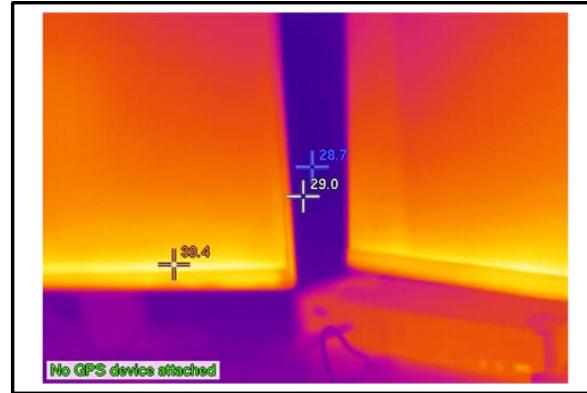
Zusätzlich gibt es im unteren Bereich des Displays ein Anzeigefeld mit weiteren Informationen. In diesem Bereich werden Informationen zu Interaktionen des Anwenders angezeigt, wie z.B.:

- Betätigen von externen Schaltern: Info zu Aktionen (z.B. Aufnahmestart) wird dargestellt
- Anschluss eines USB-Sticks: Information, dass ein USB-Stick angeschlossen ist
- Anschluss eines GPS-Sticks: GPS-Koordinaten werden nach Initialisierung angezeigt
- Anschluss einer GoPro-Kamera: Visuelles Live-Video ist verfügbar und es kann zwischen IR und VIS umgeschaltet werden.
- Anschluss Ethernetkabel (Internet): Meldung über Zeitsynchronisation und ggf. Laden von Kalibrierdateien

Wenn kein Imager angeschlossen ist *oder* die Kalibrierdateien fehlen, wartet die Recording Box und zeigt den Startbildschirm mit Informationen zur installierten Firmware-Version.



**Abbildung 11:** Anzeige, wenn kein Imager angeschlossen ist bzw. Kalidateien fehlen



**Abbildung 12:** Anzeige bei angeschlossenem Imager

## 4.6 Analyse der radiometrischen Videodateien auf dem PC

Die aufgenommenen Dateien enthalten IR-Energiewerte und Geodaten, die zunächst konvertiert werden müssen. Die Dateierweiterung lautet \*.raw, und die Dateien müssen zunächst von der PIconnect-Software in das \*.ravi-Format konvertiert werden, um die weitere Analyse in PIconnect zu ermöglichen.

Das Dateinamenformat der raw-Dateien lautet:

**ir\_XXXXXXXX\_jjjjmmtt\_hhmmss.raw**

XXXXXXXX      Seriennummer der PI-Kamera

jjjjmmtt      Datum der Aufnahme

hhmmss      Uhrzeit der Aufnahme

Wählen Sie in der PIconnect-Software das Menü „Datei/ Öffnen“ und dann „Radiometrische Rohdaten (\*.RAW)“ als Dateityp.

Wählen Sie die RAW-Datei aus, die Sie verwenden möchten. In Abhängigkeit von der Aufnahmelänge ist es möglich, dass die RAW-Datei in mehrere Unterdateien mit dem gleichen Dateinamen, jedoch unterschiedlichen Erweiterungen (raw.1, raw.2, raw.3, ...) unterteilt ist. Es wird allerdings nur die Hauptdatei angezeigt und auch nur diese muss ausgewählt werden.

Es erscheint folgende Meldung:



Bestätigen Sie und es erscheint folgendes Konvertierungsfenster:



Um die Konvertierung abzuschließen, vergeben Sie einen Dateinamen für die umgewandelte RAW-Datei. Das Video wird nun automatisch in der PIConnect-Software wiedergeben:

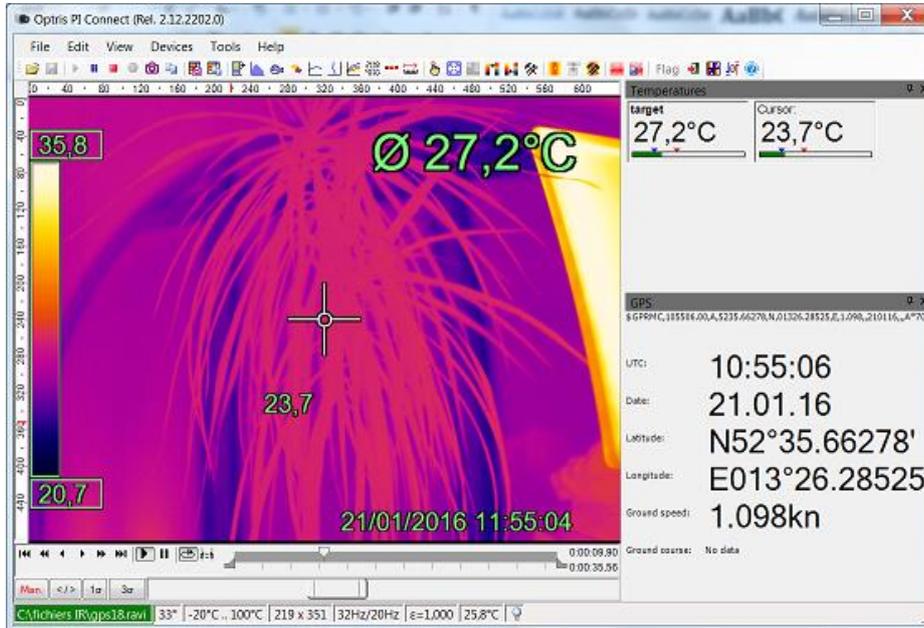


Abbildung 13: Screenshot der PIConnect mit GPS-Daten, die im radiometrischen Video eingebettet sind.

## 4.7 Recording Box – Konfiguration

Verschiedene Parameter der Recording Box können durch den Nutzer eingestellt werden. Die Recording Box kann mit verschiedenen Kameras arbeiten (nur mit einer gleichzeitig). Jede Kamera kann individuell konfiguriert werden:

- Aufnahmegeschwindigkeit (27 oder 80 Hz bei einer PI4xx-Kamera; 32 oder 125 Hz bei einer PI640)
- Messtemperaturbereich (-20 bis 100 °C, 0 bis 250 °C oder 150 bis 900 °C)
- Verwendete Optik (nur, wenn die PI-Kamera mit mehreren Objektiven kalibriert wurde)
- Farbpalette
- Flag-Einstellungen
- Bildkontrast

Die Standardkonfiguration ist 27 Hz für PI4xx und 32 Hz für PI640; der Standard-Temperaturbereich ist 20 bis 100 °C.

Um die Parameter der Recording Box zu ändern, müssen Sie zunächst eine Konfigurationsdatei in der PIconnect-Software erstellen. Diese Datei muss dann in die Recording Box geladen werden.

- 1) Schließen Sie die PI-Kamera an den PC an, auf dem die PIconnect-Software installiert ist,
- 2) Falls die Kamera erstmalig an diesen PC angeschlossen wird, müssen zunächst die Kalibrierdateien aus dem Internet geladen werden.
- 3) Passen Sie die Konfiguration in PIconnect entsprechend an,
- 4) Erstellen Sie eine Konfigurationsdatei auf einem USB-Stick. Wählen Sie in der PIconnect den Menüpunkt **Extras/ Erweitert/ Recording Box einrichten**. Es ist auch möglich, die Kalibrierdateien auf diesem Wege zu übertragen, falls diese in der Recording Box nicht vorhanden sind. Wählen Sie den USB-Stick aus, auf den Sie diese Dateien kopieren möchten.



- 5) Verbinden Sie die PI-Kamera und den USB-Stick mit einem USB 3.0-Port der Recording Box; die Konfigurationsdatei wird zur Einstellung der Parameter automatisch geladen.



Um eine Konfigurationsdatei zu erstellen, ist es erforderlich die Kamera mit einem PC, auf dem PIconnect installiert ist, zu verbinden.

## 4.8 GoPro-Kamera

Die GoPro-Kamera kann nicht ausschließlich nur als Videoquelle genutzt werden. Die Recording Box unterstützt den automatischen Dateitransfer von GoPro-Videos nach Beendigung der IR-Videoaufzeichnung.

Zu diesem Zweck müssen sowohl die USB2.0-Kabelbrücke als auch das Mini-USB GoPro-Kabel angeschlossen sein. Vergewissern Sie sich, dass die GoPro-Kamera eingeschaltet ist.

Die Videos der GoPro werden wie folgt kopiert:

| <b>Context</b>   | <b>Funktion</b>  |
|--|--|
| IR-Video wurde auf internem Speicher gespeichert; USB-Stick wird nach Beendigung der Aufnahme angeschlossen.                   | Automatisches Kopieren von IR-Video (RAW-Datei) und GoPro-Video. |
| IR-Video wurde auf externem Speicher aufgenommen. Aufnahme wurde extern getriggert. Anwender betätigt die Multifunktionstaste. | GoPro-Videos werden kopiert.                                     |

Bitte beachten Sie die folgenden Punkte beim Benutzen einer GoPro-Kamera:



- GoPro4 Datentransfer und Video-Modus werden ab Firmware-Version  $\geq$  v1.1.3.0 unterstützt.
- Der GoPro-Datentransfer hängt von der USB 2.0-Datenübertragungsrate ab. Große Videodateien benötigen ggf. eine lange Übertragungszeit beim Kopieren auf den USB-Stick. Um eine automatische Übertragung der Dateien zu verhindern, entfernen Sie die USB-Kabelbrücke von der Recording Box.
- Der Dateitransfer bei GoPro3 funktioniert nur einmalig. Um die Dateien erneut zu übertragen, muss die Recording Box neu gestartet werden.
- Die Daten auf der GoPro können nur manuell (über das GoPro-Menü) gelöscht werden.

Nach dem Datentransfer wird auf der GoPro-Kamera automatisch der Lademodus aktiviert. Dieser kann durch Trennen der USB-Verbindung oder Ausschalten der Recording Box beendet werden. Während des Ladevorgangs steht kein GoPro-Video zur Verfügung – beim Umschalten auf den VIS-Videokanal sehen Sie folgende Meldung:



## 4.9 Nutzung von GPS

Das PI LightWeight-System kann mit *U-Blox* USB GPS-Chipsätzen arbeiten, um die Geodaten in die radiometrische Videodatei einzubetten.

Die Standortinformationen werden als Datenstring im NMEA-konformen GPRMC-Format gespeichert.

Die Standortinformation jedes Einzelbildes kann manuell über die PIconnect-Software ( $\geq 2.14.2013$ ) exportiert werden. Die Koordinaten werden in einer Textdatei gespeichert, wenn ein Schnappschuss ausgelöst wird.

```
gps.geo.txt - Editor
Datei Bearbeiten Format Ansicht ?
$GPRMC,094131.00,A,5235.66189,N,01326.25815,E,0.907,,100516,,,A*7F
UTC:          09:41:31
Date:         10.05.16
Latitude:     N52°35.66189'
Longitude:    E013°26.25815'
Ground speed: 0.907kn
Ground course:
-----
End of File
```

RMC – Recommended Minimum Navigation Information

Nachstehend ist das Format eines RMC-Datensatzes aufgeführt, der in jedem Frame der radiometrischen Infrarot-Videodatei aufgezeichnet wird. Alle Felder werden durch ein Komma voneinander getrennt:

|          |            |    |          |    |           |    |      |      |         |      |      |     |
|----------|------------|----|----------|----|-----------|----|------|------|---------|------|------|-----|
|          |            |    |          |    |           |    |      |      |         |      | 12   |     |
| 1        | 2          | 3  | 4        | 5  | 6         | 7  | 8    | 9    | 10      | 11   | 12   | 13  |
|          |            |    |          |    |           |    |      |      |         |      |      |     |
| \$GPRMC, | hhmmss.ss, | A, | llll.ll, | a, | yyyyy.yy, | a, | s.s, | x.x, | xxxxxx, | x.x, | a,m, | *hh |

**Feldnummer:**

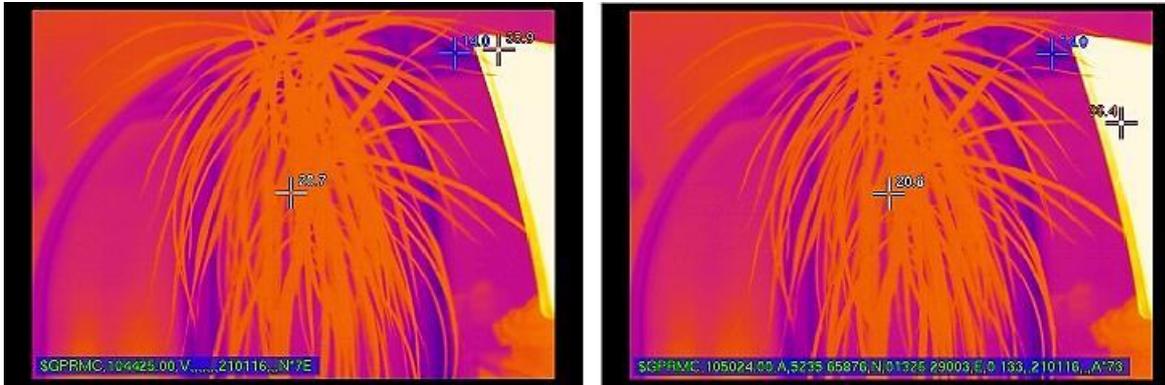
- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1. Koordinierte Weltzeit       | (HHMMSS.SS)   |
| 2. Status,                     | (V=ungültig; A=Gültig)                                  |
| 3. Breitengrad                 | (ggmm.ssss)   |
| 4. N oder S                    | (N=Nord / S=Süd)  |
| 5. Längengrad                  | (gggmm.ssss)  |
| 6. O oder W                    | (E=Ost / W=West)  |
| 7. Geschwindigkeit über Grund, | (Knoten)  |
| 8. Bewegungsrichtung,          | (Grad)  |
| 9. Datum,                      | (TTMMJJ)  |
| 10. Magnetische Missweisung,   | (Grad)  |
| 11. O oder W                   | (Ost / West)  |
| 12. FAA-Modusanzeige           | (A=Autonom, D=Differenziell, E=Dead Reckoning, N=Keine) |
| 13. Prüfsumme                  |   |



Die Genauigkeit der Koordinaten hängt von verschiedenen Faktoren ab wie z.B. Wetterbedingungen oder Satellitenabdeckung. Die Samplerate liegt bei 5 Hz. Wir empfehlen den NL-601US USB GPS-Receiver auf der Basis eines U-Blox 6-Chipsatzes.

[http://www.navilock.de/produkte/G\\_60123/merkmale.html](http://www.navilock.de/produkte/G_60123/merkmale.html)

Ist am USB 2.0-Port ein kompatibles GPS-System angeschlossen und erfasst worden, erscheint zunächst die Meldung „**No GPS device attached**“ (*keine GPS-Daten verfügbar*), ehe gültige GPS-Daten empfangen werden.



Sobald gültige GPS-„Sätze“ empfangen werden, wird zunächst der unvollständige „RMC“-Rahmen (links) angezeigt: lediglich UTC-Zeit und Datum werden angegeben.

Sobald der Fix durchgeführt wurde, ist der vollständige RMC-Satz vorhanden.

## 4.10 Micro-SD Karte

Die Recording Box ist mit einer in den Computer integrierten 16 GB Micro-SDHC Karte ausgestattet. Die Karte enthält ein Recovery-System und kann außerdem auch für Aufnahmen genutzt werden.



Die Speicherkarte ist Teil des Betriebssystems. Änderungen und Austausch können das System beschädigen!

Die SD-Karte kann im Falle eines Defekts ausgetauscht werden, oder falls zusätzlicher interner Speicher für Aufnahmen benötigt wird.

Für Aufnahmen sollte die SD-Karte eine Schreibgeschwindigkeit von mind. 10 MByte/s für PI4xx und 22 MByte/s für PI640 (32Hz)/ PI4xx(80Hz) haben. Bei unzureichender Schreibgeschwindigkeit gehen Einzelbilder während der Aufnahme verloren.

Die ab Werk gelieferte SD-Karte kann nur für Aufnahmen mit der PI4xx (27Hz) verwendet werden.

## 4.11 LED-Anzeigen

Die Recording Box ist mit insgesamt 6 LED-Anzeigen ausgestattet:

- 5 Status-LEDs (L0-L4, über der Multifunktionstaste) (siehe Abbildung 9: **Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (3)**):

| LED | Funktion             | LED ist AN, wenn:   |
|-----|----------------------|---|
| L0  | Stromanzeige         | Die Recording Box wird über ein Netzteil/ Batterie mit Strom versorgt |
| L1  | Flugrekorder-Service | Die grundlegenden Software-Funktionen laufen                          |
| L2  | PI-Kamerastatus      | Flugrekorder-Software und Wärmebildkamera laufen                      |
| L3  | Videoaufnahme        | Die IR-Daten werden im internen Speicher aufgezeichnet (blinkend)     |
| L4  | Datenübertragung     | Die IR-Dateien werden auf einen USB-Stick kopiert (blinkend)          |

**Tabelle 1:** Statusinformationen Recording Box

- Die LED unter der linken Schraubklemme signalisiert, dass ein GoPro-Videosignal über den Analog-Videoausgang ausgegeben wird.

## 4.12 Verwendung der Servosteuerung

Für die Recording Box sind zwei Fernsteuerungseingänge verfügbar, siehe Abbildung 7: Bedienelemente und Anschlüsse Recording Box (1):

- Über den linken Anschluss lässt sich die Aufnahme ferngesteuert ein- und ausschalten
- Über den rechten Anschluss lässt sich der analoge CVBS-Videoausgang ferngesteuert vom Infrarotbild der PI-Kamera auf das sichtbare Bild der GoPro-Kamera umschalten

### 4.12.1 Anschlüsse der Servostecker

|                 |               |
|-----------------|---------------|
| Links (schwarz) | GND           |
| Mitte (rot)     | +5 V-Ausgang  |
| Rechts (gelb)   | Signaleingang |

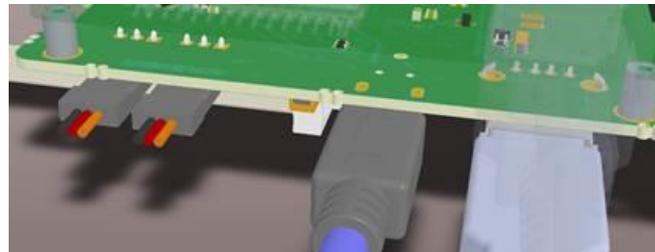


Abbildung 11: Anschlüsse der Servostecker (links)



Wir empfehlen den Einsatz eines Servosteckers vom Typ Uni, Graupner und JR.

## 4.13 Schraubklemmen

Die Recording Box ist mit zwei Schraubklemmleisten ausgerüstet:

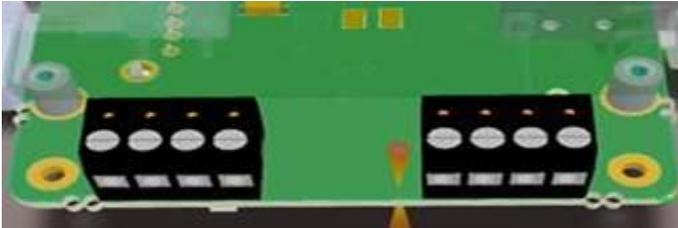


Abbildung 12: Schraubklemmleisten

### Linke Schraubklemme

Vier Anschlüsse, von links nach rechts:

**GND | +5V-Ausgang (max. 100 mA) | GND | Video-Eingang (sichtbare Kamera)**



Der analoge Video-Eingang kann für alternative Videokameras genutzt werden. In diesem Fall wird eine GoPro-Kamera nicht unterstützt.

### Rechte Schraubklemme

Vier Anschlüsse, von links nach rechts:

#### **S3 | S2 | GND | TV-Ausgang**

Die externen Schalter S3 und S2 sind low aktiv schaltend und müssen auf Masse gelegt werden (ein einfacher Schalter nach Masse wird empfohlen).

S2: Start und Stopp der Aufnahme

S3: Umschalten zwischen IR- und sichtbarer Kamera (z. B. GoPro) auf den TV-Ausgang

## 5 System-Update und -Wiederherstellung

Die Recording Box kann durch den Anwender upgedatet werden. Neben System-Updates kann auch eine System-Wiederherstellung durchgeführt werden.

### 5.1 System-Updates

System-Updates können zusätzliche Funktionen bereitstellen oder die Stabilität des Betriebssystems erhöhen.

- Für ein System-Update kopieren Sie die Update-Dateien bitte in das Hauptverzeichnis eines USB-Sticks (FAT32-Formatierung).
- Starten Sie die Box und warten Sie, bis der Startbildschirm erscheint.
- Stecken Sie den USB-Stick in USB-Port an der Recording Box – das System sollte den USB-Stick erkennen und eine entsprechende Statusmeldung ausgeben.
- Innerhalb von 5-20 Sekunden startet die Box neu. Das System ist jetzt upgedatet.



- Falls das System nicht neu startet, prüfen Sie, ob die Update-Dateien auf dem Stick vorhanden sind. Gewöhnlich sollten dies ein Update-Script und n Update-Dateien sein.
- Falls der Stick nicht erkannt wird, kann ein Neustart der Box helfen.
- Entfernen Sie die Update-Dateien vom Stick, bevor Sie ihn wieder verwenden.

## 5.2 Recorder-Software Update

Die Recorder-Software ist für die Hauptfunktionalität der Recording Box verantwortlich.

- Für ein Recorder-Software-Update kopieren Sie die Update-Dateien bitte in das Hauptverzeichnis eines USB-Sticks (FAT32-Formatierung).
- Starten Sie die Box und warten Sie, bis der Startbildschirm erscheint.
- Stecken Sie den USB-Stick in USB-Port an der Recording Box – das System sollte den USB-Stick erkennen und eine entsprechende Statusmeldung ausgeben.
- Innerhalb von 5-20 Sekunden startet die Box neu. Das System ist jetzt upgedatet.



- Falls das System nicht neu startet, prüfen Sie, ob die Update-Dateien auf dem Stick vorhanden sind. Gewöhnlich sollten dies ein bis zwei Dateien sein: “flightrecorder\*.deb” oder “libirimager\*.deb”.
- Falls der Stick nicht erkannt wird, kann ein Neustart der Box helfen.
- Entfernen Sie die Update-Dateien vom Stick, bevor Sie ihn wieder verwenden.

### 5.3 System-Wiederherstellung

Für eine Systemwiederherstellung muss die SD-Karte aus der Recording Box entfernt werden.

- Entfernen Sie die Schutzabdeckung über der SD-Karte. **Lösen Sie nur die mittlere Schraube (von dreien).**
- Entfernen Sie die SD-Karte.
- Laden Sie das neue SD-Karten-Image herunter (fragen Sie Ihren lokalen Händler bzgl. eines Download-Links).
- Stecken Sie die SD-Karte in einen Kartenleser. Ein USB 3.0-Kartenleser wird empfohlen.
- Laden Sie aus dem Internet die Software **Win32 Disk Imager** (kostenloses Tool zum Schreiben von Images auf SD-Karten): <https://sourceforge.net/projects/win32diskimager/>.
- Starten Sie die Win32 Disk Imager-Software und schreiben Sie das heruntergeladene Image auf die SD-Karte.
- Entfernen Sie alle Geräte und Kabel von der Recording Box. Stellen Sie sicher, dass die Box ausgeschaltet ist.
- Stecken Sie die SD-Karte in die Recording Box und setzen Sie den **Boot-Switch** auf die linke Position. Der Boot-Switch befindet sich innerhalb des Gehäuses oberhalb der Status-LEDs und ist durch eine Öffnung zugänglich. Benutzen Sie eine dünne Pinzette oder einen kleinen Schraubendreher. Seien Sie vorsichtig um Beschädigungen an der Elektronik zu vermeiden.

- Schließen Sie einen Monitor und eine USB-Tastatur an die Box an und verbinden Sie das Netzteil mit der Box. Warten Sie, bis auf einem blauen Bildschirm **System-Reset** steht.
- Bestätigen Sie mit **Yes** und warten Sie, bis der Reset abgeschlossen ist. Bestätigen Sie dann mit **Enter** und warten Sie, bis das System heruntergefahren ist.
- Das System ist jetzt wiederhergestellt.

## **6 Kalibrierdateien und Zeiteinstellung**

Die PI-Kameras sind nicht nur Infrarot-Imager, sondern vor allem Temperaturmessgeräte. Für die einwandfreie Funktion werden daher Kalibrierdateien benötigt.

Diese Kalibrierdateien sind für jede Kamera und jede Optik spezifisch und werden werksseitig in der Recording Box installiert. Nach einer Wiederherstellung müssen sie jedoch erneut im System installiert werden.

### **6.1 Installation der Kalibrierdateien über das Internet**

Verbinden Sie den Ethernet RJ45-Port mit einem Netzwerk mit Internetanschluss; falls im lokalen Netzwerk ein DHCP-Server vorhanden ist, erfolgt die Einrichtung der IP-Kommunikation automatisch. Verbinden Sie die PI-Kamera mit einem USB 3.0-Anschluss.

Die Software ermittelt die Seriennummer der PI-Kamera und lädt die richtigen Kalibrierdateien automatisch aus dem Internet herunter. Danach wird die Aufnahmesoftware automatisch gestartet und Sie sollten das IR-Bild auf Ihrem Videomonitor sehen.

### **6.2 Installation der Kalibrierdateien über einen USB-Flashspeicher**

Es stehen zwei Optionen zur Verfügung:

1/ Kopieren Sie den Ordner mit der Bezeichnung „Calfiles SNxxxxxxx“ manuell von der mit der PI-Kamera gelieferten PIconnect CD-ROM auf einen USB-Stick (SNxxxxxxx ist die Seriennummer der angeschlossenen PI-Kamera).

2/ Öffnen Sie in der PIconnect das Menü *Extras/ Erweitert/ Recording Box einrichten*. (Die PI-Kamera, die Sie nutzen möchten, muss für diesen Vorgang am PC angeschlossen sein). Markieren Sie *Kalibrierungsdateien kopieren* und wählen Sie den USB-Flashspeicher aus, auf den Sie diese Dateien kopieren möchten.



Drücken Sie OK.

Stecken Sie diesen USB-Stick in die Recording Box ein, verbinden Sie die PI-Kamera SNxxxxxxx mit einem USB 3.0-Port (blau) und schalten Sie das System EIN.

Die Kalibrierdateien werden automatisch in das System geladen und das Infrarotbild wird angezeigt.

Dieser Installationsvorgang muss für jede Kamera, die mit dieser Recording Box arbeitet, nur einmal durchgeführt werden.

### 6.3 Zeiteinstellung

Für eine automatische Zeitsynchronisierung muss die Recording Box mit einem lokalen Netzwerk mit Internetzugang verbunden werden.



Vergewissern Sie sich, dass das lokale Netzwerk einen Zugang zum Internet gewährt, um die Kalibrierdateien zu laden und die Zeitsynchronisation vorzunehmen.

Firmennetzwerke sind gewöhnlich geschützt, speziell für Geräte, die nicht Teil der Firmen-Domain sind.

## 7 Austausch der Pufferbatterie

Die Recording Box ist mit einer Echtzeituhr ausgestattet, die über eine 3 V Lithium-Batterie versorgt wird. Diese kann bei Bedarf wie folgt ausgetauscht werden.

Lösen Sie die vier Schrauben an der Unterseite der Recording Box und entfernen Sie die Abdeckung. Entnehmen Sie die Batterie vorsichtig mit einer Pinzette oder einem kleinen Schraubendreher. Ersetzen Sie diese nur durch eine **3 V Lithium CR 1632** oder eine gleichwertige Batterie.

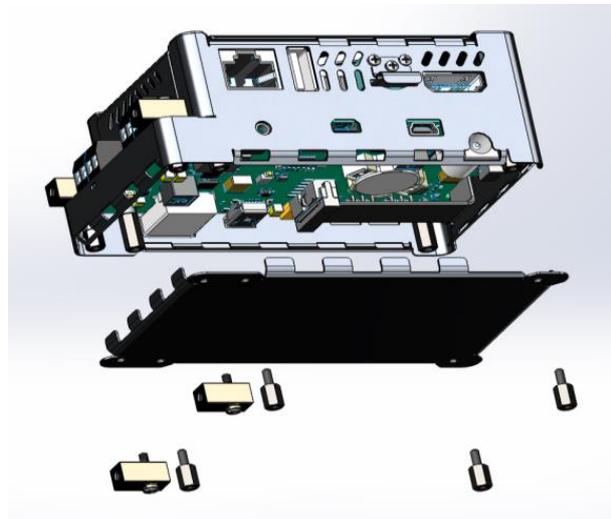
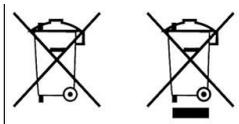
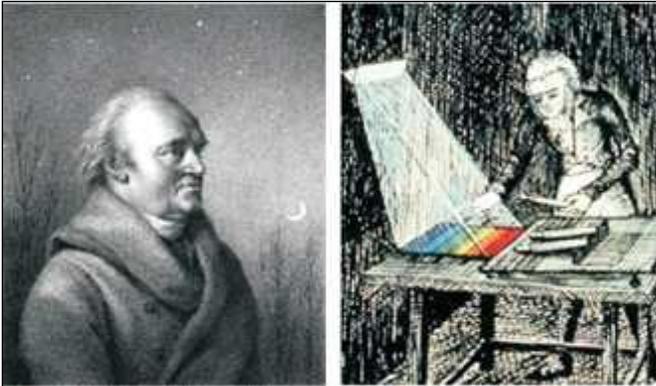


Abbildung 13: Geöffnete Ansicht zum Austausch der RTC-Batterie

## 8 Grundlagen der Infrarotmesstechnik

In Abhängigkeit von der Temperatur gibt jedes Objekt eine bestimmte Menge an Infrarotstrahlung ab. Ändert sich die Temperatur des Objekts, ändert sich auch die Intensität der Strahlung.

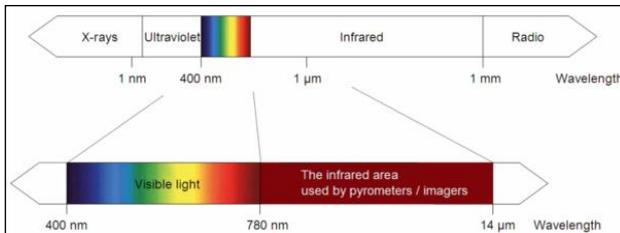
Auf der Suche nach neuen optischen Materialien entdeckte William Herschel im Jahr 1800 durch Zufall die Infrarotstrahlung.



**Abbildung 14:** William Herschel (1738-1822)

Er schwärzte die Spitze eines empfindlichen Quecksilberthermometers. Dieses Thermometer, ein Glasprisma, das Sonnenstrahlen auf einen Tisch lenkte, stellte seinen Messaufbau dar. Damit testete er die Erwärmung der verschiedenen Farben des Spektrums. Beim langsamen Bewegen des schwarz gefärbten Thermometers durch die Farben des Spektrums zeigte sich, dass die Temperatur von Violett nach Rot kontinuierlich anstieg. Durch das Bewegen des Thermometers in den dunklen Bereich hinter dem roten Ende des Spektrums nahm die Erwärmung sogar noch weiter zu. Er fand den Punkt der maximalen Erwärmung schließlich weit hinter dem roten Bereich.

Heute wird dieser Bereich als „infraroter Wellenlängenbereich“ bezeichnet.

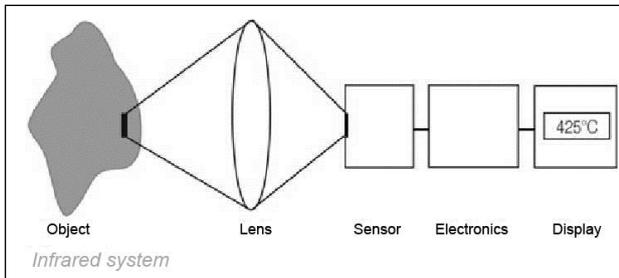


**Abbildung 15:** Das elektromagnetische Spektrum mit dem für die Temperaturmessung genutzten Bereich

Zur Messung der „Wärmestrahlung“ nutzt die Infrarot-Thermometrie einen Wellenlängenbereich zwischen  $1\ \mu\text{m}$  und  $20\ \mu\text{m}$ . Die Intensität der emittierten Strahlung ist vom Material abhängig. Diese

materialspezifische Konstante wird mit Hilfe des Emissionsgrads beschrieben, einem für die meisten Materialien bekannten Wert (siehe beigefügte Emissionsgrad-Tabelle).

Infrarotthermometer sind optoelektronische Sensoren. Sie berechnen die Oberflächentemperatur auf der Basis der von einem Objekt emittierten Infrarotstrahlung. Die wichtigste Eigenschaft von Infrarot-Thermometern besteht darin, dass sie dem Nutzer die berührungslose Messung von Objekten ermöglichen. Daher bieten diese Geräte die Möglichkeit, die Temperatur von unzugänglichen oder beweglichen Objekten problemlos zu messen.



**Abbildung 16:** Grundprinzip der berührungslosen Temperaturmessung

Infrarot-Thermometer bestehen hauptsächlich aus folgenden Komponenten:

- Optik
- Spektralfilter
- Detektor
- Elektronik (Verstärker / Linearisierung / Signalverarbeitung)

Die Spezifikationen der Optik sind entscheidend für den Strahlengang des Infrarot-Thermometers, der durch das Verhältnis zwischen Messentfernung und Punktgröße gekennzeichnet ist. Der Spektralfilter bestimmt den Wellenlängenbereich, der für die Temperaturmessung relevant ist. Der Detektor wandelt die emittierte Infrarotstrahlung in Zusammenarbeit mit der Verarbeitungselektronik in elektrische Signale um.

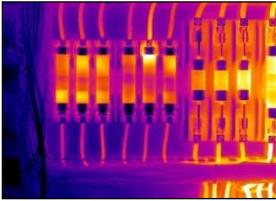
Die Vorteile der berührungslosen Temperaturmessung sind eindeutig – sie ermöglicht:

- Temperaturmessungen von bewegten oder überhitzten Objekten sowie von Objekten in einer gefährlichen Umgebung
- sehr schnelle Reaktions- und Antwortzeiten
- Messung ohne Interaktion, kein Einfluss auf das Messobjekt
- zerstörungsfreie Messung
- Langzeitmessungen ohne mechanische Abnutzung

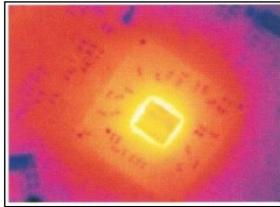


**Abbildung 17:** Berührungslose Temperaturmessung

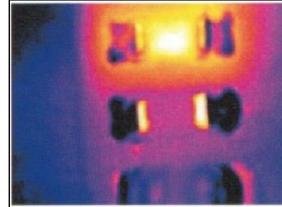
## Anwendungsbereiche:



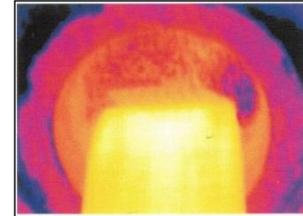
Überwachung von  
Schaltschränken



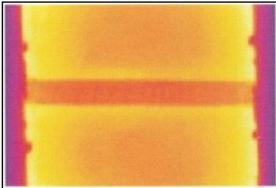
Forschung & Entwicklung im  
Bereich Elektronik



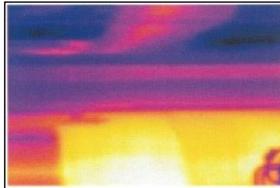
Forschung & Entwicklung  
von Elektronikbauteilen



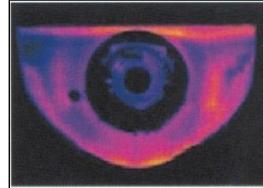
Prozesssteuerung bei  
Extrusion von Kunststoffteilen



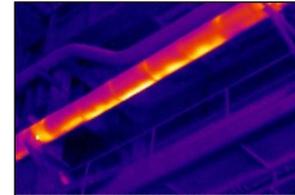
Prozesssteuerung bei der  
Herstellung von  
Solarmodulen



Prozesssteuerung beim  
Kalandrieren



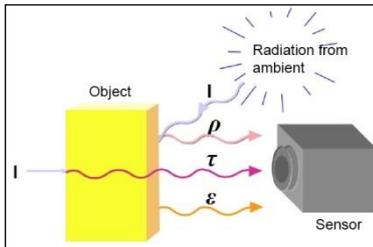
Forschung & Entwicklung  
von mechanischen Teilen



Überwachung von Kabeln

## Emissionsgrad:

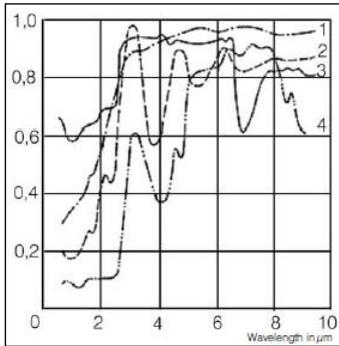
**Definition:** Die Intensität der Infrarotstrahlung, die von jedem Körper abgegeben wird, ist von der Temperatur und den Strahlungseigenschaften des Oberflächenmaterials des Messobjekts abhängig. Der Emissionsgrad ( $\epsilon$  – Epsilon) wird als Materialkonstante verwendet, um die Fähigkeit eines Körpers zur Abgabe von Infrarotenergie zu beschreiben. Er kann zwischen 0 und 100 % betragen. Ein „schwarzer Körper“ ist die ideale Strahlungsquelle mit einem Emissionsgrad von 1,0, während ein Spiegel einen Emissionsgrad von 0,1 aufweist. Wird ein zu hoher Emissionsgrad gewählt, kann das Infrarot-Thermometer einen Temperaturwert anzeigen, der deutlich unter der tatsächlichen Temperatur liegt, da man davon ausgeht, dass das Messobjekt wärmer ist als seine Umgebung. Ein niedriger Emissionsgrad (reflektierende Oberflächen) birgt die Gefahr von ungenauen Messergebnissen, da Interferenzen mit der Infrarotstrahlung von Hintergrundobjekten (Flammen, Heizsysteme, Kamine) auftreten können. Um die Messfehler in solchen Fällen zu minimieren, sollte man mit dem Gerät sehr vorsichtig umgehen und es vor reflektierenden Strahlungsquellen schützen.



- I IR-Strahlung
- $\epsilon$  Emission
- $\rho$  Reflexion
- $\tau$  Transmission

$$\epsilon + \rho + \tau = 1$$

**Abbildung 18:** Fähigkeit eines Objekts zur Emission von Strahlung



**Abbildung 19:** Spektraler Emissionsgrad verschiedener Materialien: **1** Emaille, **2** Gips, **3** Beton, **4** Schamotte

## 9 CE-Konformität

### EG-Konformitätserklärung EU Declaration of Conformity



Wir / We

Optris GmbH  
Ferdinand Buisson Str. 14  
D-13127 Berlin

erklären in alleiniger Verantwortung, dass  
declare on our own responsibility that

die Produktserie optris PI  
the product group optris PI

den Anforderungen der EMV-Richtlinie 2014/30/EU und der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU  
entspricht,  
meets the provisions of the EMC Directive 2014/30/EU and the Low Voltage Directive 2014/35/EU.

Angewendte harmonisierte Normen:  
Applied harmonized standards:

EMV Anforderungen / EMC General Requirements:  
**EN 61326-1:2013** (Grundlegende Prüfanforderungen / Basic requirements)  
**EN 61326-2-3:2013**

Gerätesicherheit von Messgeräten / Safety of measurement devices:

**EN 61010-1:2010**  
**EN 60825-1:2015** (Lasersicherheit / Laser safety)

Dieses Produkt erfüllt die Vorschriften der Richtlinie 2011/65/EU (RoHS) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Juni 2011 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten.  
This product is in conformity with Directive 2011/65/EU (RoHS) of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.

Berlin, 04.11.2015

Ort, Datum / place, date

A handwritten signature in black ink, appearing to read "U. Kientz", written over a horizontal line.

Dr. Ulrich Kientz  
Geschäftsführer / General Manager

