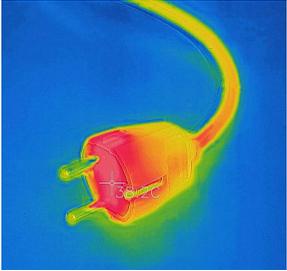


**Physik im digitalen Zeitalter:  
Forschendes Lernen mit der Wärmebildkamera**






**Dr. Patrick Bronner**  
Lehrer am Friedrich-Gymnasium Freiburg  
Fachberater für Physik am ZSL-Freiburg  
Lehrbeauftragter am Seminar für Lehrerbildung Freiburg



1

FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA

ÜBERSICHT INHALT

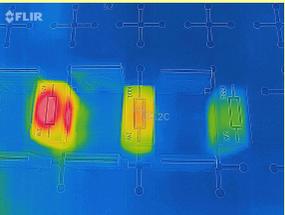
1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte	(30 Minuten)
2. Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras	(25 Minuten)
3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras	(40 Minuten)
Pause	(15 Minuten)
4. Methodik: Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras	(50 Minuten)
(Gesamt: 3 h)	

2

LERNDIAGNOSE MIT SMARTPHONES UND TABLETS

ÜBERSICHT AKTIVITÄTEN

Nr.	Inhalt der Aktivität	Kapitel
1	Vergleich Tablet-Wärmebildkameras	1
2	Erprobung Emissionsgrad & Darstellung	2
3	Drei Experimente durchführen	3
4	Tischdeckengespräch	4
5	Ideensammlung erstellen	4

3

LERNDIAGNOSE MIT SMARTPHONES UND TABLETS

ZIELE DER HEUTIGEN VERANSTALTUNG

- Verknüpfung von fachlichen Inhalte mit zeitgemäßen Methoden
- Förderung von Kompetenzen mit digitalen Medien:  
Kreativität, Kooperation, Kollaboration & kritisches Denken
- Langfristiges Ziel:  
Digitale Medien nicht als Herausforderung, sondern  
als selbstverständlicher Teil des täglichen Unterrichts sehen.
- Wirtschaftliche Unabhängigkeit des Referenten:  
Keine geschäftliche Verbindung gegenüber den Firmen.  
Auswahl aufgrund von Zuverlässigkeit, positiver  
Unterrichtserfahrung und intuitiver Bedienung.



4

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

**JETZT GEHT ES LOS ....**

- 1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte**
- Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
- Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras

Pause

4. Methodik: Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras

5

**1. PRODUKTVERGLEICH: WÄRMEBILDKAMERAS FÜR MOBILE ENDGERÄTE**

**TABLET-AUFSATZ**

Bildquelle: <https://hti-instrument.com/products/ht-301>



Android Aufsatz  
[Firma HTI](#)  
Preis: Pro: 716€  
Basic: 76€

Bildquelle: Eigenes Bild



iOS / Android Aufsatz  
[Firma Seek](#)  
Preis: Pro: 453€  
Basic: 226€

Bildquelle: Eigenes Bild



iOS / Android Aufsatz  
[Firma Flir](#)  
Preis: Pro: 475€  
Basic: 229€

Hinweis:  
Abruf der Preise aus den direkten  
Webshops der drei Firmen am  
30.01.2020 (ohne Versandkosten).

6

**1. PRODUKTVERGLEICH: WÄRMEBILDKAMERAS FÜR MOBILE ENDGERÄTE**

**VERGLEICH DER HOCHWERTIGEN MODELLE**



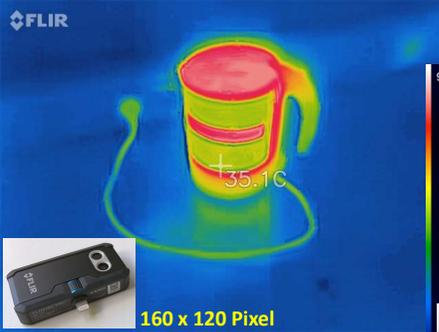


Firma	HTI	Seek	Flir one
Modell	HT 301	Seek Thermal Compact Pro	Flir one Pro
Temperaturbereich	-20°C bis 400° C	-40°C bis 330°C	-20°C bis 400° C
IR-Auflösung	<b>384 x 288</b>	320 x 240 Pixel	160 x 120 Pixel
Akkulaufzeit	unbegrenzt	unbegrenzt	60 Minuten
Fokusbereich	Manuell	Manuell	15 cm (fest)
Bildfrequenz	<b>25 Hz</b>	15 Hz	8,7 Hz
Bildüberlagerung	nein	nein	ja
Emissionsgrad	<b>Variabel</b>	4 stufig einstellbar	4 stufig einstellbar

7

**1. PRODUKTVERGLEICH: WÄRMEBILDKAMERAS FÜR MOBILE ENDGERÄTE**

**VERGLEICH DER AUFLÖSUNG**



FLIR

160 x 120 Pixel



94°C  
12.07.18  
14:38

320 x 240 Pixel

8

**1. PRODUKTVERGLEICH: WÄRMEBILDKAMERAS**

**BILDÜBERLAGERUNG**

9

**1. PRODUKTVERGLEICH: WÄRMEBILDKAMERAS FÜR MOBILE ENDGERÄTE**

**VERGLEICH DER GÜNSTIGEN MODELLE**

Firma	HTI	Seek	Flir one
Modell	HT 102	Seek Thermal Compact	Flir one
Temperaturbereich	-20°C bis 300°C	-40°C bis 330°C	-20°C bis 120° C
IR-Auflösung	32 x 32 Pixel	216 x 156 Pixel	80 x 60 Pixel
Akkulaufzeit	unbegrenzt	unbegrenzt	60 Minuten
Fokusbereich	fest	Manuell	15 cm (fest)
Bildfrequenz	9 Hz	9 Hz	8,7 Hz
Bildüberlagerung	Ja	nein	ja
Emissionsgrad	fest	4 stufig einstellbar	4 stufig einstellbar

10

**1. PRODUKTVERGLEICH: WÄRMEBILDKAME**

**VERGLEICH BILDER**

- Auflösung Basismodell (silber) 80 x 60 Pixel
- Auflösung Pro-Modell (schwarz) 160 x 120 Pixel

11

**1. PRODUKTVERGLEICH: WÄRMEBILDKAMERAS FÜR MOBILE ENDGERÄTE**

**VERGLEICH PROFIPRODUKT**

Firma	Seek	Testo Profiprodukt
Modell	Seek Thermal Compact Pro	Testo 885
Temperaturbereich	-40°C bis 330°C	-30-100°C / 0-350°C / 350-1200°C
IR-Auflösung	320 x 240 Pixel	640 x 480 Pixel
Akkulaufzeit	unbegrenzt	4,5h
Fokusbereich	manuell	automatisch
Bildfrequenz	15 Hz	33 Hz
Bildüberlagerung	nein	ja
Emissionsgrad	4 stufig einstellbar	Kontinuierlich einstellbar
Preis (Abruf am 30.1.2020)	453€ (inkl. MwSt.)	7.735€ (inkl. MwSt.)

Quelle: Homepage Firma Testo, 30.01.2020

12

1. PRODUKTVERGLEICH: WÄRMEBILDKAMERAS FÜR MOBILE

### SCHÜLER-EXPERIMENTE

- Gute Wärmebildkameras für Smartphones / Tablets bereits für 250€ erhältlich
- Empfehlung für den Unterricht: Kameras mit Bildüberlagerung
- Vielfältiger und schneller Einsatzbereich in vielen Gebieten der Physik

• 1 x für Lehrer	=	380€
• 10 x für Schüler	=	2.500€
	=	<b>2.880€</b>



13

1. PRODUKTVERGLEICH: WÄRMEBILDKAMERAS FÜR MOBILE ENDGERÄTE

### AUFBEWAHRUNG UND LADEN DER KAMERAS (CA. 60€)



14

1. PRODUKTVERGLEICH: WÄRMEBILDKAMERAS FÜR MOBILE ENDGERÄTE

### AKTIVITÄT 1: VERGLEICH TABLET-WÄRMEBILDKAMERAS

- Firma Seek: Kostenlose App Seek Thermal
- Firma Flir: Kostenlose App FLIR One
- Erprobung:
  - Auflösung,
  - Bildüberlagerung,
  - Darstellungsarten, ....



15

FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA

### JETZT GEHT ES LOS ....

1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. **Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras**
3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras

Pause

4. Methodik: Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras

16

FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA

### ÜBERSICHT

- Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
  - Energieerhaltung und Wärmestrahlung
  - Strahlungsleistung und Temperatur
  - Emissionsgrad
  - Darstellung von Wärmebildern
  - Funktion eines Pixels

17

2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERAS

### A) ENERGIEERHALTUNG UND WÄRMESTRAHLUNG

- Hypothese:
  - Jeder Körper sendet ständig Wärmestrahlung aus.
    - Körper gibt ständig Energie ab
    - Temperatur wird immer geringer
    - Am Ende ist der absolute Nullpunkt erreicht!
- Korrektur:
  - Jeder Körper sendet ständig Wärmestrahlung aus **und** nimmt ständig Wärmestrahlung auf.
- 3 Fälle:
  - $T_{\text{Körper}} > T_{\text{Umgebung}}$ : Körper gibt Wärmestrahlung ab
  - $T_{\text{Körper}} < T_{\text{Umgebung}}$ : Körper gibt weniger Wärmestrahlung ab als Umgebung
  - $T_{\text{Körper}} = T_{\text{Umgebung}}$ : Körper gibt / nimmt gleich viel Wärmestrahlung ab / auf



18

FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA

### ÜBERSICHT

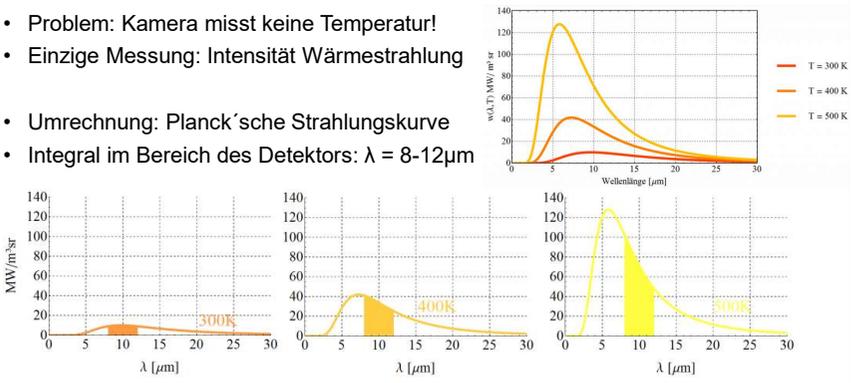
- Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
  - Energieerhaltung und Wärmestrahlung
  - b) Strahlungsleistung und Temperatur
  - Emissionsgrad
  - Darstellung von Wärmebildern
  - Funktion eines Pixels

19

2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERAS

### B) STRAHLUNGSLEISTUNG UND TEMPERATUR

- Problem: Kamera misst keine Temperatur!
- Einzige Messung: Intensität Wärmestrahlung
- Umrechnung: Planck'sche Strahlungskurve
- Integral im Bereich des Detektors:  $\lambda = 8-12\mu\text{m}$



Bildquelle: Mit freundlicher Genehmigung von Johannes Horak <https://www.timaos.org>

20

**2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERAS**

**B) STRAHLUNGSLEISTUNG UND TEMPERATUR**

- Zusammenhang Leistung und Temperatur
- Stefan Boltzmann Gesetz  $P = \sigma \cdot A \cdot T^4$

$P$  = Strahlungsleistung [W] der Fläche  $A$  [m<sup>2</sup>]  
 $\sigma$  = Stefan-Boltzmann-Konstante  $\approx 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$   
 $T$  = gemessene Temperatur [K]

• Messung und Umrechnung in jedem einzelnen Pixel (17 x 17 µm<sup>2</sup>)  
 • Achtung: Umrechnung gilt nur für „schwarze Körper“  
 Reale Körper sind „graue Körper“

Bildquelle: Mit freundlicher Genehmigung von Johannes Horak <https://www.timaos.org>

21

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

**ÜBERSICHT**

- Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
- Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras**
  - Energieerhaltung und Wärmestrahlung
  - Strahlungsleistung und Temperatur
  - Emissionsgrad**
  - Darstellung von Wärmebildern
  - Funktion eines Pixels

22

**2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERAS**

**C) EMISSIONSGRAD IN DER THEORIE**

- Schwarzer Körper:** Absorbiert alle Strahlung, die auf ihn trifft  
Emittiert Strahlung abhängig von der Temperatur
- Grauer Körper:** Absorbiert Strahlung nicht vollständig (Ref. + Trans.)  
Emittiert bei gegebener T nicht die max. Strahlung
- Emissionsfaktor:  $\epsilon = 0 \dots 1$  (Material, Oberfläche, T und  $\lambda$ )

— Schwarzer Körper  
— Grauer Körper

Bildquelle: Mit freundlicher Genehmigung von Johannes Horak <https://www.timaos.org>

23

**2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERAS**

**C) EMISSIONSGRAD IN DER THEORIE**

**Lösung zur exakten T-Messung an glänzenden Oberflächen:**

- Schwarz machen
- Emissionsklebeband aufkleben und auf diesem Band messen.  
z. B. Firma [Testo](https://www.testo.de) (ca. 83€)

Material auswählen

- Matte (e=0,97)
- Halbmatt (e=0,80)
- Halbgläzend (e=0,60)
- Glänzend (e=0,30)

$\epsilon$	T Gefäß	T Wasser
0,97	34,6°C	75,5°C
0,8	36,9°C	85,7°C
0,6	41,2°C	100,3°C
0,3	57,4°C	147,3°C

24

2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERAS

### C) EMISSIONSGRAD VERRINGERN / ERHÖHEN

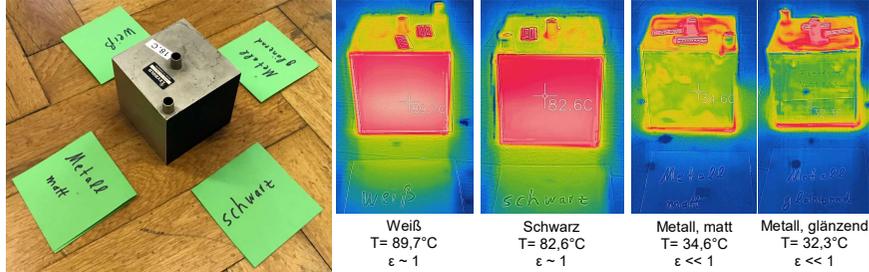
- Wärmestrahlung eines Körpers **verringern**:  $\epsilon \ll 1$ 
  - Metalloberfläche blank machen (Dewargefäß)
  - Gläser verspiegeln (Alte Thermoskannen)
- Wärmestrahlung eines Körpers **erhöhen**:  $\epsilon = 0,98$ 
  - Lackierung mit rauem/matten Kunstharz (Heizungskörper)
  - Eloxieren von Aluminiumkörpern (20µm Korrosionsschicht)
  - Emaillierung von Metallöfen (1mm Glasschicht)
- Die Physik dahinter: Kirchhoffsches Strahlungsgesetz  
Je besser eine Oberfläche Strahlung aufnimmt (absorbiert), desto besser gibt sie auch Strahlung ab (emittiert).
- Alltagsfrage: Weiße, grüne oder schwarze Farbe der Heizung?  
Farbe des Körpers spielt für Absorption / Emission keine Rolle!  
Es zählt die „Farbe“ im Infrarotbereich nicht die Farbe im „sichtbaren“ Bereich.



25

2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERAS

### C) EMISSIONSGRAD: LESSLIE WÜRFEL VON 1804



Weiß $T = 89,7^{\circ}\text{C}$ $\epsilon \sim 1$	Schwarz $T = 82,6^{\circ}\text{C}$ $\epsilon \sim 1$	Metall, matt $T = 34,6^{\circ}\text{C}$ $\epsilon \ll 1$	Metall, glänzend $T = 32,3^{\circ}\text{C}$ $\epsilon \ll 1$
---	--	--	--

- Merke:
  - Glänzende Körper absorbieren / emittieren Strahlung schlecht.
  - Raue Körper absorbieren / emittieren Strahlung gut.
  - Die optisch sichtbare Farbe spielt im infraroten Bereich keine Rolle.

26

FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA

### ÜBERSICHT

- Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
- Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
  - Energieerhaltung und Wärmestrahlung
  - Strahlungsleistung und Temperatur
  - Emissionsgrad
  - Darstellung von Wärmebildern**
  - Funktion eines Pixels

27

2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERA

### D) DARSTELLUNG



- Wärme-Intensitätsinformationen liegt in Form von 256 Graustufen vor
- Menschliches Auge kann die feinen Unterschiede nicht auflösen.
- Graupalette:** Kleine geometrische Details, geringe thermische Auflösung
- Eisenpalette:** Balance zwischen geometrischer & thermischer Auflösung
- Regenbogenpalette:** Hoher Kontrast bei geringen Temperaturunterschieden



28

## FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA

## ÜBERSICHT

1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte

**2. Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras**

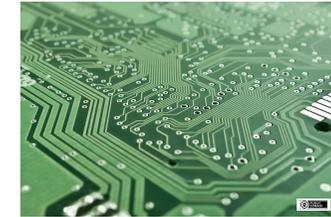
- a) Energieerhaltung und Wärmestrahlung
- b) Strahlungsleistung und Temperatur
- c) Emissionsgrad
- d) Darstellung von Wärmebildern
- e) Funktion eines Pixels**

29

## 2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERAS

## E) TECHNISCHE FUNKTION EINES WÄRME-PIXELS

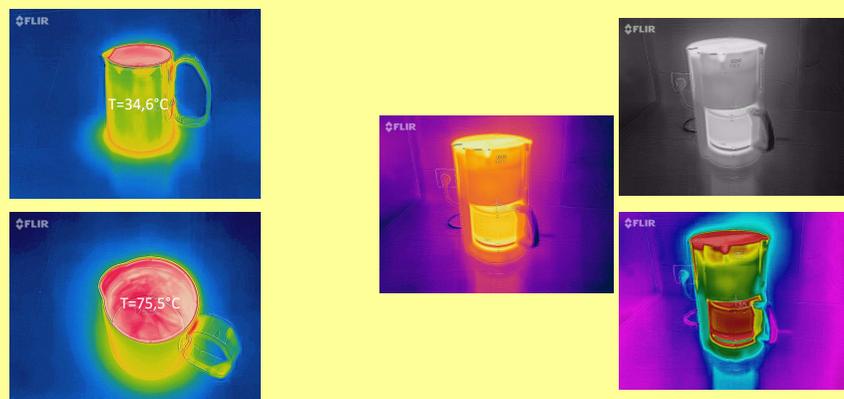
- $17 \times 17 \mu\text{m}^2$  großes Mikrobolometer
  - Absorption gesamter Wellenlängenbereich
  - Erwärmung
  - Widerstandsänderung bei Erwärmung
- Messwert: Vergleich mit der Eigentemperatur:  $\Delta T$
- Periodische Abschaltung des Sensors notwendig:  
Es muss eine Temperaturänderung erfasst werden!
- Hohe Ansprechzeit:  
Pixel wird in 10 ms um ein Fünftel des Temperaturunterschiedes zwischen Objekt- und Eigentemperatur erwärmt.
- Grund schnelle Reaktionszeit:  
Erst Transmission, dann Reflektion - Abstand:  $\lambda/4$ , Interferenz einfallende & reflektierte Welle



30

## 2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERAS

## AKTIVITÄT 2: ERPROBUNG EMISSION &amp; DARSTELLUNG



31

## FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA

## JETZT GEHT ES LOS ....

1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
  2. Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
  - 3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras**
- Pause
4. Methodik: Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras

32

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

**ÜBERSICHT**

1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
- 3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras**
  - a) Einsatz im Alltag
  - b) Einsatz in der Wärmelehre
  - c) Einsatz in der Elektrizitätslehre
  - d) Einsatz in der Mechanik

33

**3. A) EINSATZ IM ALLTAG**

**GEHEIMNISSE ZU HAUSE SICHTBAR MACHEN**

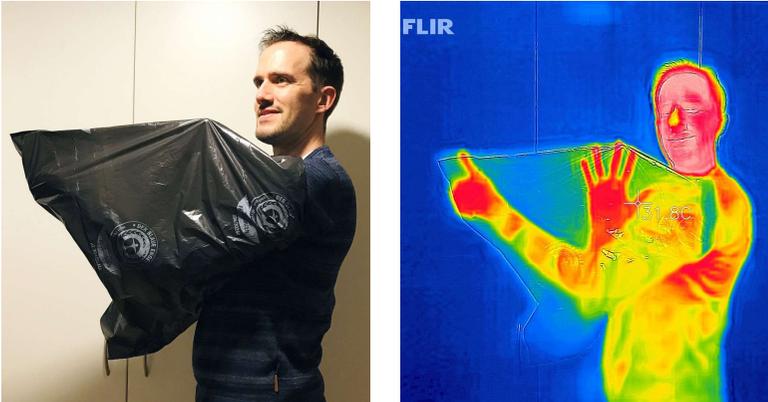



- Die Welt mit neuen Augen erforschen
- Schüler sammeln Ideen, wie Wärmebildkameras die Polizeiarbeit unterstützen könnten....

34

**3. A) EINSATZ IM ALLTAG**

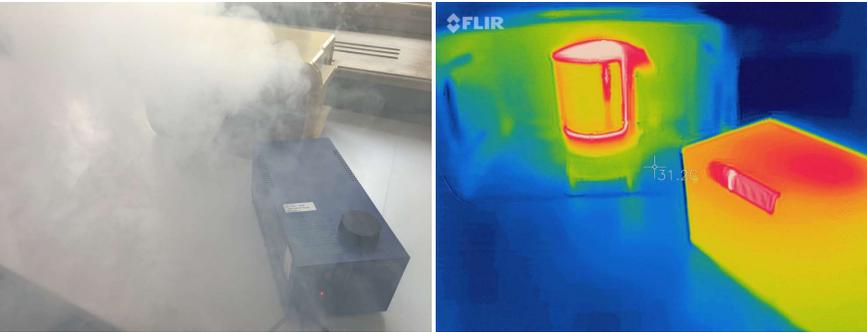
**GEHEIMNISSE SICHTBAR MACHEN: TRANSMISSION**



35

**3. A) EINSATZ IM ALLTAG**

**TRANSMISSION ALS LEBENSRETTENDER: RAUCH / NEBEL**



36

**3. A) EINSATZ IM ALLTAG**

### REFLEXION ALS LEBENSRETTETTER

- Rettungsdecke:  
Welche Seite soll bei Unterkühlung verwendet werden?
- Gold- oder Silber?
- Methode Abstimmung:  
Aufstellen im Raum  
Diskutieren  
Überzeugen

37

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

### ÜBERSICHT

1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
- 3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras**
  - a) Einsatz im Alltag
  - b) Einsatz in der Wärmelehre**
  - c) Einsatz in der Elektrizitätslehre
  - d) Einsatz in der Mechanik

38

**3. B) EINSATZ IN DER WÄRMELEHRE**

### „VERDUNSTUNGSKÄLTE“

39

**3. B) EINSATZ IN DER WÄRMELEHRE**

### WÄRMELEITFÄHIGKEIT ALLTAG

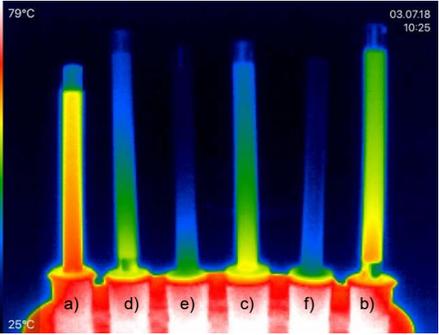
Wärmelehre	E-Lehre
Wärmewiderstand R	Elektrischer Widerstand R
Temperaturdifferenz $\Delta T$	Potentialdifferenz $\Delta \phi$ (U)
Wärmestrom I	Elektrischer Strom I
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	Elektrische Leitfähigkeit $\lambda$
Wärmekapazität C	Elektrische Kapazität C

Video:

40

3. B) EINSATZ IN DER WÄRMELEHRE

### WÄRMELEITFÄHIGKEIT



79°C 03.07.18 10:25  
25°C

a) d) e) c) f) b)

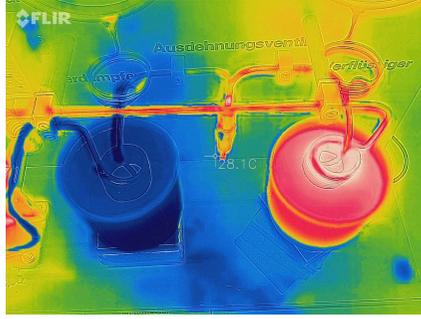
Reihenfolge Leitfähigkeit?

Nr. 1	Aluminium	Lösung:	a) Kupfer
Nr. 2	Glas		b) Aluminium
Nr. 3	Kupfer		c) Messing
Nr. 4	Holz		d) Eisen
Nr. 5	Messing		e) Glas
Nr. 6	Eisen		f) Holz

41

3. B) EINSATZ IN DER WÄRMELEHRE

### FUNKTION DER WÄRMEPUMPE

FLIR

Ausdehnungsventil

Verflüssiger

Verdichtiger

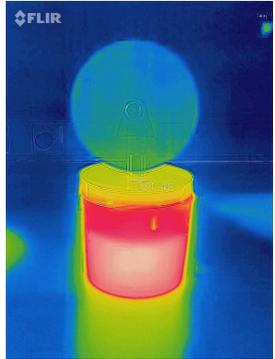
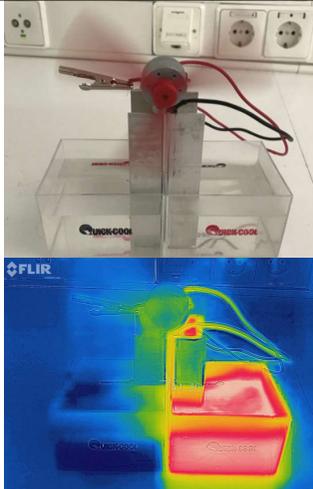
Verdampfer

25.1°C

42

3. B) EINSATZ IN DER WÄRMELEHRE

### FUNKTION PELTIER-ELEMENT

FLIR

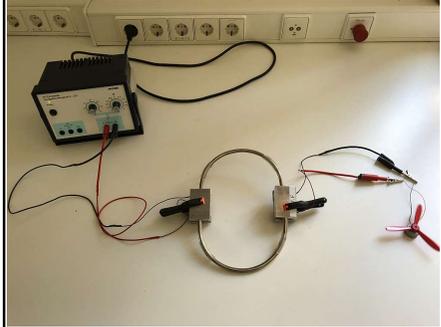
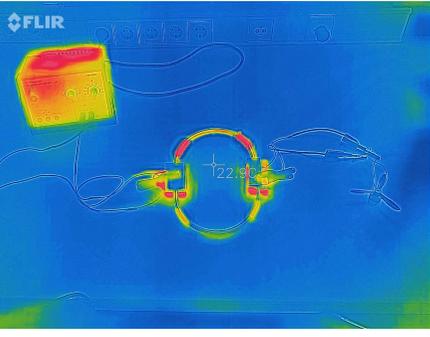
FLIR

FLIR

43

3. B) EINSATZ IN DER WÄRMELEHRE

### KREISLAUF: NUR MIT HEIß UND KALT GEHT'S HALT!

FLIR

FLIR

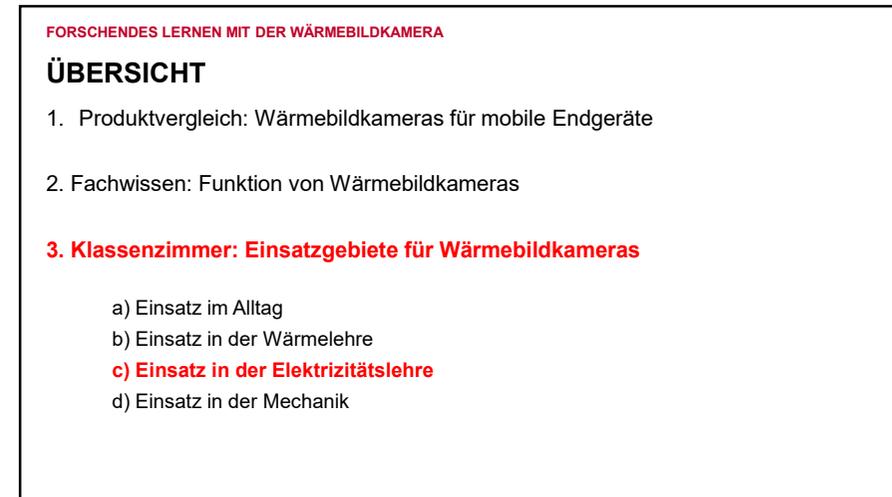
FLIR

22.9°C

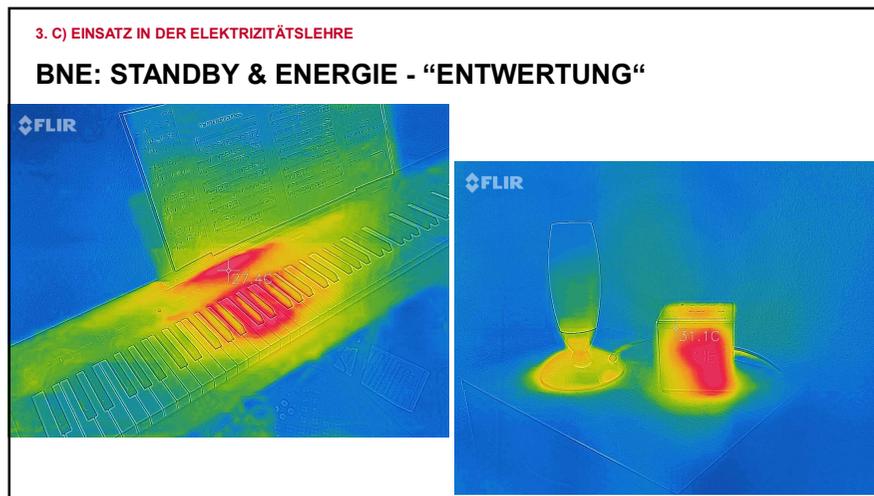
44



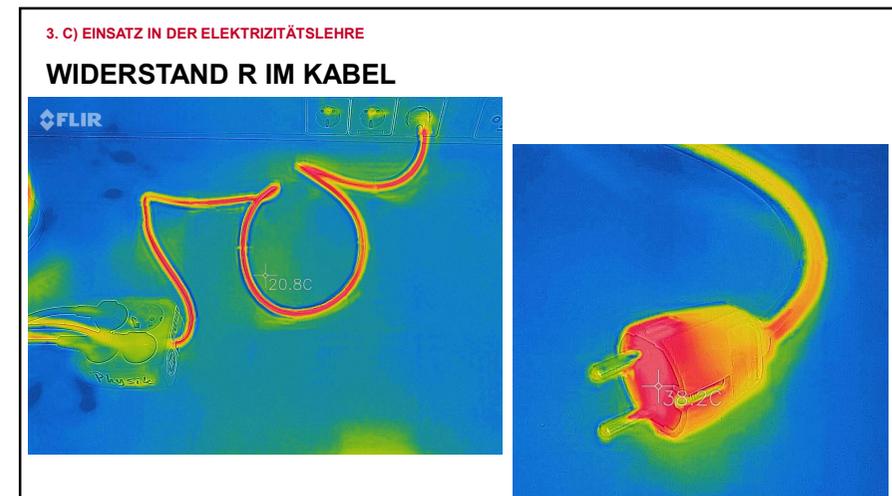
45



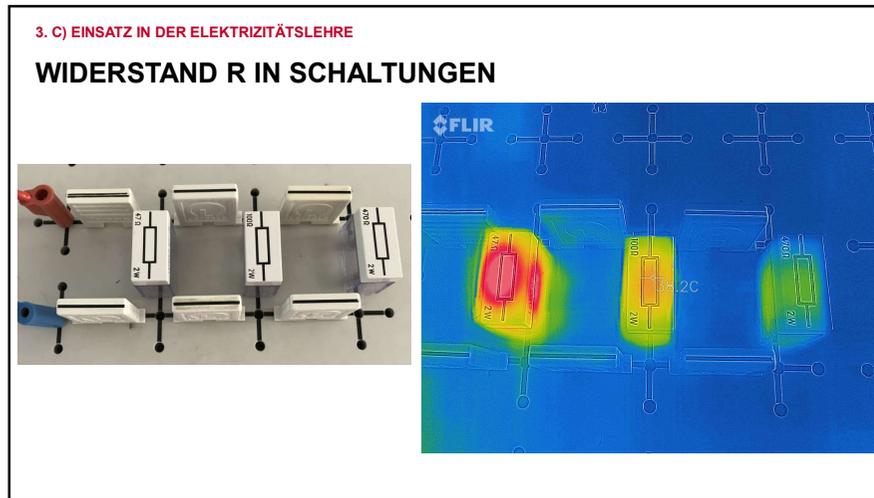
46



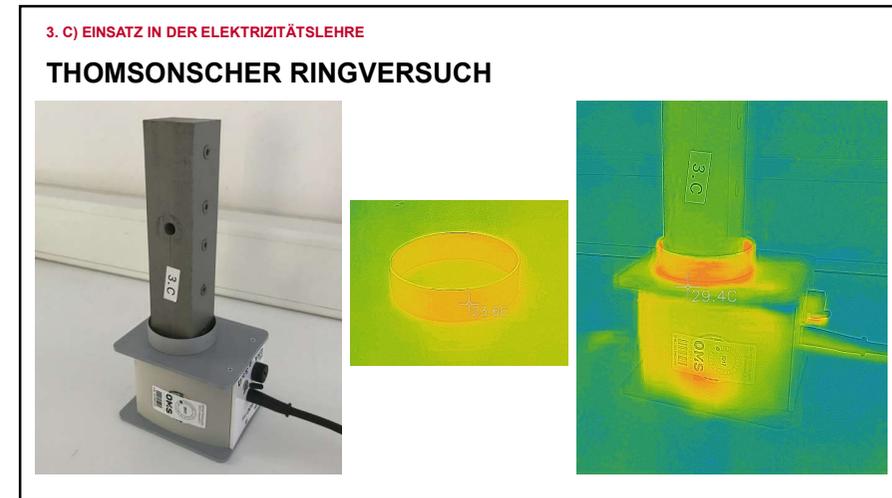
47



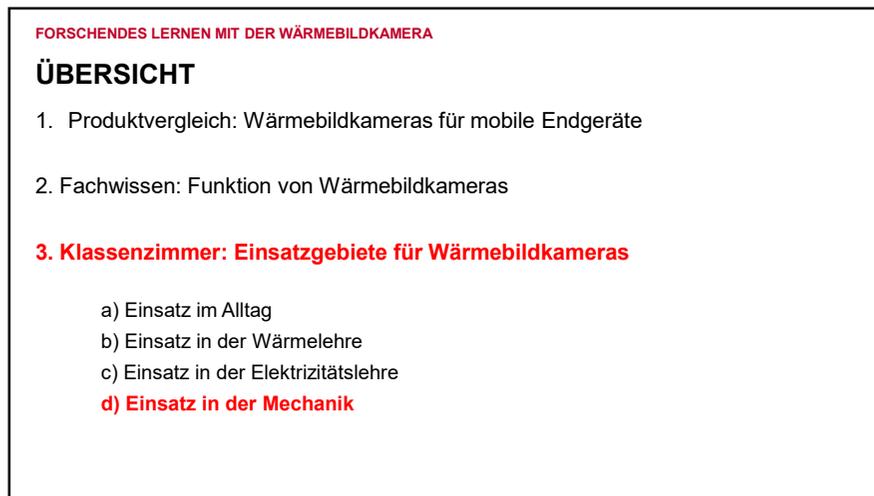
48



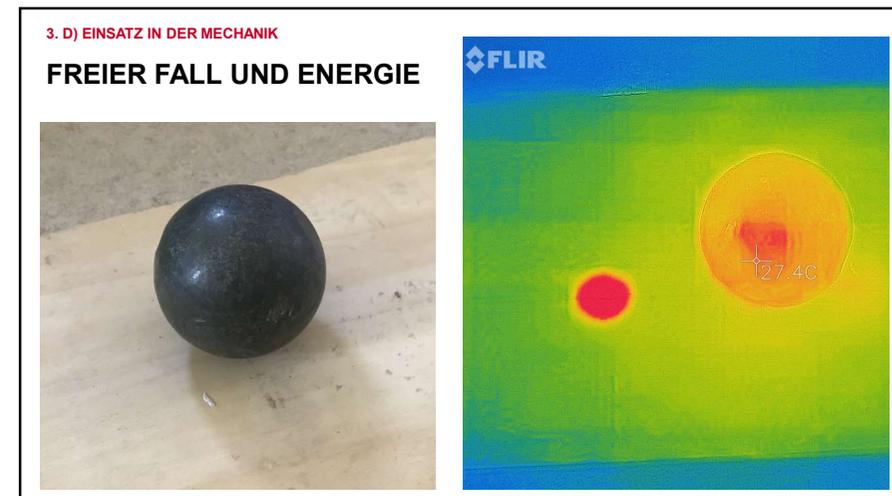
49



50



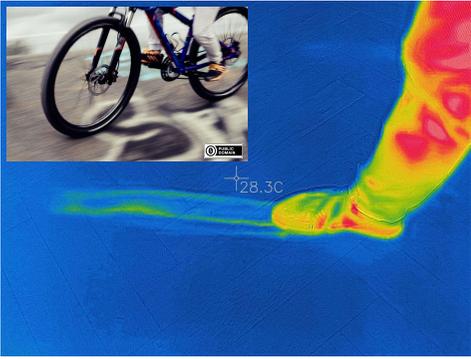
51



52

**3. D) EINSATZ IN DER MECHANIK**

**ENERGIEVERLUST: REIBUNG**



Video:

53

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

**NOCH VIEL MEHR IDEEN ... ZPG-TEAM PHYSIK AUS BW**



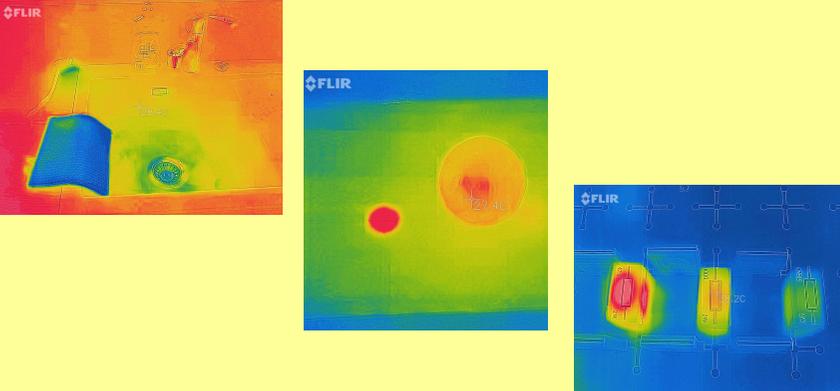
[https://lehrerfortbildung-bw.de/u\\_matnatech/physik/gym/bp2016/fb5/](https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/physik/gym/bp2016/fb5/)



54

**2. FACHWISSEN: FUNKTION VON WÄRMEBILDKAMERAS**

**AKTIVITÄT 3: DREI EXPERIMENTE DURCHFÜHREN**



55

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

**ÜBERSICHT**

1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. Fachlicher Hintergrund: Funktion Wärmebildkameras
3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras

**Pause**

4. Methodik: Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras



**15 Minuten**

56

FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA

### ÜBERSICHT

1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. Fachlicher Hintergrund: Funktion Wärmebildkameras
3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras

Pause

4. Methodik: Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras

57

FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA

### ÜBERSICHT

1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. Fachwissen: Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras

4. Methodik: Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras

- a) Sinnvoller Einsatz von digitalen Medien
- b) Drei analoge Beispiele zum forschenden Lernen
- c) Mehrwert des Konzepts für den Unterricht
- d) Drei digitale Beispiele für offene Aufgaben & forschendes Lernen

58

4. A) SINNVOLLER EINSATZ VON DIGITALEN MEDIEN

### EMPIRISCHE UNTERRICHTSFORSCHUNG

- Metastudie der TU München zur Wirksamkeit:
 

*„Digitale Medien im MINT-Unterricht fördern die Motivation und führen zu besseren Schulleistungen.“*
- Aber nur unter den folgenden vier Bedingungen:
  1. Zeitlich begrenzter Einsatz
  2. Nur als Ergänzung von analogen Lerninhalten
  3. Einsatz in kooperativen Lernformen
  4. Begleitung von professionell geschulten Lehrern



59

4. A) SINNVOLLER EINSATZ VON DIGITALEN MEDIEN

### STATT REPRODUKTION: KOMPETENZORIENTIERUNG

- Welche Kompetenzen sind für Lernende im 21. Jh. von Bedeutung?

Kreativität	Kritisches Denken	Kommunikation	Kollaboration
SchülerInnen sollen fähig sein, kreative Lösungsansätze in allen Bereichen des Lebens und später im Beruf zu finden.	SchülerInnen sollen lernen, Dinge zu hinterfragen, um zu mündigen Entscheidungsträgern zu werden.	SchülerInnen sollen nicht nur das Sprechen versch. Sprachen beherrschen, sondern auch eine Sprache sprechen, die dem Gegenüber gerecht wird und dabei souverän mit digitalen Medien kommunizieren.	SchülerInnen sollen gemeinsam durch Zusammenarbeit Lösungen für komplexe Problemstellungen erarbeiten. Sie erhalten von den LehrerInnen Eigenverantwortung, um Probleme im Team zu lösen.

Textquelle: CC by SA, Angepasst an „Lehren und Lernen mit digitalen Werkzeugen“ Netzwerk digitale Bildung

- 4K-Modell des Lernens (USA: in allen Bildungsplänen verankert, Deutschland: A. Schleicher)

60

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

### ÜBERSICHT

1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. Fachwissen: Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras
4. Methodik: **Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras**
  - a) Sinnvoller Einsatz von digitalen Medien
  - b) Drei analoge Beispiele zum forschenden Lernen**
  - c) Mehrwert des Konzepts für den Unterricht
  - d) Drei digitale Beispiele für offene Aufgaben & forschendes Lernen

61

**4. B) DREI ANALOGE BEISPIELE ZUM FORSCHENDEN LERNEN**

### ORIENTIERUNG AM FORSCHUNGSKREISLAUF

Merkmale des Forschenden Lernens

- 1) Schüler stellen **Fragen** an das Phänomen
- 2) Schüler formulieren **Hypothesen**
- 3) Schüler **planen** die Experimente
- 4) Schüler führen die **Experimente** durch
- 5) Schüler **interpretieren** die Daten
- 6) Schüler **präsentieren** Ergebnisse

Literatur: P. Bronner, K. Reitz-Koncevski, K. Maaß. Sechsteilige Artikelreihe zum forschenden Lernen. MINT-Zirkel, Ausgaben (5-12/2015) und (1-4/2016)

62

**4. B) DREI ANALOGE BEISPIELE ZUM FORSCHENDEN LERNEN**

### BEISPIEL 1: MECHANIK - PENDELVERSUCH

- Motivation: *Kaputte Kuckucksuhr aus dem Schwarzwald*
- Auftrag: *Herstellung eines geeigneten 1s Pendels*
- Forschungsfrage: *„Von was hängt die Pendelzeit ab?“*

63

**4. B) DREI ANALOGE BEISPIELE ZUM FORSCHENDEN LERNEN**

### BEISPIEL 1: MECHANIK - PENDELVERSUCH

a) Hypothese  
 abhängige Größen: 1. Gewicht, 2. Länge vom Pendel, 3. Auslenkung

b) Planung des Experiments  
 ausgesuchte Größe: - Auslenkung  
 Hypothese: je größer die Auslenkung, desto länger die Schwingungszeit

Materialien:  
 - Stahl  
 - Seil  
 - Gewicht  
 - Stoppuhr  
 - Geodreieck

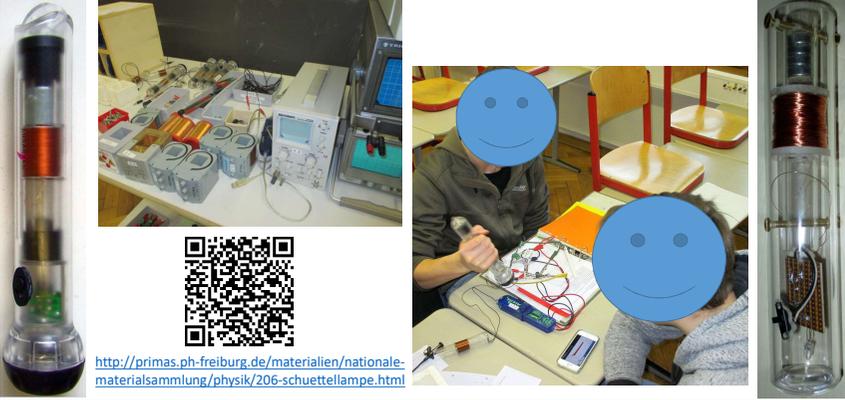
Aufbau:

64



**4. B) DREI ANALOGE BEISPIELE ZUM FORSCHENDEN LERNEN**

**BEISPIEL 3: INDUKTION - SCHÜTTELTASCHENLAMPE**



<http://primas.ph-freiburg.de/materialien/nationale-materialsammlung/physik/206-schuettellampe.html>

69

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

**ÜBERSICHT**

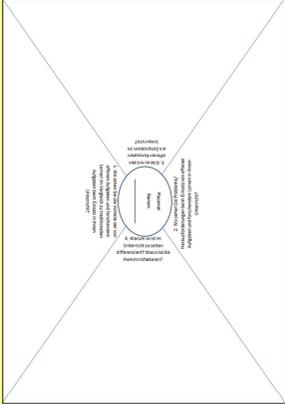
1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras
- 4. Methodik: Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras**
  - a) Sinnvoller Einsatz von digitalen Medien
  - b) Drei analoge Beispiele zum forschenden Lernen
  - c) Mehrwert des Konzepts für den Unterricht**
  - d) Drei digitale Beispiele für offene Aufgaben & forschendes Lernen

70

**4. C) MEHRWERT DES KONZEPTS FÜR DEN UNTERRICHT**

**AKTIVITÄT 4: TISCHDECKENGESPRÄCH**

- Frage 1:  
Wo sehen Sie die Vorteile?
- Frage 2:  
Welche Schwierigkeiten könnte es mit geben?
- Frage 3:  
Gibt es ein Zeitproblem im Unterricht?
- Frage 4:  
Warum wird so selten differenziert?



71

**4. C) MEHRWERT DES KONZEPTS FÜR DEN UNTERRICHT**

**ZIEL: VERKNÜPFUNG TABLET & FORSCHENDES LERNEN**

- Zeitgemäße Bildung mit einem sinnvollen Einsatz von digitalen Medien.
- Was wäre das Gegenteil?  
Nur stumpfes Üben! So lange digital vormachen, bis der Schüler es nachmachen kann.
- Anwendung des Tablets als Werkzeug für offene, forschende, projektartige, kollaborative & kreative Aufgaben.
- Herausforderung für den Unterricht!



Literatur: P. Bronner, Individualisierung & Differenzierung mit mobilen Endgeräten, Zeitschrift SchulVerwaltung spezial, Carl Link Verlag, 01/2017.

72

**4. C) MEHRWERT DES KONZEPTS FÜR DEN UNTERRICHT**

### SCHÜLER LANGSAM HERANFÜHREN

Zeitlicher Umfang: 4 Stunden → 4 Wochen → 4 Monate

Unterstützung Lernprozess: Eng geführt → Lehrer-gesteuert → Offenes Projekt

MINT-Unterricht in kleinen Schritten öffnen:	1) + 2)	3)	4)	5) + 6)	Art des Experimentes
	Lehrer	Lehrer	Lehrer	Lehrer	Frontalexperiment
	Lehrer	Lehrer	Schüler	Lehrer	Kochrezept-Experiment
	Lehrer	Schüler	Schüler	Lehrer	Offenes Experiment
	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler	Offen & forschend

Literatur:  
Bronner, P.; Maaß, K.; Reitz-Koncebowski, K.; (2015). Sechsteilige Artikelserie zum forschenden Lernen in den MINT-Fächern. MINT-Zirkel, Klett-Verlag (5-12/2015) & (1-4/2016)

73

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

### ÜBERSICHT

1. Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
2. Fachwissen: Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
3. Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras

**4. Methodik: Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras**

- a) Sinnvoller Einsatz von digitalen Medien
- b) Drei analoge Beispiele zum forschenden Lernen
- c) Mehrwert des Konzepts für den Unterricht
- d) Drei digitale Beispiele für offene Aufgaben & forschendes Lernen**

74

**4. D) DREI BEISPIELE FÜR FORSCHENDES LERNEN**

### BEISPIEL 1: LEBEN RETTEN

- Forschungsfrage: *Gold oder Silber? Mit welcher Seite rette ich Leben?*

75

**4. D) DREI BEISPIELE FÜR FORSCHENDES LERNEN**

### BEISPIEL 2: WÄRMESTRAHLUNG

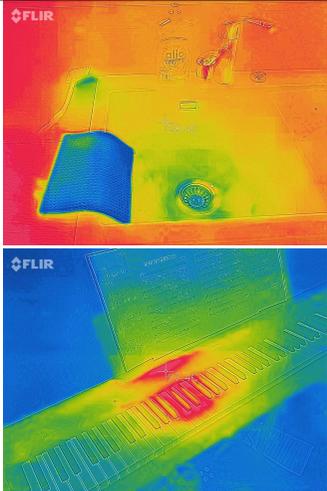
- Lehrervortrag: *Wiederholung der Eigenschaften von optischer Strahlung*
- Arbeitsauftrag: *Erforscht ob es möglich ist, die Eigenschaften der optischen Strahlung auf die Wärmestrahlung zu übertragen.*
- Ergebnissicherung: *Analoge Poster-Gestaltung, Galerispaziergang, Selbst- und Fremdbewertung*

76

**2. C) OFFENE AUFGABEN UND FORSCHENDES LERNEN**

### BEISPIEL 3: ERKLÄRVIDEO

- Arbeitsauftrag:  
Gestaltung eines Erklärvideos zum Thema:  
*Naturwissenschaft erleben mit der IR-Kamera*
- Freie Wahl des Niveaus:  
**Niveau einfach:**  
Filmbeitrag für „Sendung mit der Maus“  
**Niveau mittel:**  
Filmbeitrag für die Sendung „Galileo“  
**Niveau hoch:**  
Filmbeitrag für die Sendung „[W]ie Wissen“
- Handschriftliches Storyboard



77

**4. D) DREI DIGITALE BEISPIELE FÜR OFFENE AUFGABEN & FORSCHENDES LERNEN**

### AKTIVITÄT 5: IDEENSAMMLUNG ERSTELLEN

- Ideensammlung für weitere offene & forschende Aufgabenstellungen mit Wärmebildkameras
- Partnerarbeit (Team Shake)
- Ergebnissicherung:  
Gelbe Mind-Map Karten
- Es muss nicht der komplette Durchgang durch den Forschungskreislauf sein!



78

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

### ÜBERSICHT

- Produktvergleich: Wärmebildkameras für mobile Endgeräte
- Fachwissen: Fachwissen: Funktion von Wärmebildkameras
- Klassenzimmer: Einsatzgebiete für Wärmebildkameras

Pause

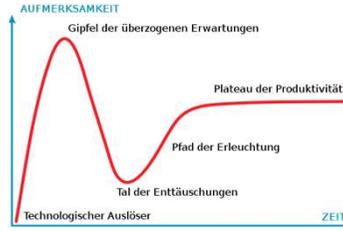
- Methodik: Sinnvoller Einsatz von Wärmebildkameras

79

**FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA**

### NACHDENKLICHES ZUM TABLET - HYPE

- Gartners Hype Cycle
- Zitat eines bekannten Neurowissenschaftlers:  
*„Die Nutzung von Tablets und Smartphones ist der beste Weg, die Gehirne unserer Kinder verkümmern zu lassen.“* (Quelle: Vortrag an der Uni Freiburg)
- Der Schlüssel zum erfolgreichen Unterricht .....  
... ist nicht der Einsatz von Smartphones und Tablets!  
... es ist und bleibt der motivierte Lehrer!



Bildquelle: Wikipedia Autor: Idotter  
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gartner\_Hype\_Cycle.svg

80

FORSCHENDES LERNEN MIT DER WÄRMEBILDKAMERA

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



 [bronner@mail.fg-freiburg.de](mailto:bronner@mail.fg-freiburg.de)   
[www.PatrickBronner.de](http://www.PatrickBronner.de)  
<https://mascil.ph-freiburg.de/smartphone>

81