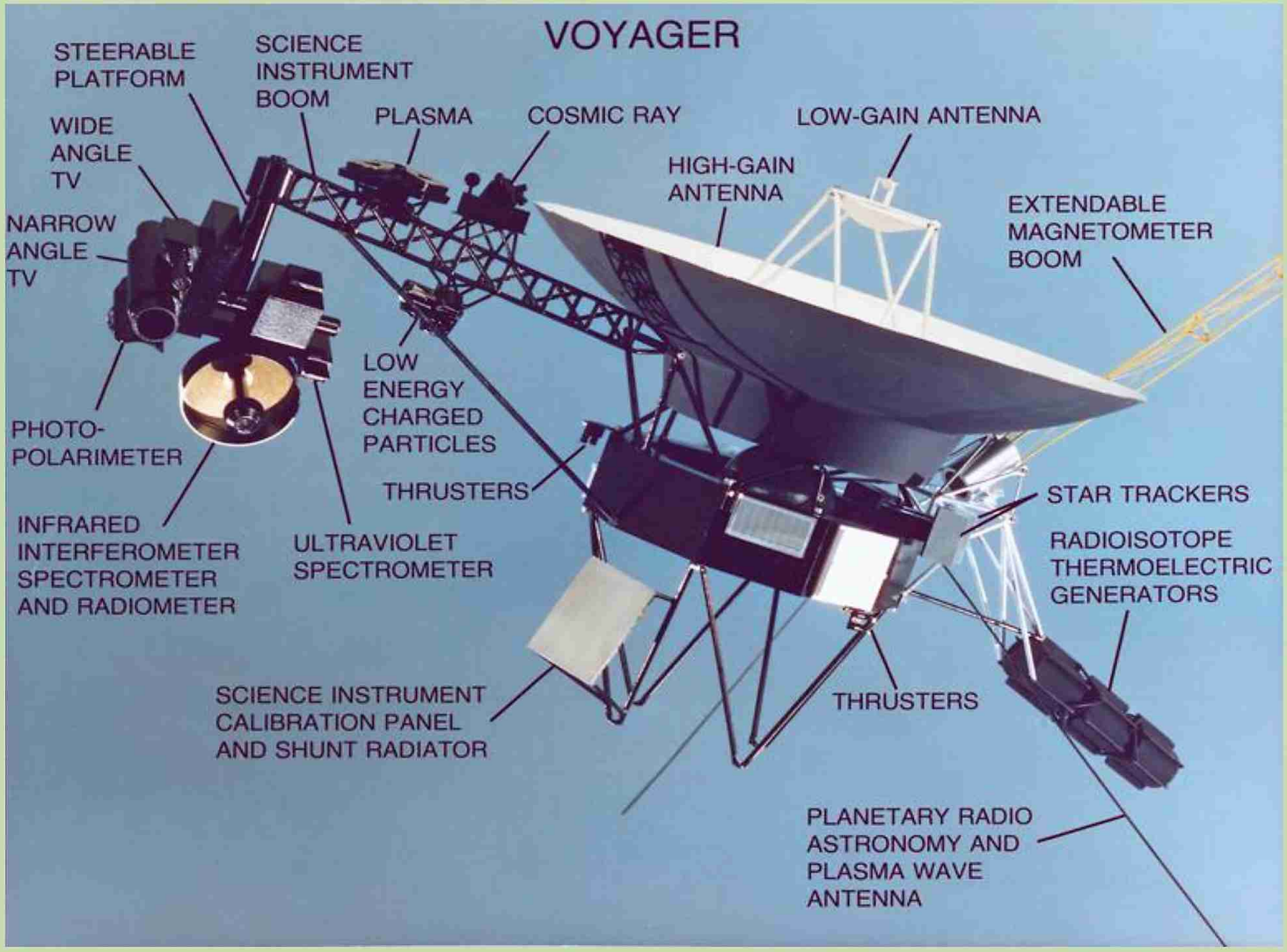
THERMOPHOTOVOLTAIK – SYSTEM (TPV)

-

Energienutzung über das gesamte Sonnenspektrum

DUROPAN

ENERGIE AUS ABWÄRME aev-net.de



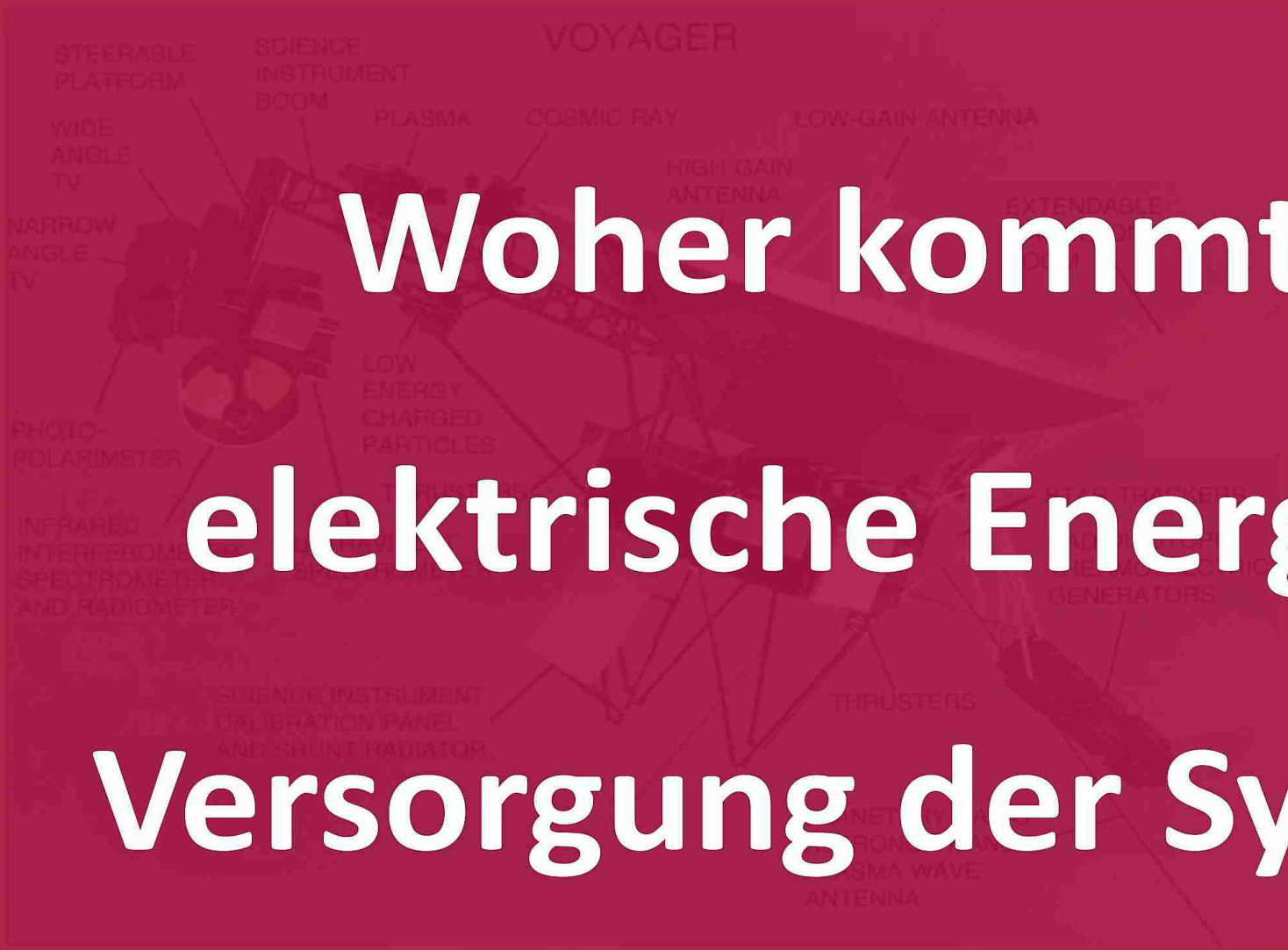
Voyager 1

Start: 05.09.1977

Entfernung zur Sonne:
(Dezember 2012)
Ca. 18,35 Milliarden km
(Licht braucht ≈ 17h)

Hydrazin-Treibstoff
reicht noch ca. 35 Jahre

	Anzahl	Masse	Energieverbrauch
Kommunikationssysteme	16	105,4 kg	Max. 272 Watt
Wissenschaftl. Instrumente	11	148,4 kg	Max. 64 Watt



Voyager 1

Start: 05.09.1977

Entfernung zur Sonne:
(Dezember 2012)
Ca. 18,35 Milliarden km
Lichtgeschwindigkeit (17h)

Hydrazin-Treibstoff
reicht noch ca. 35 Jahre

Woher kommt die elektrische Energie zur Versorgung der Systeme?

	Anzahl	Masse	Energieverbrauch
Kommunikationssysteme	16	105,4 kg	Max. 272 Watt
Wissenschaftl. Instrumente	11	148,4 kg	Max. 64 Watt

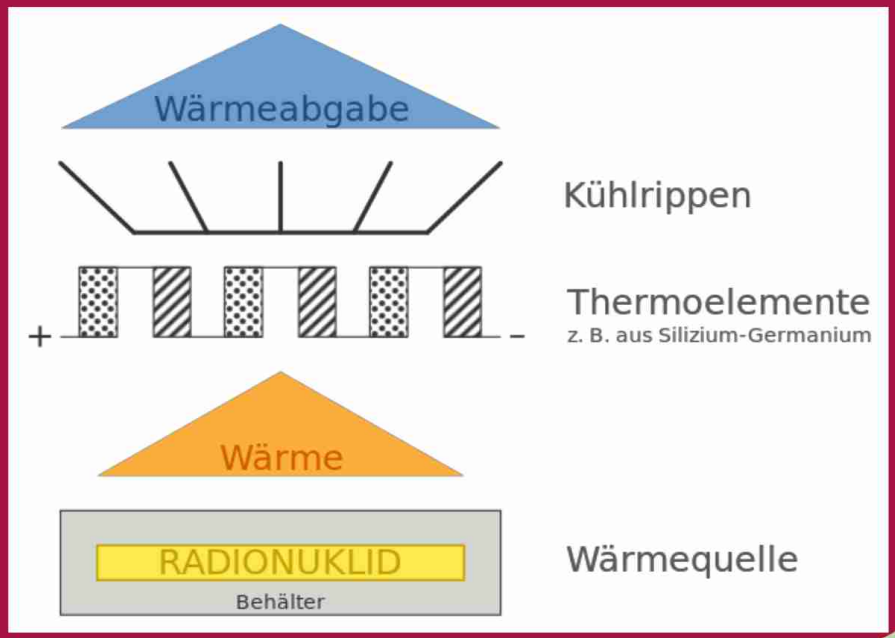
Batterien?

Wiederaufladbare Batterien / Akkus?

Solarzellen?

Radionuklidbatterien / Radioisotopengenerator (RTG)

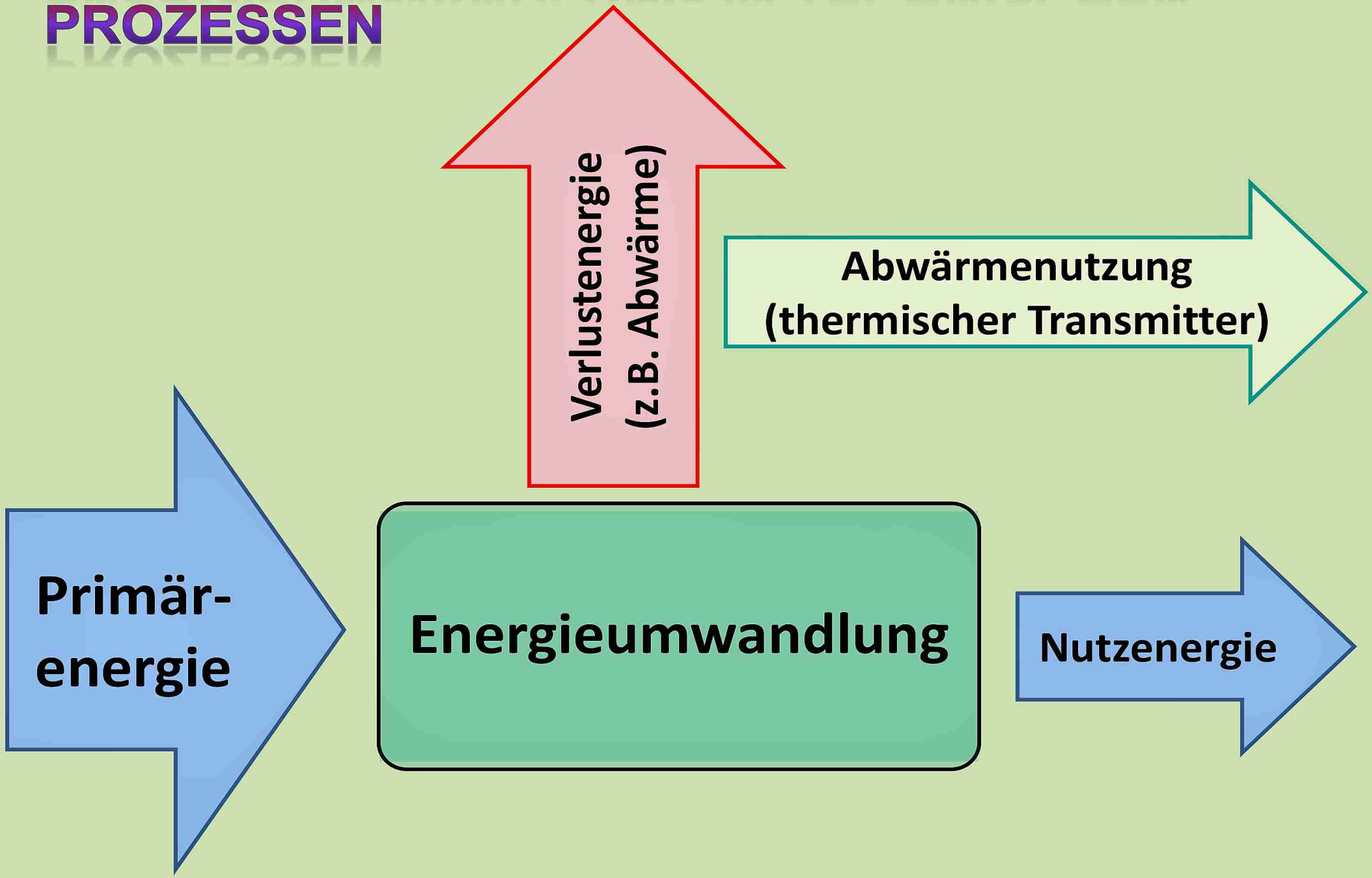
- ^{238}Pu als Plutoniumoxid-Blöcke
- HWZ ca. 87 Jahre
- Wärmeleistung 450 Watt / kg
- 1,4% Energieabnahme / Jahr
- 3 Batterien à 39kg (4,5kg ^{238}Pu)

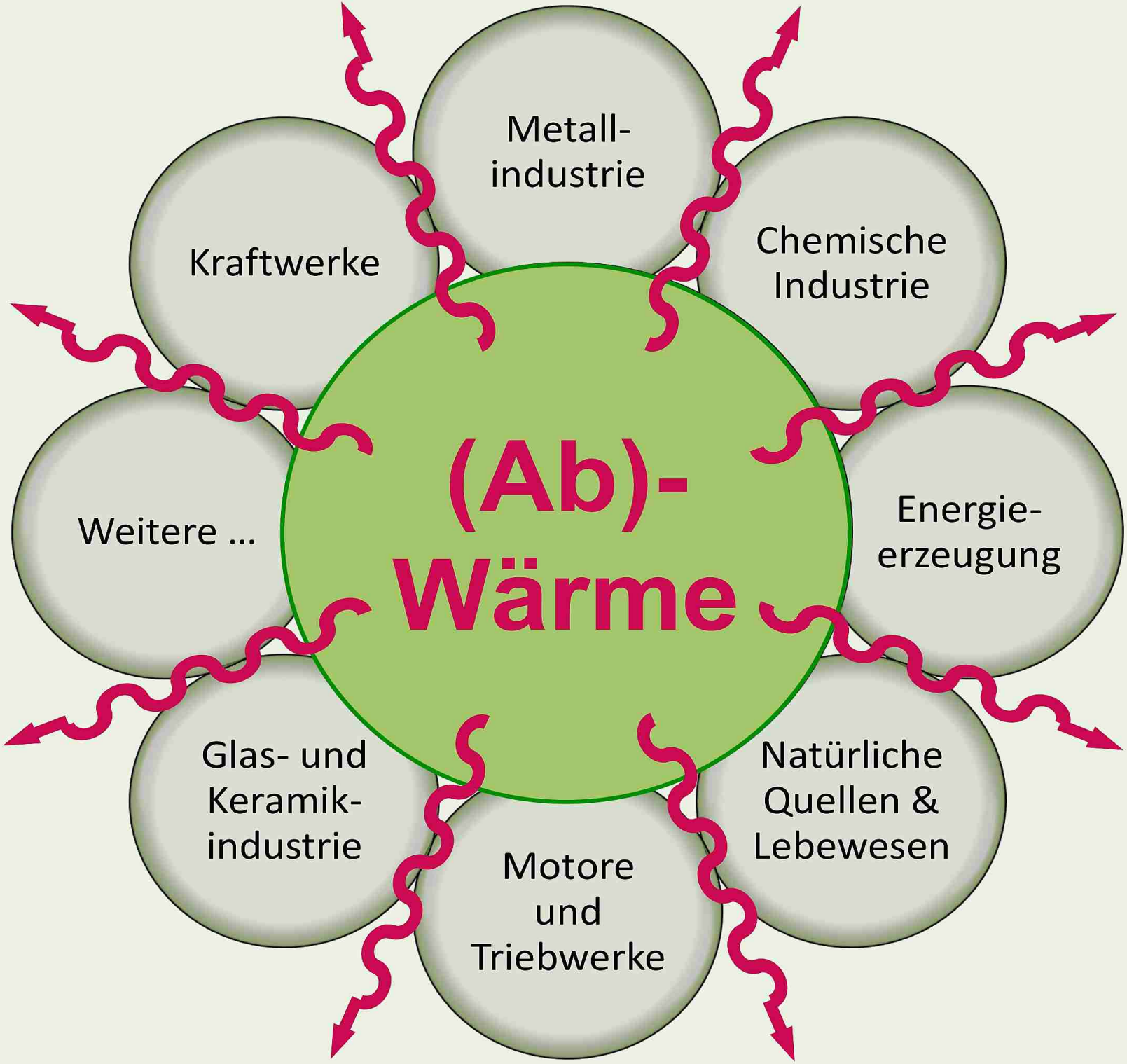


MOTIVATION

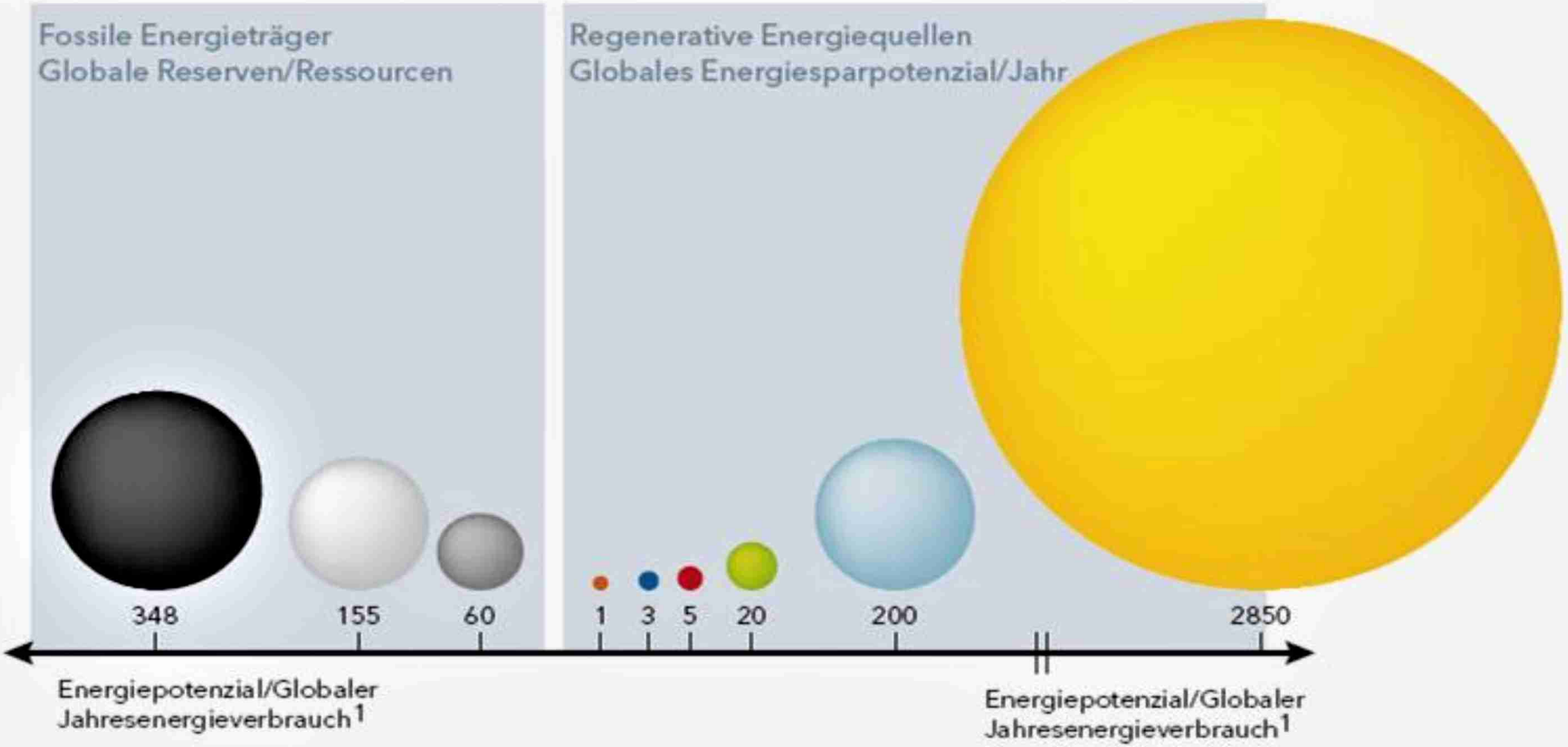
THERMISCHER TRANSMITTER

ENERGIEUMWANDLUNG IN TECHNISCHEN PROZESSEN




(Ab)-
Wärme
Metall-
industrie
Chemische
Industrie
Energie-
erzeugung
Natürliche
Quellen &
Lebewesen
Motore
und
Triebwerke
Glas- und
Keramik-
industrie
Weitere ...
Kraftwerke

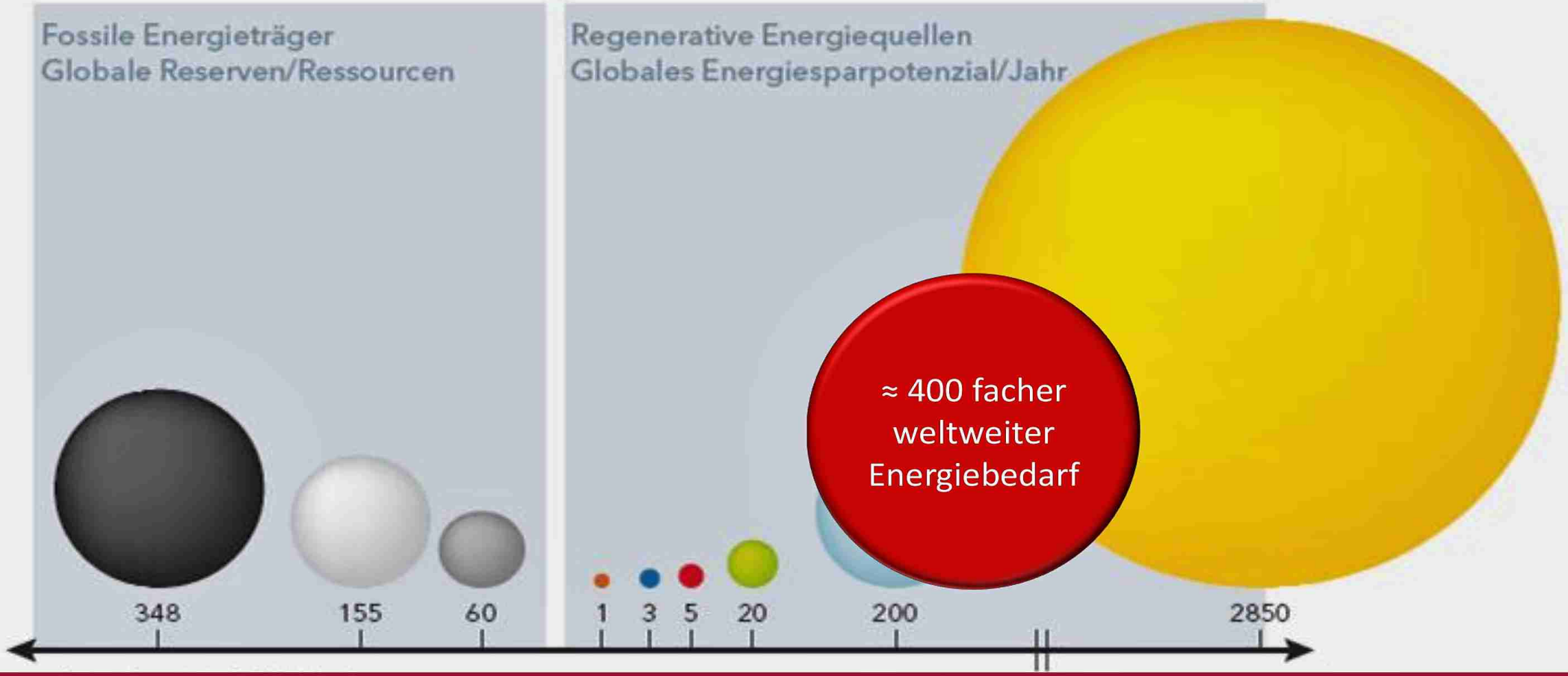
Aus 1 Liter Kraftstoff entstehen:



	Energiepotenzial Reserven/Ressourcen[2]	Davon konventionell nutzbar[2]
Kohle	~ 135.000 EJ	
Erdgas	~ 60.400 EJ	~ 12.000 EJ
Erdöl	~ 23.000 EJ	~ 9.800 EJ

Weltweiter Energiebedarf 2006: ~ 470 EJ

	Energiepotenzial Energiemenge p. a.[2]	Technisch nutzbar (Stand der Technik)[2]
Solarstrahlung	~ 1.111.500 EJ	~ 1.482 EJ
Windenergie	~ 78.000 EJ	~ 195 EJ
Biomasse	~ 7.800 EJ	~ 156 EJ
Erdwärme	~ 1.950 EJ	~ 390 EJ
Hydroenergie (Wasserkraft/Gezeiten)	~ 1.170 EJ	~ 78 EJ



Energiepotential für Thermischen Transmitter:

- 49% von Solar sind Wärme; 8h am Tag
- 1/3 der Endenergie wird als Wärme in die Umwelt entlassen
- Erzeugung der Endenergie bringt nochmals 1/3 Wärme

Gesamt: ≈ 182.000 EJ

Motivation

- End-Energieverbrauch (2012) in Deutschland ~ 9.000 PetaJoule (PJ = 10^{15}J)
- Mind. 30% davon, d.h. ~ 2.700 PJ gelangen in Form von Wärmeenergie ungenutzt in die Umwelt (750 Mrd. kWh)
- Ca. 1 – 5% sind derzeit mit Hilfe des Thermischen Transmitters direkt als elektrische Energie zu ernten
- Möglicher Ertrag bei 0,2 EUR/kWh =

  1,5 … 7,5 Mrd. EUR (Tendenz steigend)

Energy Harvesting (Energie-Ernten)

- **neue innovative Technologien**, um ansonsten **verlorene Energien** zu verwerten

- Direkte Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie **ohne** mechanische Elemente

- Entwicklung und Herstellung thermomotorischer Polymere auf der Basis von Carbon-Nanotubes und anderen Nanopartikeln **(Thermischer Akkumulator)** mit einem extrem hohen Adsorptionsvermögen für Wärmeenergie

INNOVATION 1

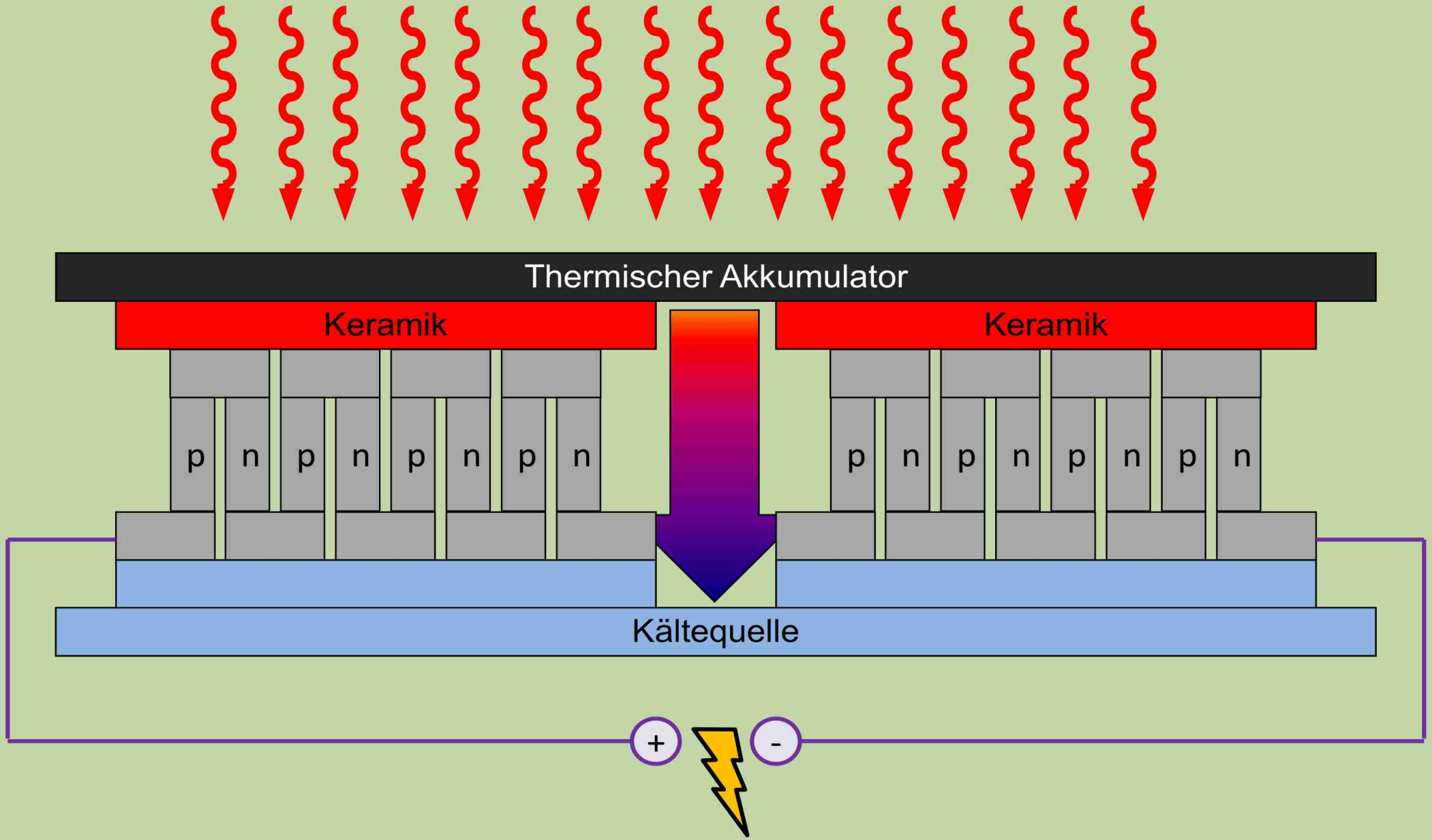
THERMISCHER TRANSMITTER (TT)

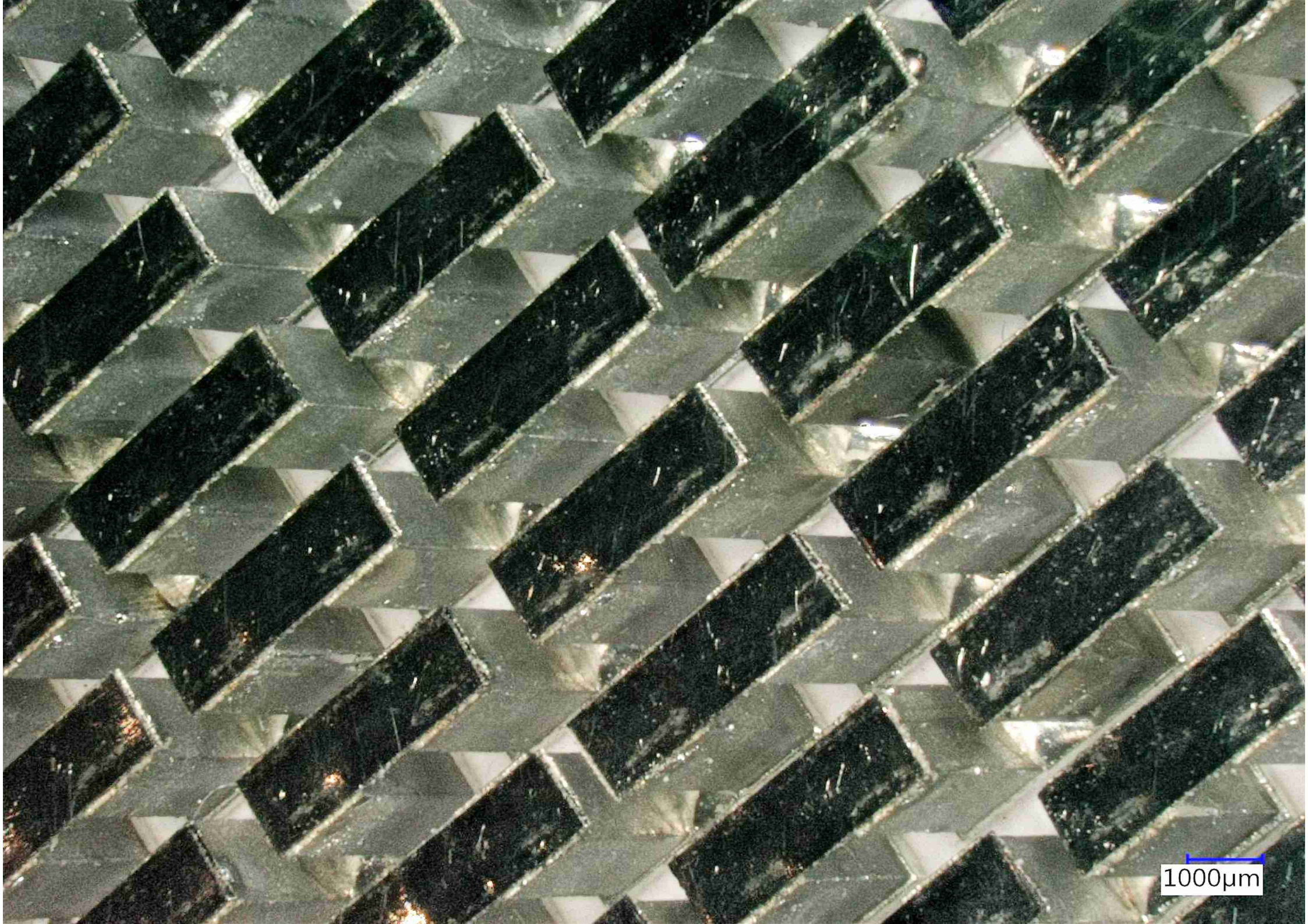
Energieumwandlungen

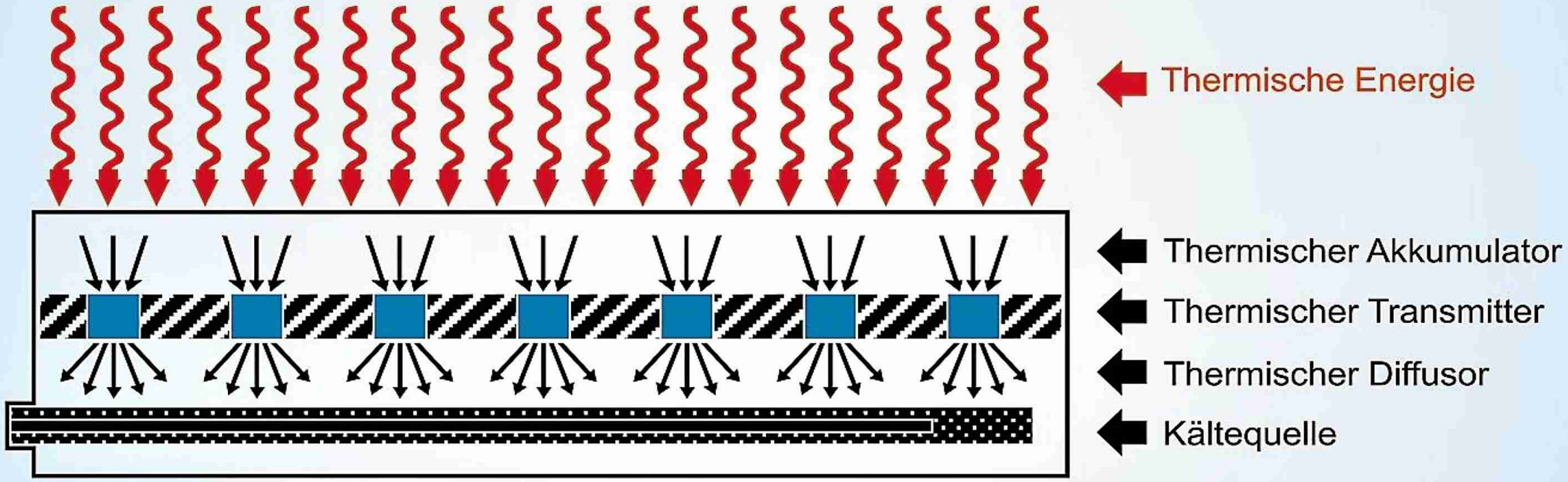
	Mechanische Energie	**Thermische Energie**	**Strahlungs-energie**	**Elektrische Energie**	**Chemische Energie**	**Nukleare Energie**
Mechanische Energie	Getriebe	Bremsen	Synchroton-strahlung	Generator	Eischnee	Reaktionen im Teilchen-beschleuniger
Thermische Energie	Dampfturbine	Wärme-übertrager	Glühendes Metall	Thermo-element	Hochofen	Supernova
Strahlungs-energie	Radiometer	Solarkollektor	Nichtlineare Optik	Solarzelle	Photosynthese	Kernphoto-effekt
Elektrische Energie	Elektromotor	Elektroherd	Blitz	Transformator	Akkumulator	
Chemische Energie	Muskel	Ölheizung	Glüh-würmchen	Brennstoff-zelle	Kohle-vergasung	
Nukleare Energie	Schnelle Neutronen	Sonne	Gamma-strahlen	Radio-isotopen-generator	Radiolyse	Brutreaktor

Wirkprinzip:

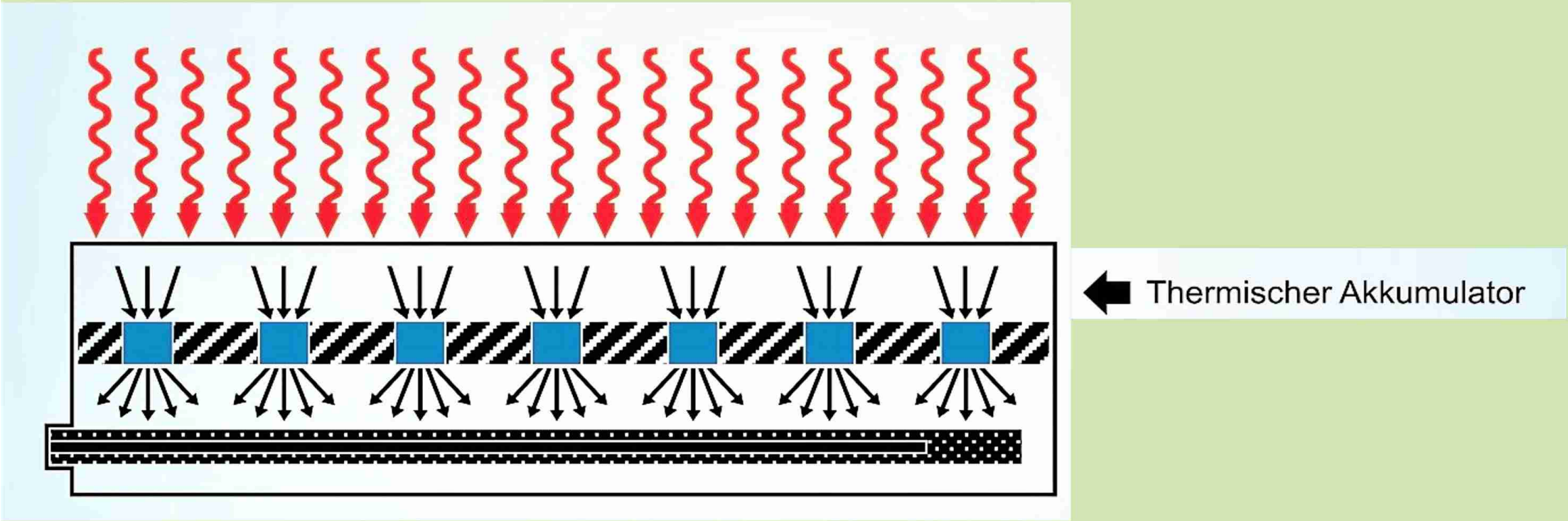
Differenzen erzeugen Spannungen




1000µm



- Technologie:
  - Direkte Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie durch die Herstellung einer Kunststoffoberfläche mit einem extrem hohen Adsorptionsvermögen für Wärmeenergie (Infrarot) – Thermischer Akkumulator



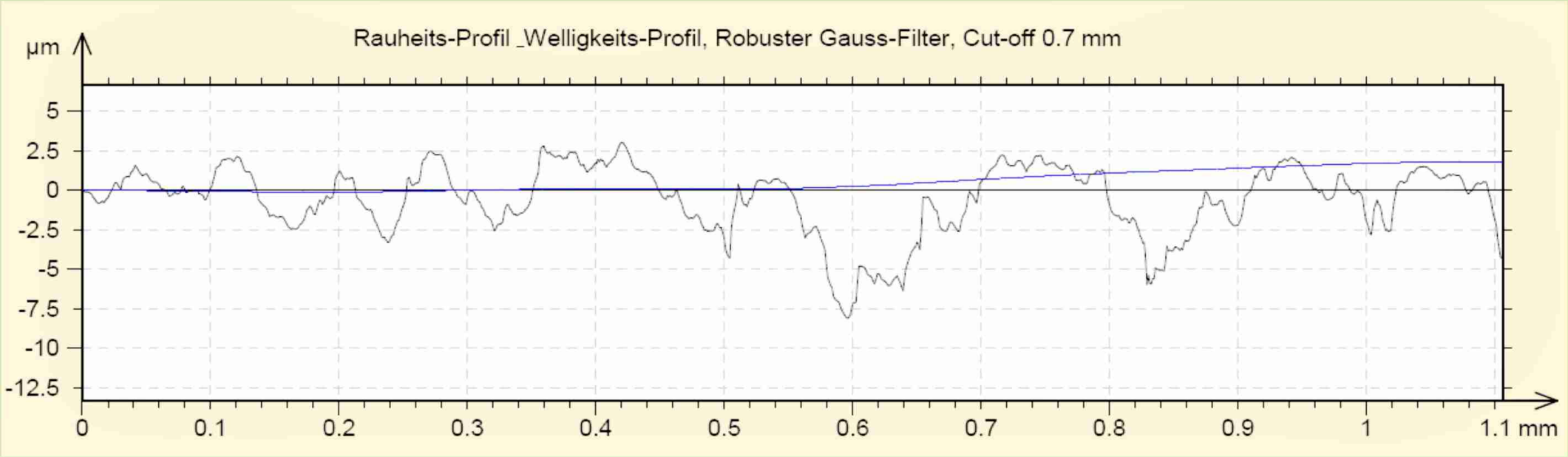
Thermischer Akkumulator:

- 2-Komponentensystem, lösemittelfrei, flüssig appliziert
- Deckschicht <u>und</u> gleichzeitig Klebstoff für TEG
- Nanoskalige IR-absorbierende Pigmente (n- und/oder p-leitend; Wellenlänge > 800nm)
- Andere nanoskalige Elektronenspender
- Carbon-Nanotubes; 6000 W / (m · K)

NANOPARTIKEL UND OBERFLÄCHEN

Thermische Kopplung an Oberflächenstrukturen

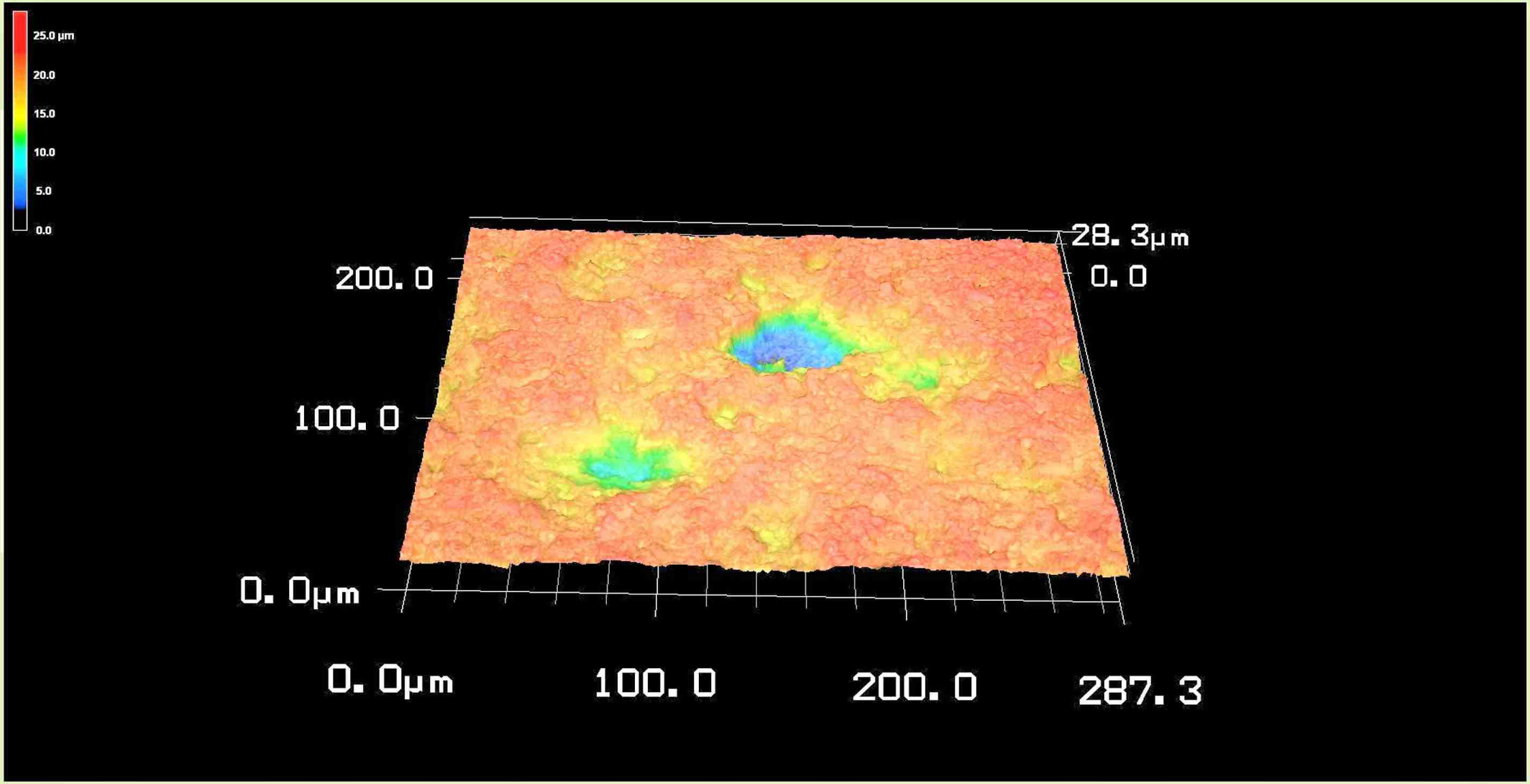
➔ CNT + Nanopartikel dringen in die Kavitäten der Oberfläche ein



NANOPARTIKEL UND OBERFLÄCHEN

Thermische Kopplung an Oberflächenstrukturen

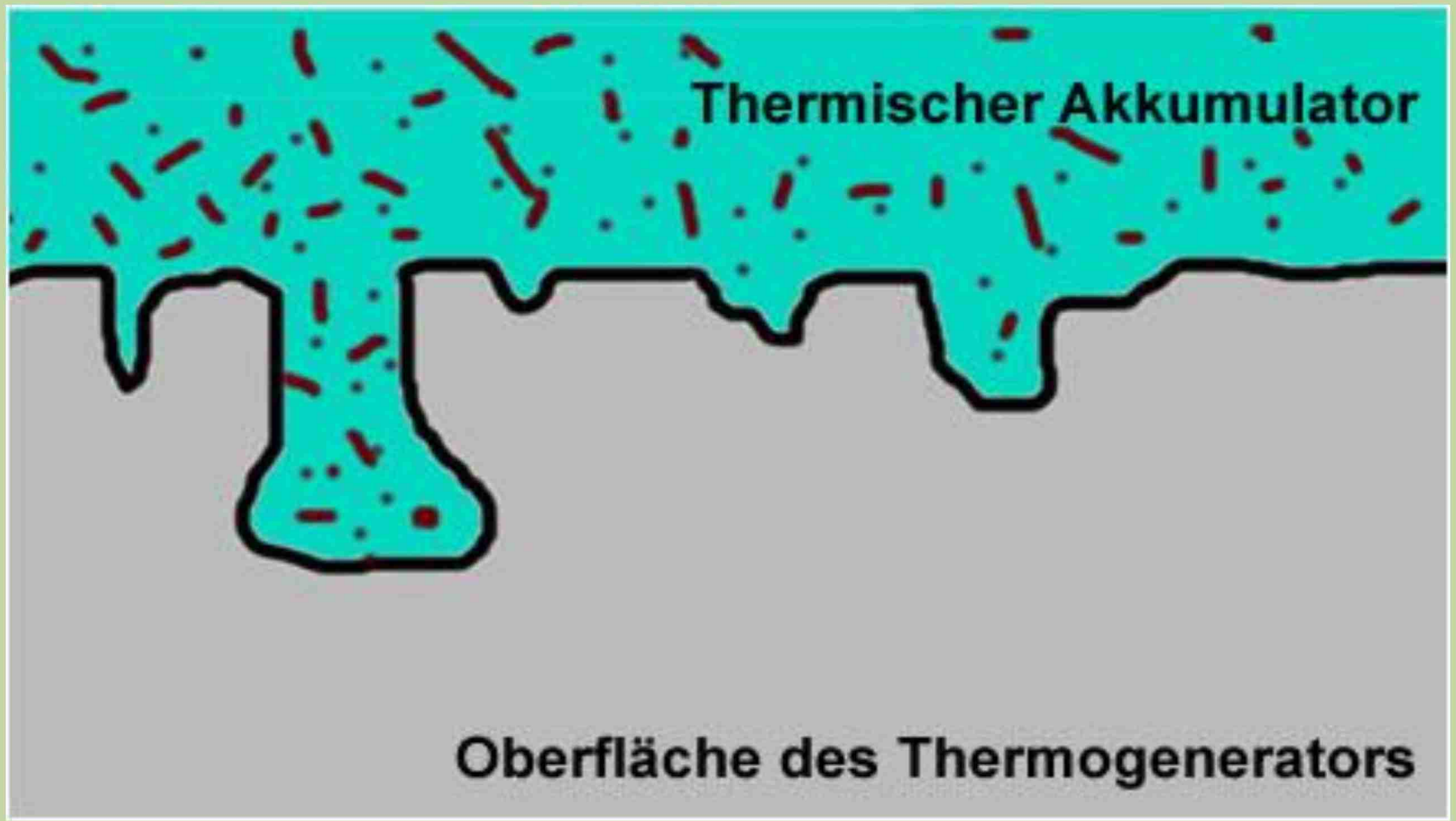
➔ CNT + Nanopartikel dringen in die Kavitäten der Oberfläche ein



NANOPARTIKEL UND OBERFLÄCHEN

Thermische Kopplung an Oberflächenstrukturen

➔ CNT + Nanopartikel dringen in die Kavitäten der Oberfläche ein



INTEGRATION

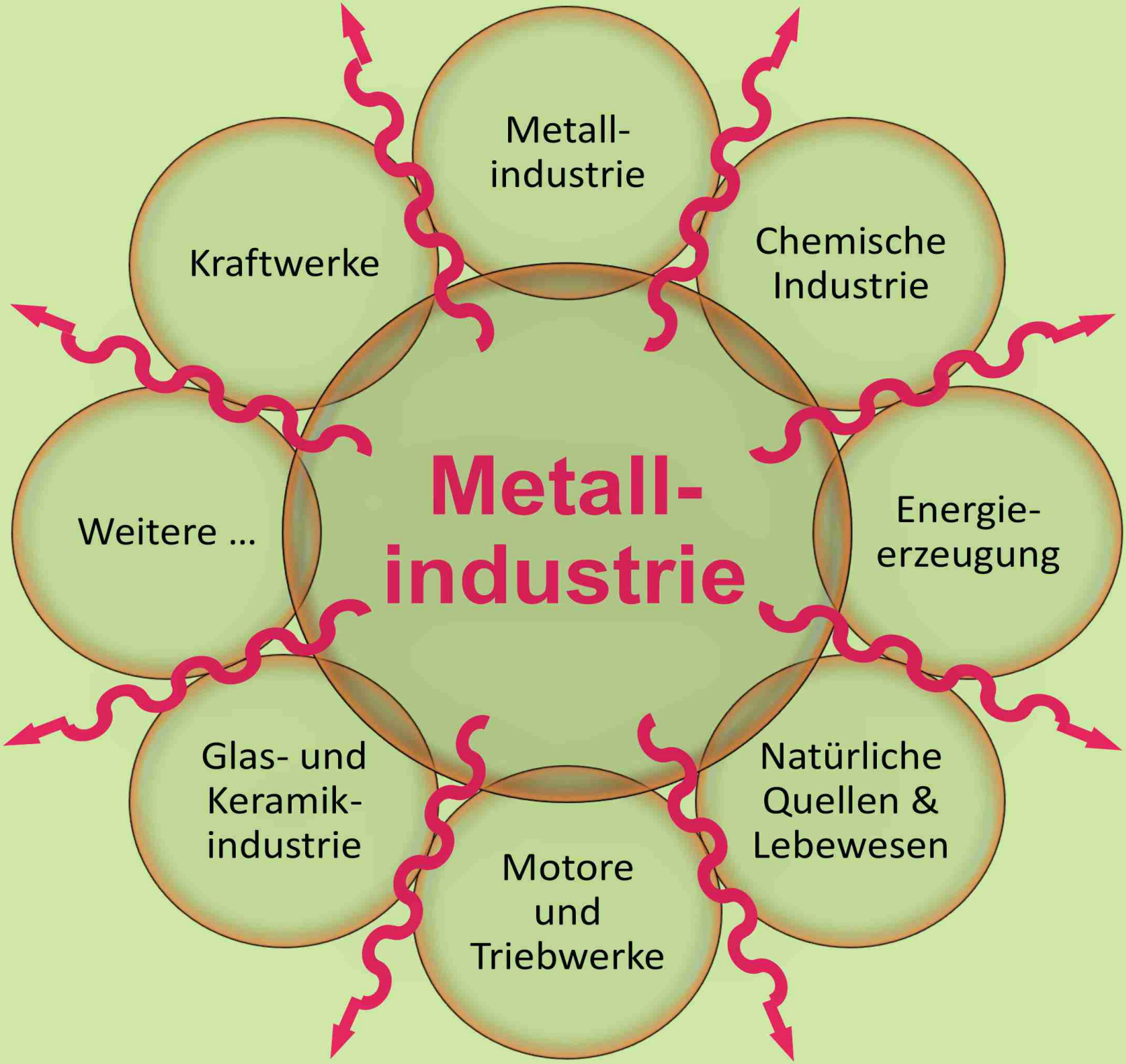
THERMISCHER TRANSMITTER

EINSATZVORAUSSETZUNGEN

- Ausreichendes Wärmeangebot
- Temperaturdifferenz realisierbar

EINSATZMÖGLICHKEITEN

- Stahlindustrie, Aluminiumproduktion, Metallerzeugung
- Kältetechnik
- Kraftwerke und Verbrennungsmaschinen
- Nutzung von Sonnenstrahlung und Erdwärme
- …


Metall-
industrie
Metall-
industrie
Chemische
Industrie
Energie-
erzeugung
Natürliche
Quellen &
Lebewesen
Motore
und
Triebwerke
Glas- und
Keramik-
industrie
Weitere ...
Kraftwerke

Einsatzvoraussetzungen

- Ausreichendes Wärmeangebot
- Ausreichende Temperaturdifferenz ($\Delta T > 40K$)

Energiepotential Stahlproduktion*

Deutschland:
50 Mio. Tonnen Stahl pro Jahr

→

Energieeinsatz:
5 kWh pro kg

→

Gesamtverbrauch:
250 Mio. MWh

25% für Energy Harvesting
(63 Mio. MWh)

→

Energiegewinn:
0,63 Mio. MWh bei $\Delta T = 40 \ldots 80K$

Energiepreis:
0,20 EUR/KWh

Erlös: 126 Mio. EUR

** Simulationsprogramm „Generator“*

THERMISCHER TRANSMITTER FÜR WALDMONITORING MIT PERIPHERIEGERÄTEN

(VOR DER AUSLIEFERUNG)

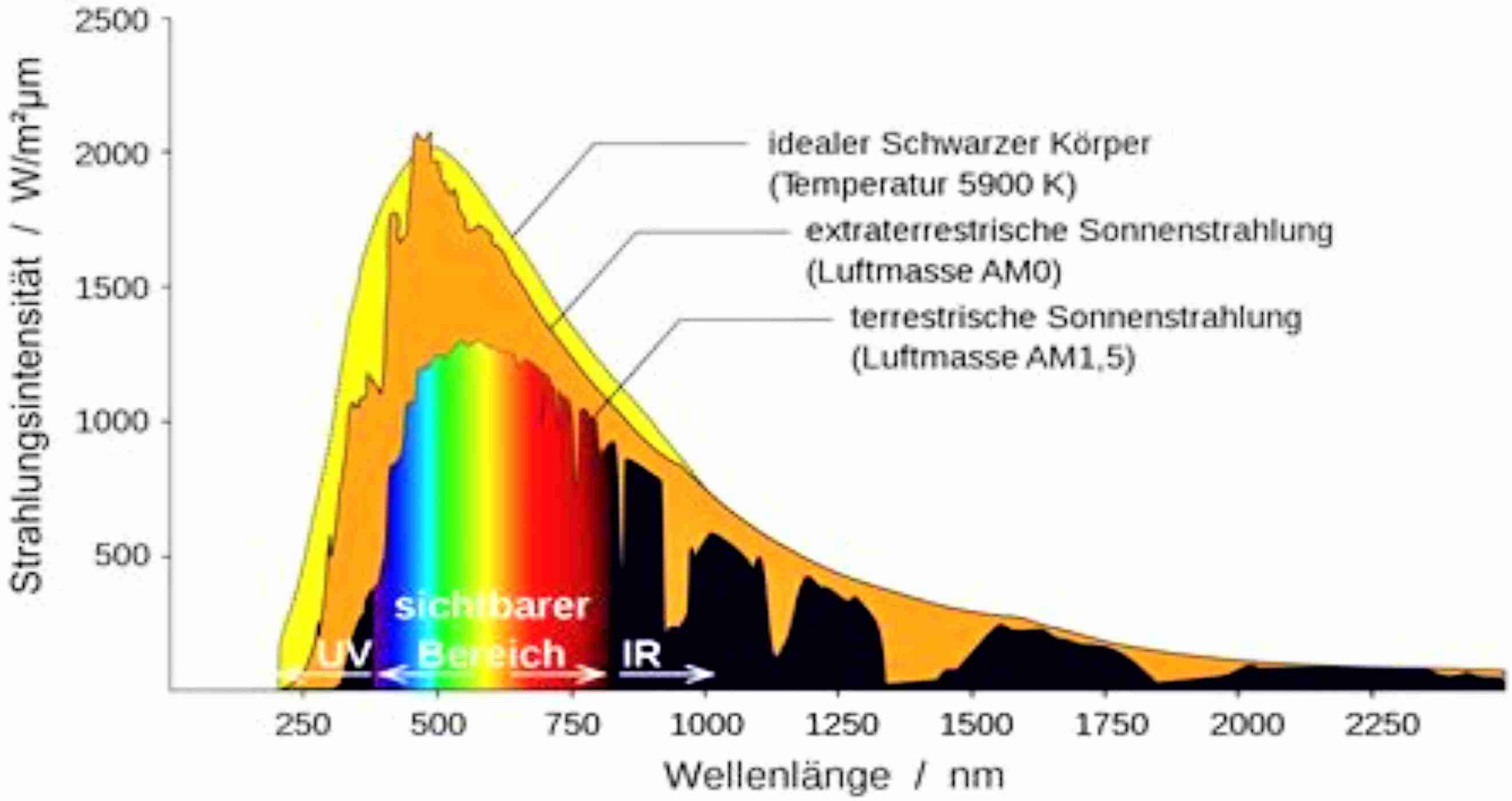
THERM. TRANSMITTER FÜR WALDMONITORING

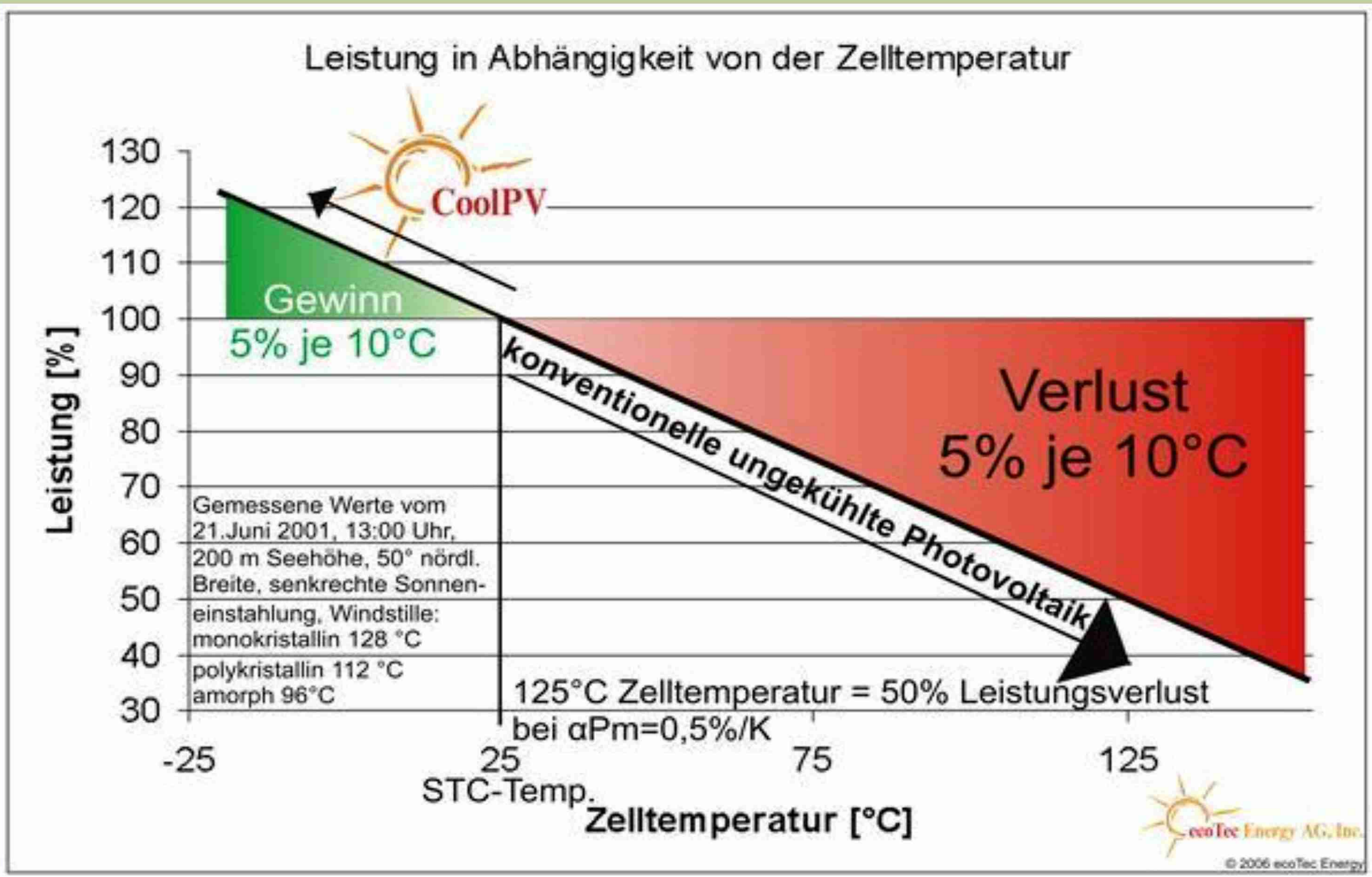
IN 18M HÖHE IN DER SCHORFHEIDE

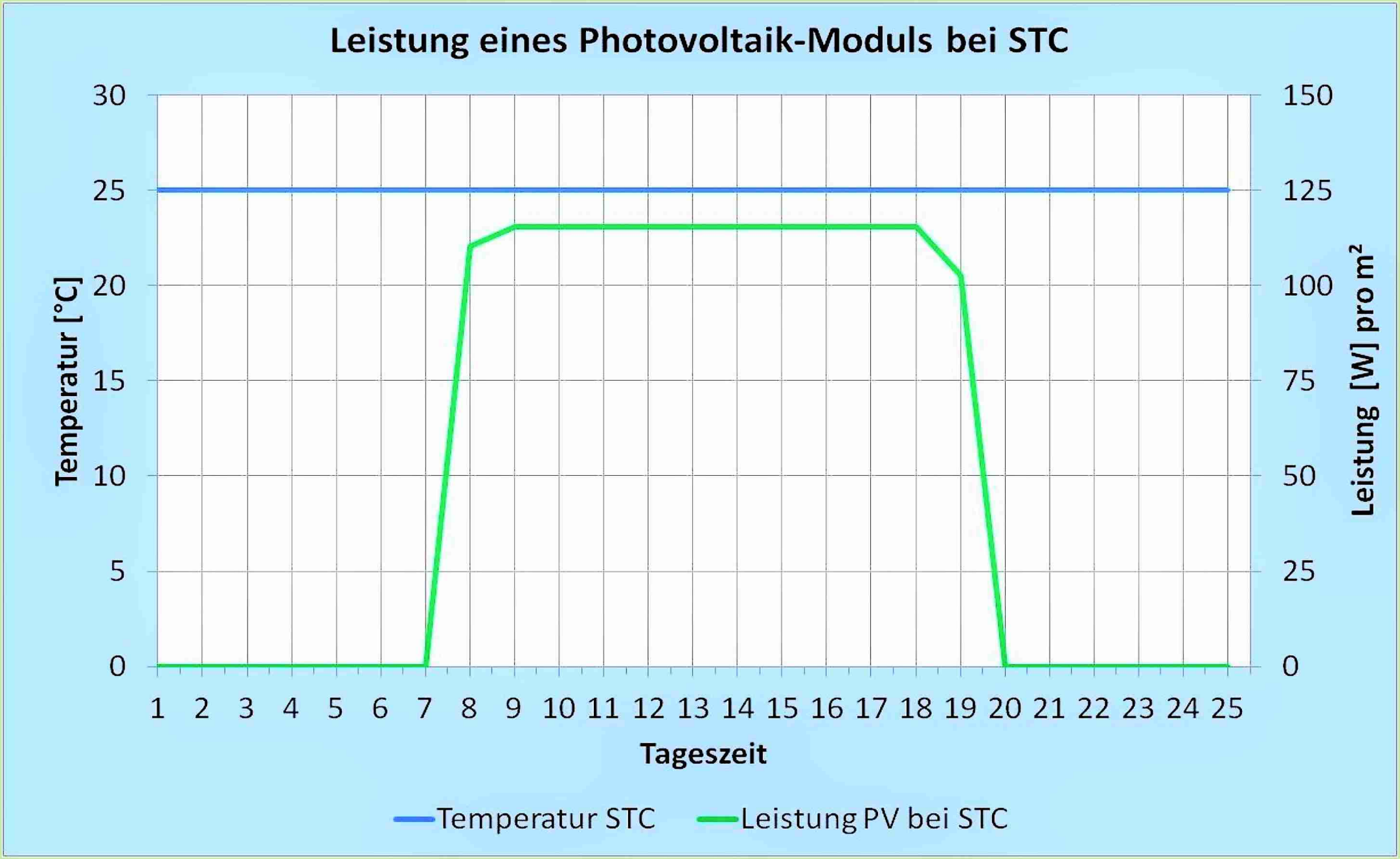
LATENTER SPEICHER FÜR WÄRMEENERGIE

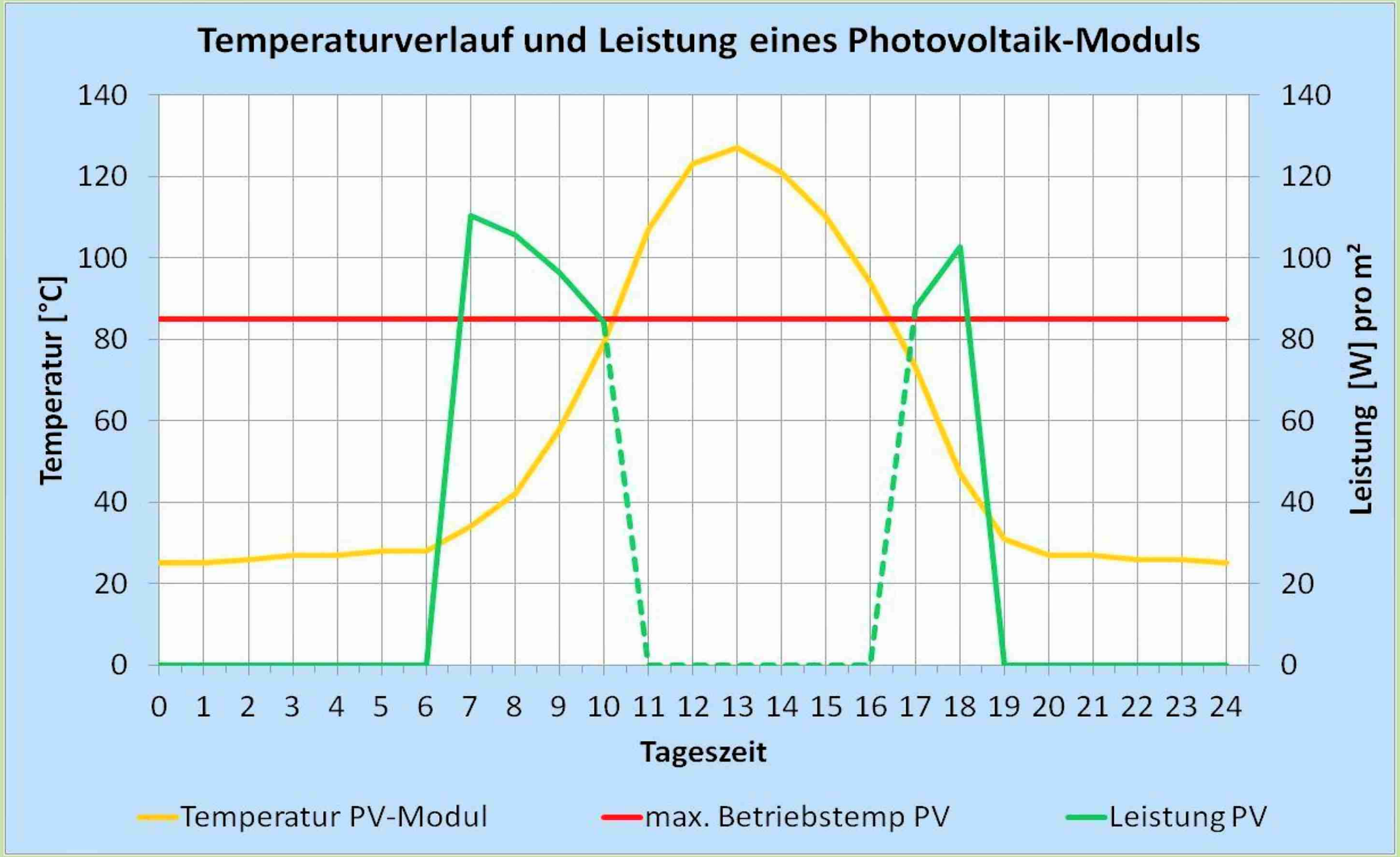
SOLAR HEUTE

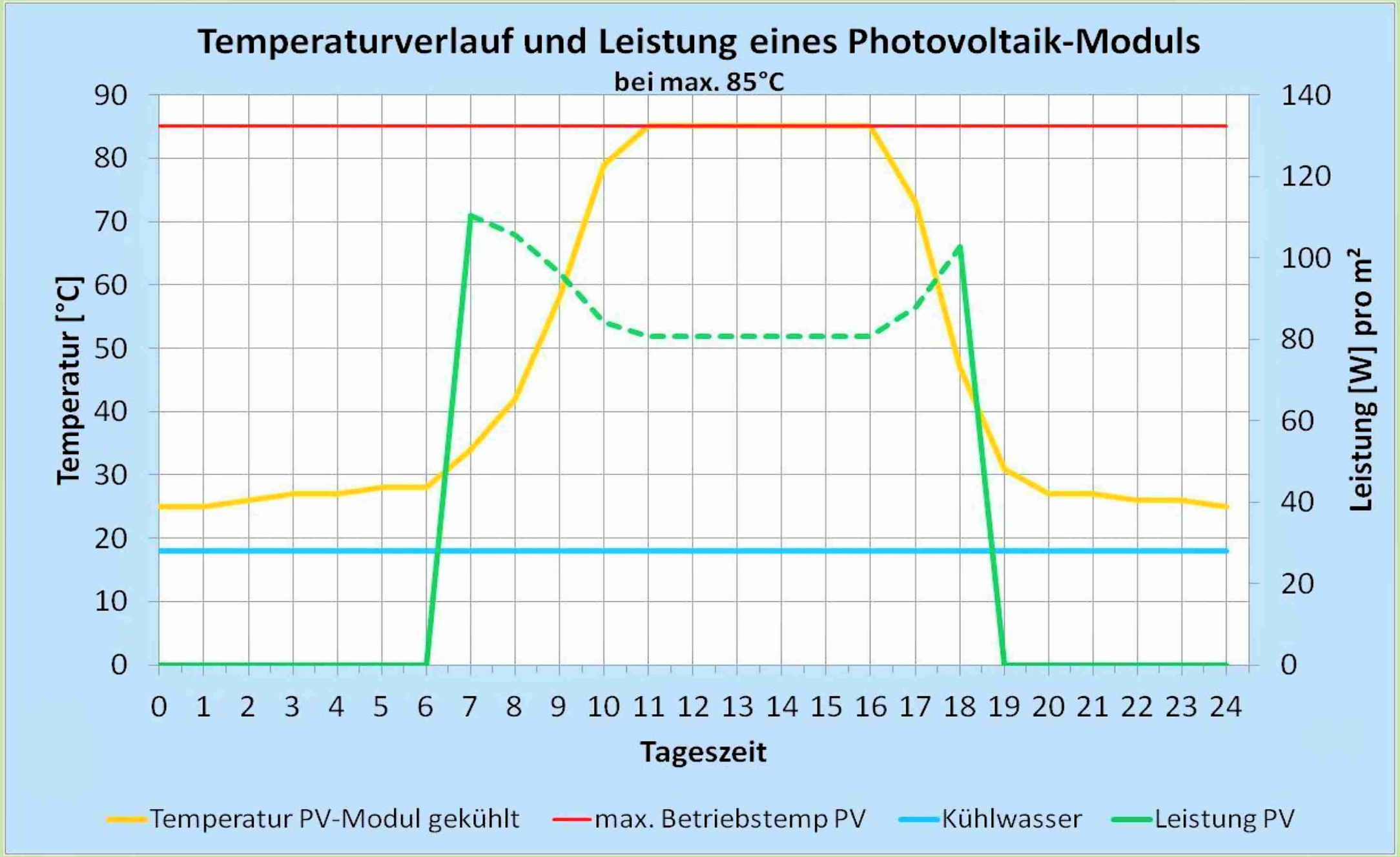
(PV)


Strahlungsintensität / W/m²µm
2500
2000
1500
1000
500
idealer Schwarzer Körper
(Temperatur 5900 K)
extraterrestrische Sonnenstrahlung
(Luftmasse AM0)
terrestrische Sonnenstrahlung
(Luftmasse AM1,5)
sichtbarer
UV
Bereich
IR
250
500
750
1000
1250
1500
1750
2000
2250
Wellenlänge / nm


Leistung in Abhängigkeit von der Zelltemperatur
CoolPV
Gewinn
5% je 10°C
konventionelle ungekühlte Photovoltaik
Verlust
5% je 10°C
Gemessene Werte vom 21.Juni 2001, 13:00 Uhr, 200 m Seehöhe, 50° nördl. Breite, senkrechte Sonnen-einstahlung, Windstille:
monokristallin 128 °C
polykristallin 112 °C
amorph 96°C
125°C Zelltemperatur = 50% Leistungsverlust
bei αPm=0,5%/K
Leistung [%]
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
-25
25
75
125
STC-Temp.
Zelltemperatur [°C]
ecoTec Energy AG, Inc.
© 2006 ecoTec Energy


Leistung eines Photovoltaik-Moduls bei STC
Temperatur [°C]
Leistung [W] pro m²
30
25
20
15
10
5
0
150
125
100
75
50
25
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
Tageszeit
Temperatur STC
Leistung PV bei STC

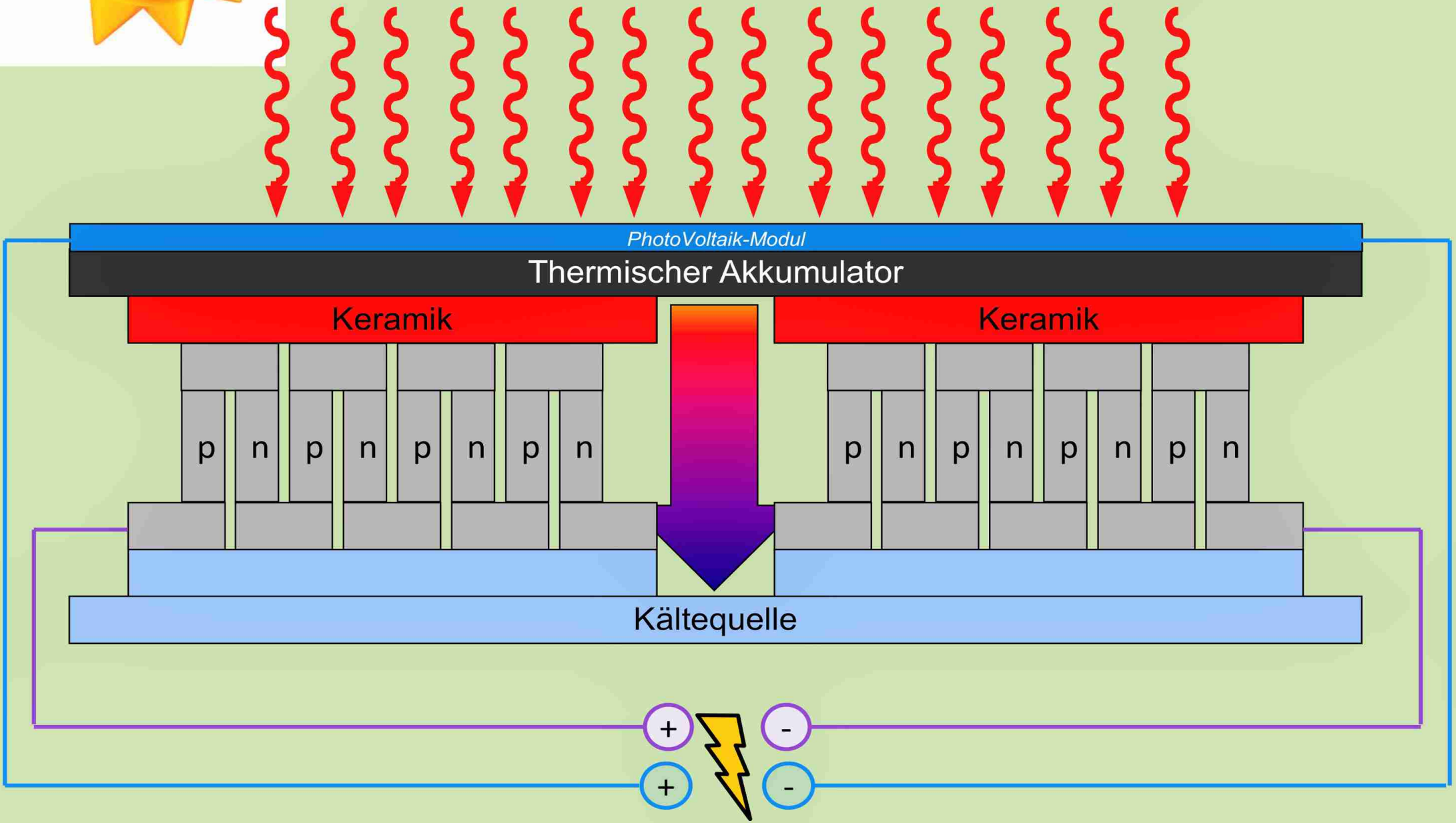

Temperaturverlauf und Leistung eines Photovoltaik-Moduls
Temperatur [°C]
Leistung [W] pro m²
140
120
100
80
60
40
20
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Tageszeit
Temperatur PV-Modul
max. Betriebstemp PV
Leistung PV

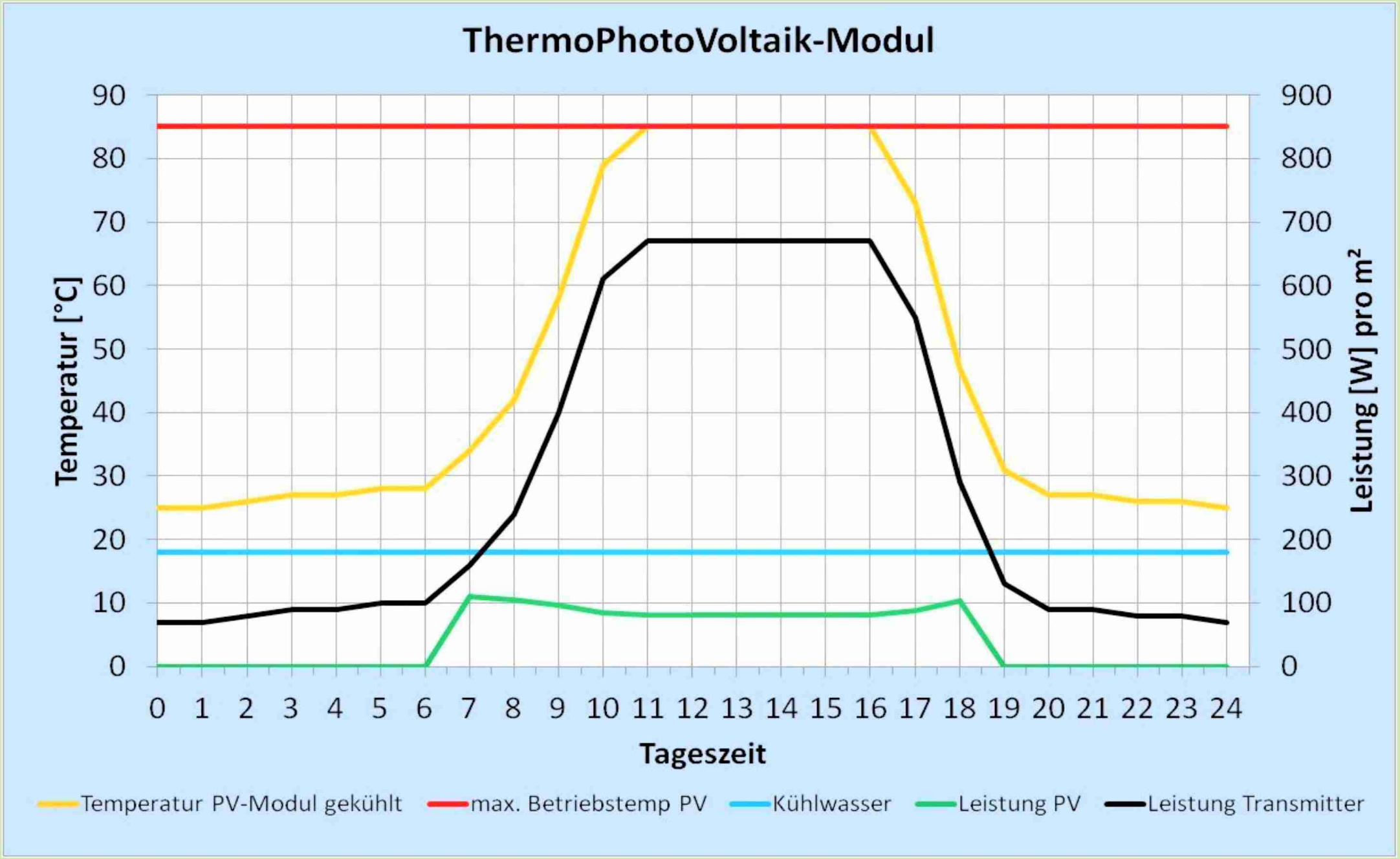

Temperaturverlauf und Leistung eines Photovoltaik-Moduls
bei max. 85°C
Temperatur [°C]
Leistung [W] pro m²
Tageszeit
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
0 20 40 60 80 100 120 140
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Temperatur PV-Modul gekühlt
max. Betriebstemp PV
Kühlwasser
Leistung PV

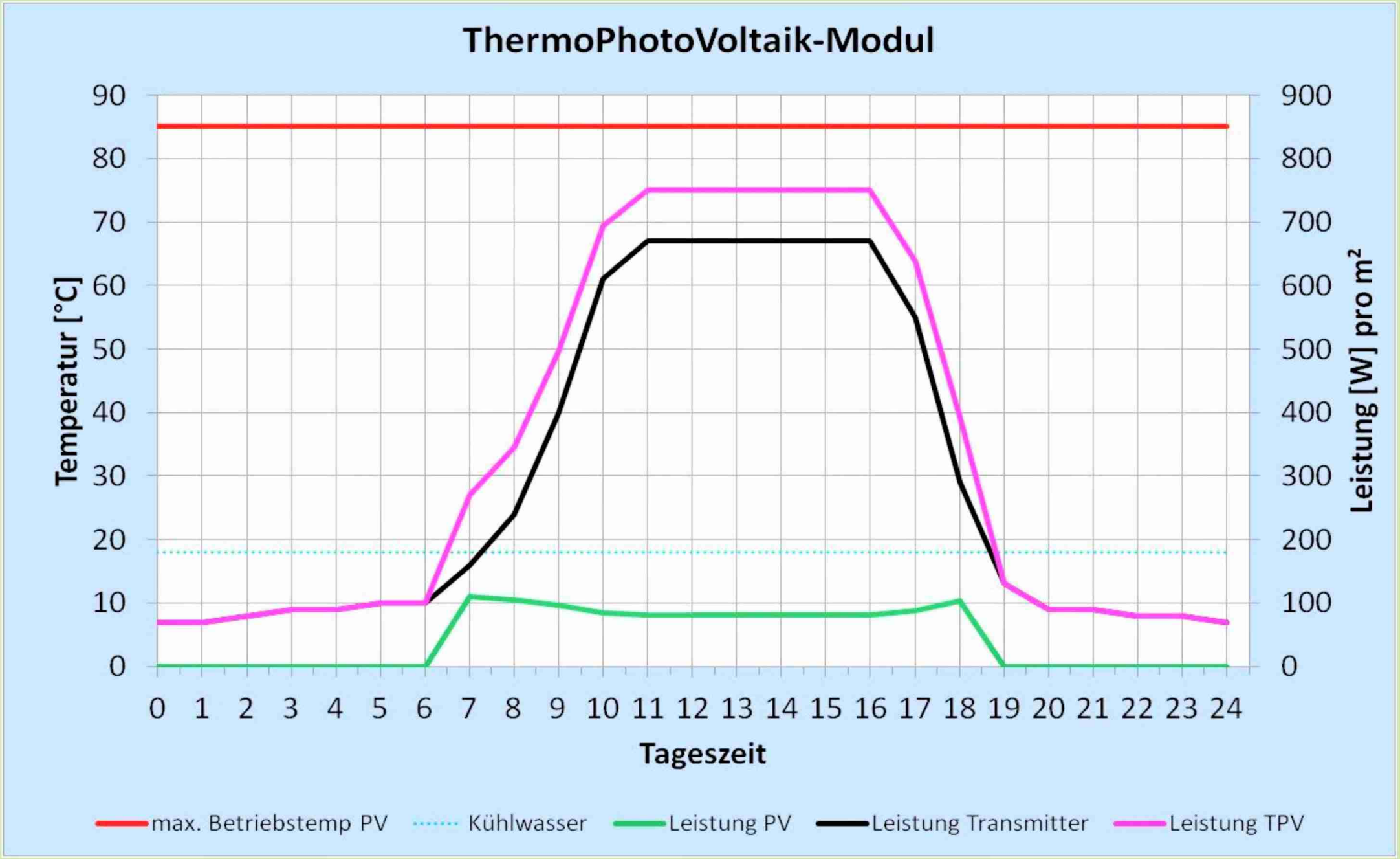
INNOVATION 2

THERMOPHOTOVOLTAIK
(TT + PV = TPV)

PRINZIP DES THERMO-PHOTOVOLTAIK-SYSTEMS (TPV)

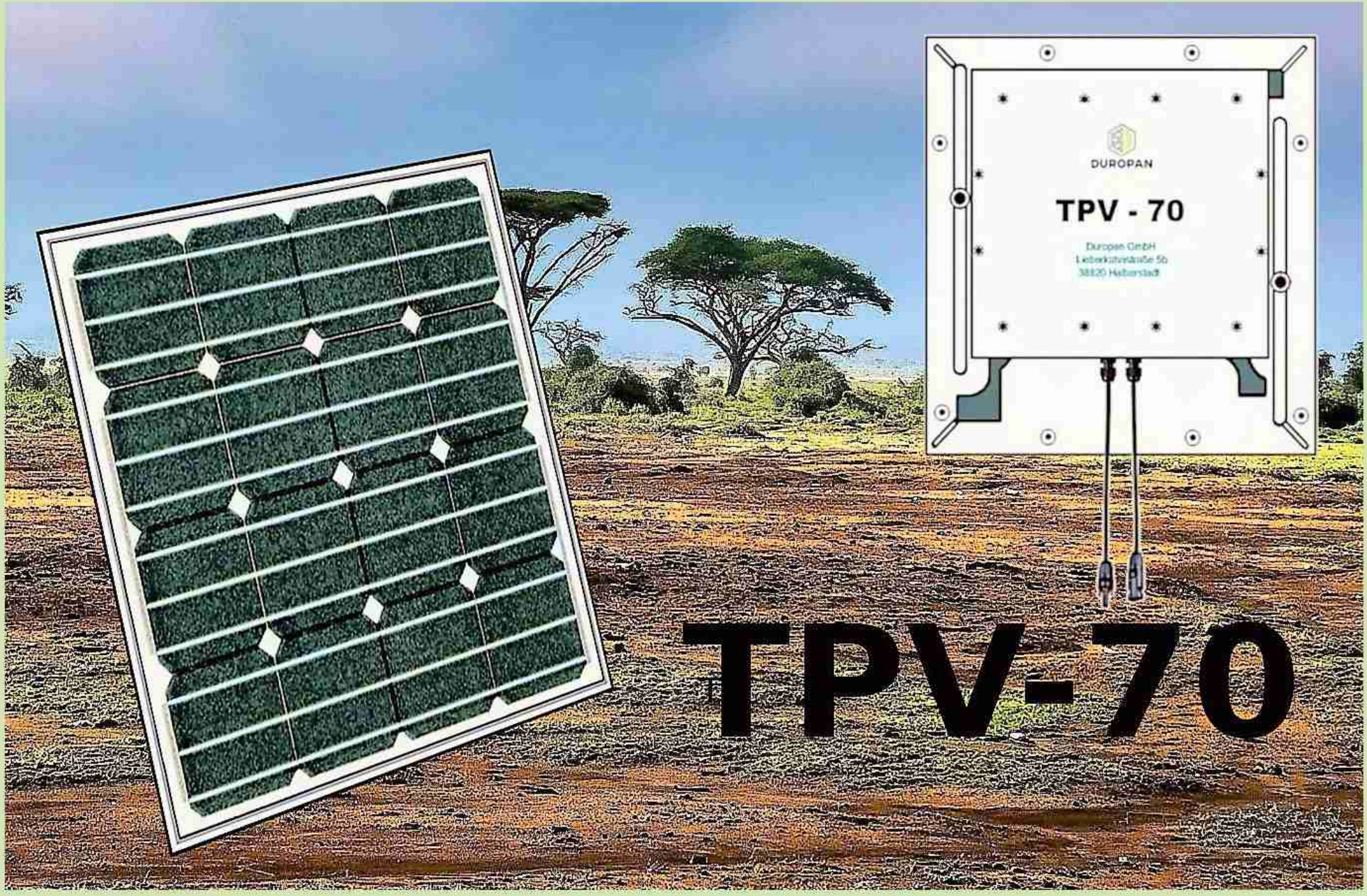



ThermoPhotoVoltaik-Modul
Temperatur [°C]
Leistung [W] pro m²
Tageszeit
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
0 100 200 300 400 500 600 700 800 900
Temperatur PV-Modul gekühlt
max. Betriebstemp PV
Kühlwasser
Leistung PV
Leistung Transmitter

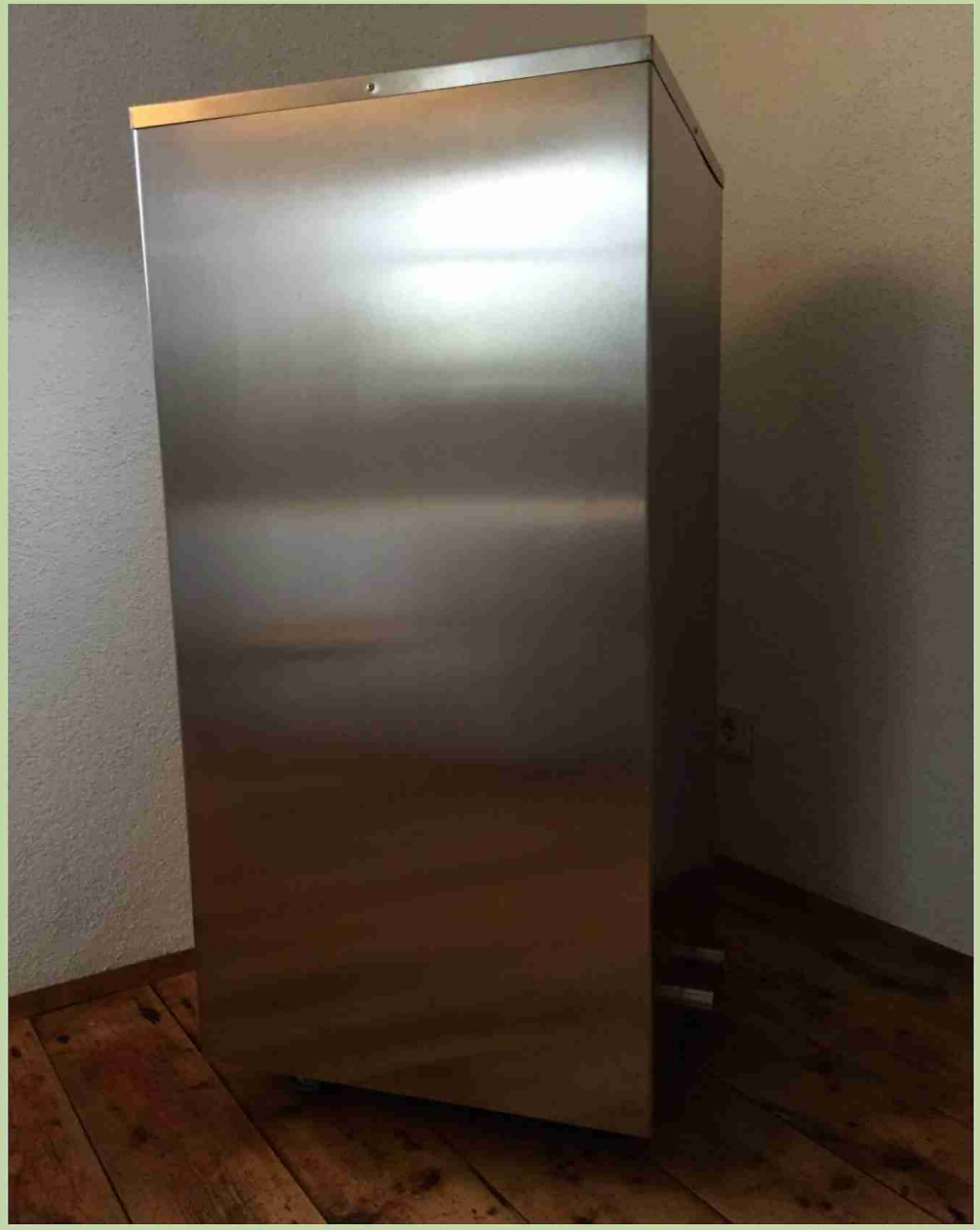

ThermoPhotoVoltaik-Modul
Temperatur [°C]
Leistung [W] pro m²
Tageszeit
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
0 100 200 300 400 500 600 700 800 900
max. Betriebstemp PV
Kühlwasser
Leistung PV
Leistung Transmitter
Leistung TPV

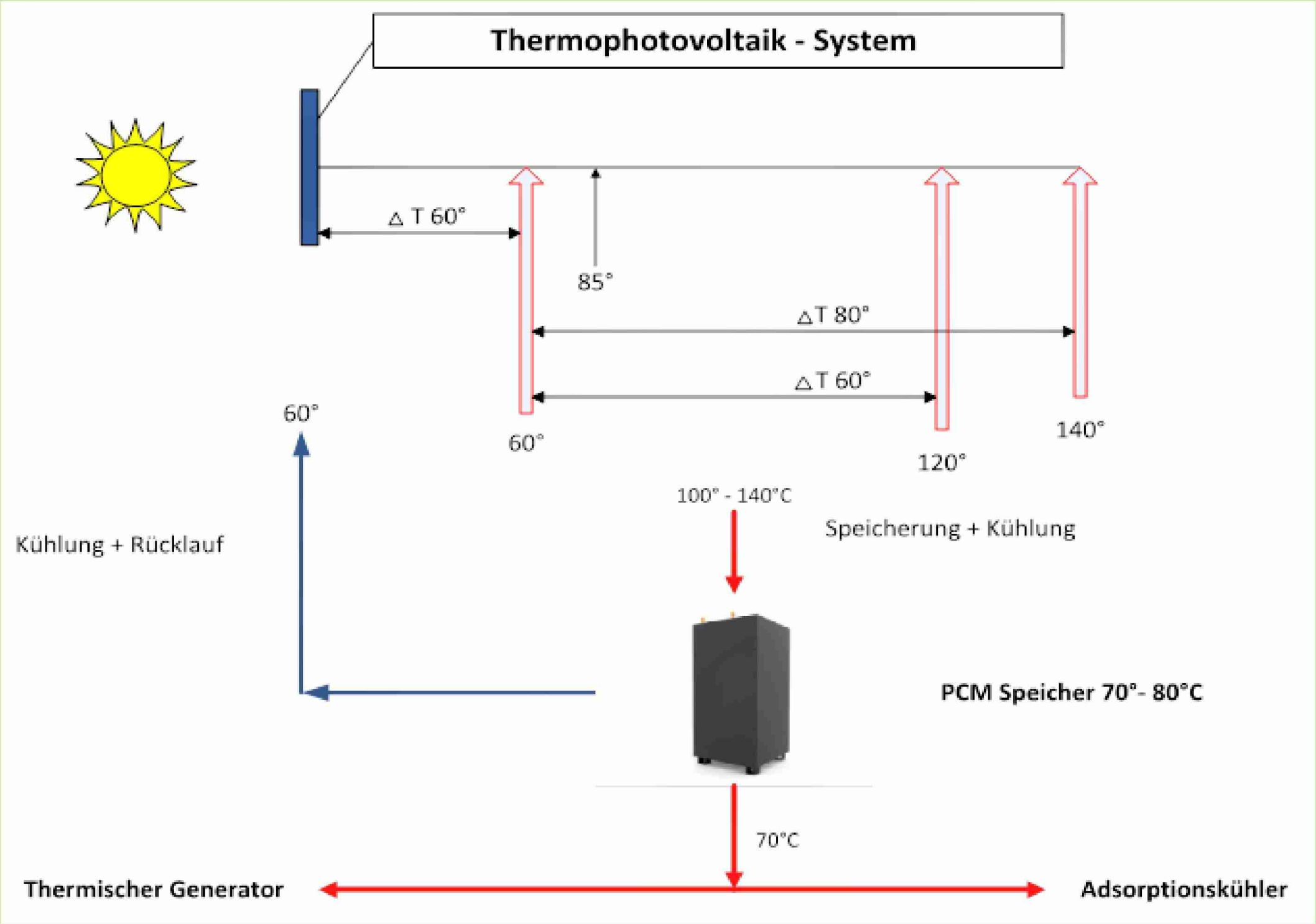
+++ AKTIVE INTELLIGENTE FASSADE +++
THERMO
PHOTO
VOLTAIK
System

+++ AKTIVE INTELLIGENTE FASSADE +++
AKTIVE INTELLIGENTE FASSADE
THERMO
PHOTO
VOLTAIK
System
AKTIVE INTELLIGENTE FASSADE
+++ AKTIVE INTELLIGENTE FASSADE +++


DUROPAN
TPV - 70
Duropan GmbH
Leiberkühnstraße 5b
38820 Halberstadt
TPV-70

SPEICHER FÜR WÄRMEENERGIE




Thermophotovoltaik - System
△ T 60°
85°
△T 80°
△T 60°
60°
60°
120°
140°
100° - 140°C
Speicherung + Kühlung
Kühlung + Rücklauf
PCM Speicher 70°- 80°C
70°C
Thermischer Generator
Adsorptionskühler

SUMMARY

TAGESLEISTUNGEN von PV und TPV

Das Thermo-Photovoltaik-System (TPV) ist ein System, welches in der Lage ist, das gesamte Sonnenspektrum energetisch zu nutzen und die thermischen Nachteile des solaren PV-Systems zu kompensieren.

Die vergleichende Betrachtung wird über den Zeithorizont eines Tages für einen Quadratmeter aktive Fläche TPV durchgeführt. Hierbei interessieren klimatische Zonen, die bisher nur ungenügend mittels Solartechnik erschlossen werden konnten.

1 m² PV	Kosten: ca. 500 EUR	Tagesleistung:	ca. 600 Wh
1m² TPV	Kosten: ca. 2.000 EUR	Tagesleistung:	ca. 7.300 Wh

Kostenverhältnis von 1:4 Leistungsverhältnis von 1:12

WEITERE VORTEILFAKTOREN:

- Realisierung der aktiven intelligenten Fassade
- Aktive Wärmedämmung durch TPV
- Farbige und matte Fassaden und Dachgestaltungen
- Einsatz der Solartechnik vom Äquator bis zum 40. Breitengrad
- Autarke Energiequelle für Gebiete mit klimabedingter schwacher Infrastruktur
- Nutzung der solaren Wärme für:
    - Heizung und Kühlung
    - Energieerzeugung in der Nachtzeit
    - Warmwasserbereitung

Strom aus (Ab-)Wärme

Innovativ

durch direkte Umwandlung von Wärme in elektrische Energie unter Verzicht auf mechanische Komponenten.

Ökologisch

durch eine emissionsfreie Technologie zur Mehrfach-nutzung von Wärmenergie.

Nachhaltig

durch Nutzung der weltweit vorhandenen umfangreichen Wärmepotentiale.

VIELEN DANK.

THERMISCHER TRANSMITTER

Weitere Informationen finden Sie unter:

www.duropan.de
www.energy-harvesting-net.de
www.aev-net.de