

Forum Eugendorf 2024

Neuer Ratgeber für Thermografie-Kameras

Thomas Grünberger



ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR THERMOGRAFIE



Inhalt

- Einleitung
- Der neue Ratgeber zur Kameraauswahl



Einleitung



Außen-/Innenthermografie



320x240 Pixel, NETD 150mK

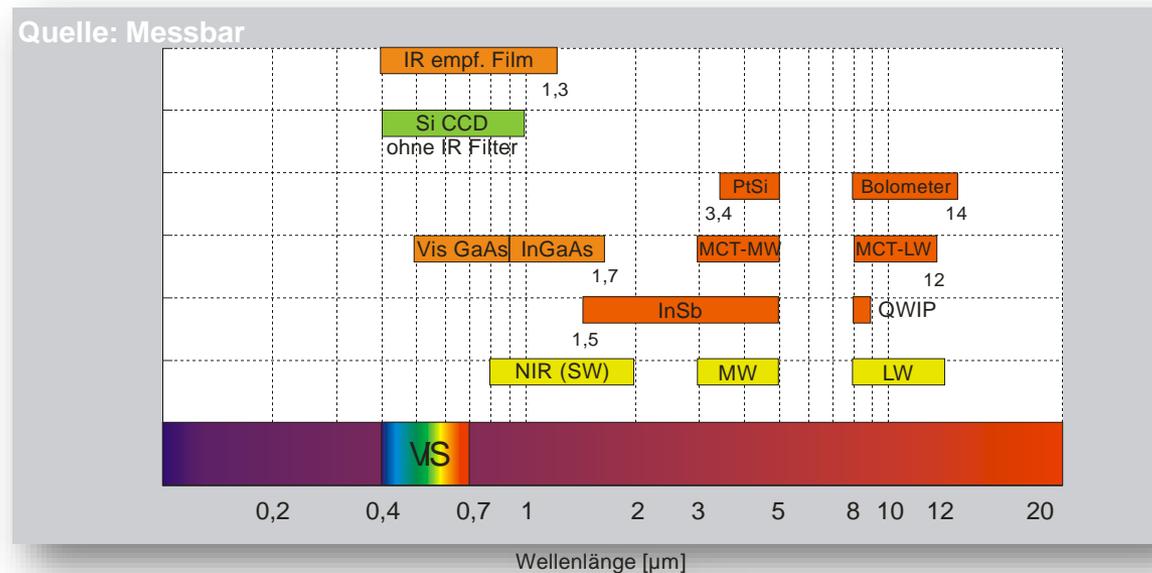


640x480 Pixel, NETD 50mK



Kriterien Kameraauswahl

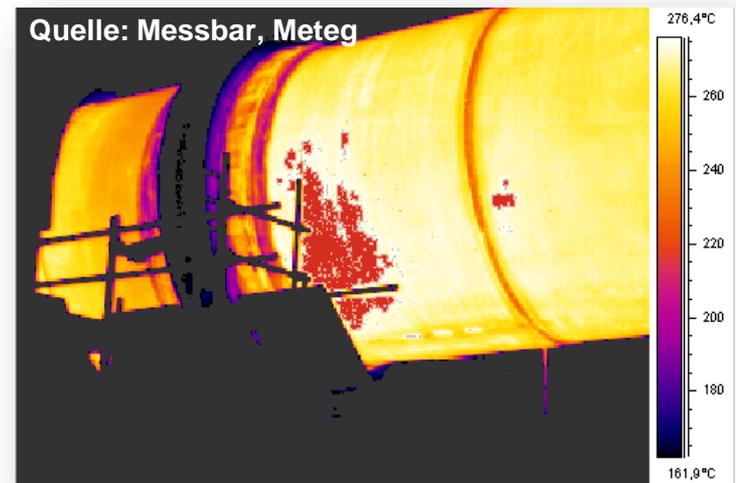
- Wellenlängenbereich





Kriterien Kameraauswahl

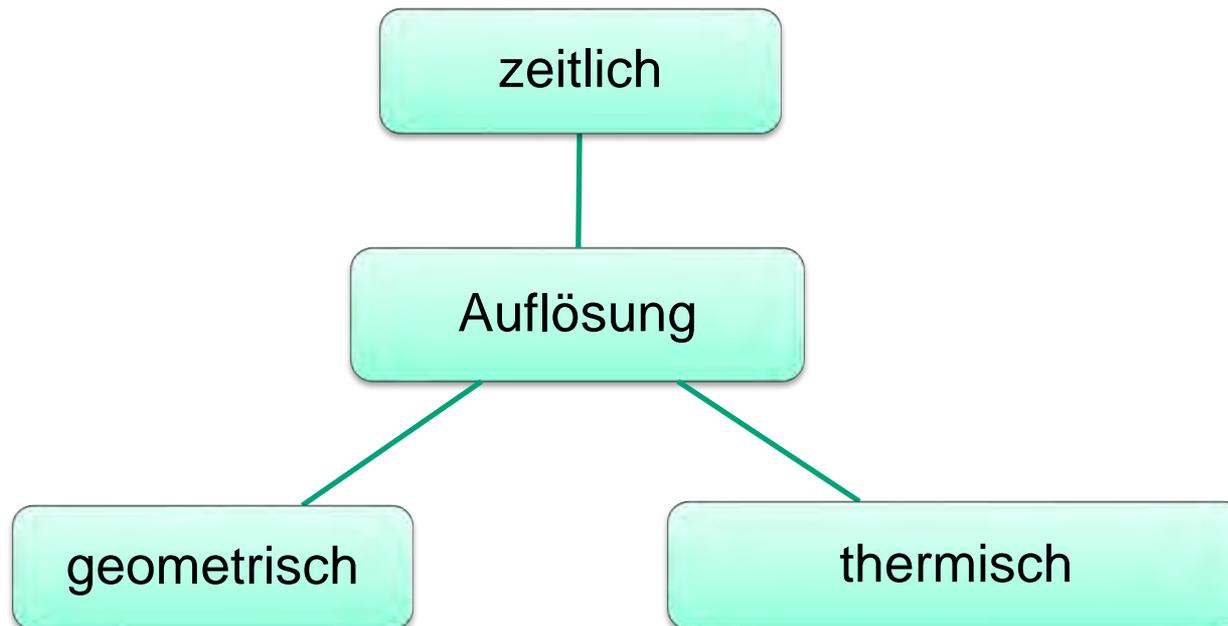
- **Messbereich**
 - -20 – 100°C
 - 350 – 1500°C
 - Hochtemperaturfilter





Kriterien Kameraauswahl

- Detektorauswahl





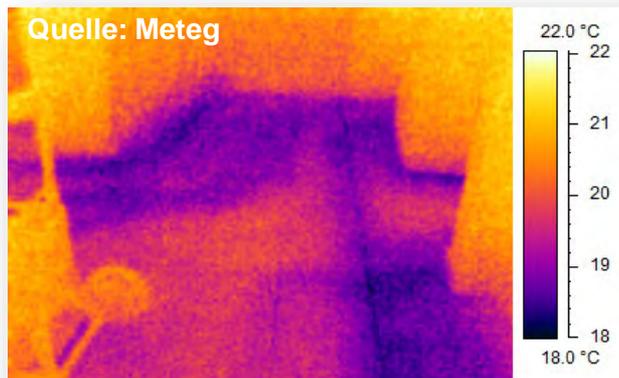
Kriterien Kameraauswahl

- **Detektorauswahl zeitliche Auflösung**
 - **Integrationszeit** **μs – 20ms**
 - **Bildwiederholrate** **9Hz – einige kHz**

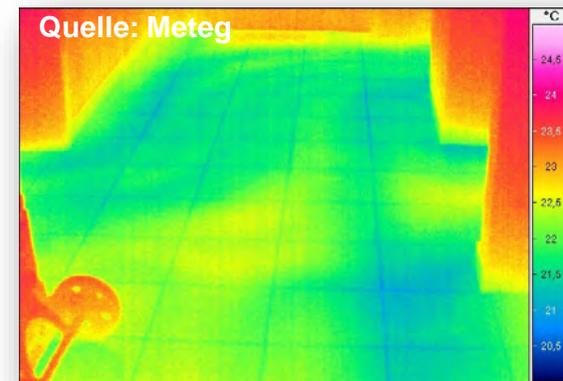


Kriterien Kameraauswahl

- Detektorauswahl thermische Auflösung Auflösung
- NETD, Bildmittelung



160x120 Pixel, NETD 100mK, 45°



640x480 Pixel, NETD 50mK, 45°



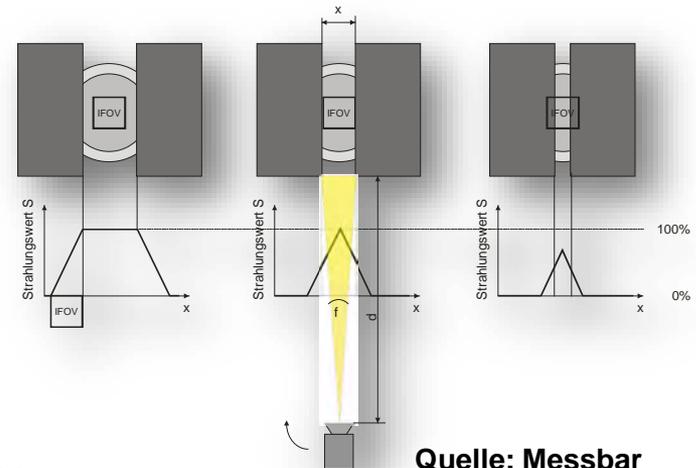
Kriterien Kameraauswahl

- Detektorauswahl geometrische Auflösung

- IFOV

- Pixelanzahl
- Öffnungswinkel Optik
- Optikkfaktor

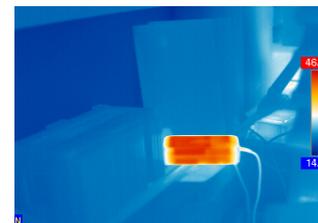
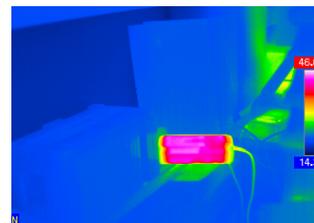
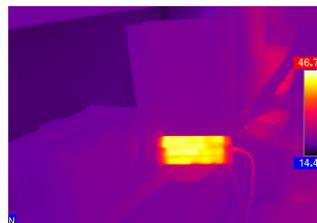
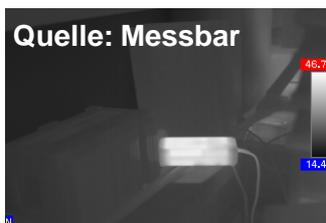
- 80x60px, 24°, 10m
Messfleckgröße 157mm
Kleinere Objekte erkennbar
Messwerte falsch!





Kriterien Kameraauswahl

- Bedienbarkeit
 - Software, Berichtsfunktion
 - Paletten
 - Akkulaufzeit
 - Kalibrierung
 - Digitalkamera
 - Zusätzliche Messtechnik





Kriterien Kameraauswahl

- Bedienbarkeit
 - Software, Berichtsfunktion



Kriterien Kameraauswahl

- **Spezielle Themen**
 - **Triggerbarkeit**
 - **Schnelle Prozesse, gepulste Prozesse**
 - **Optik mit Schutzbeschichtung**
 - **z.B. Laserstrahlung**



Kriterien Kameraauswahl

- **Spezielle Themen**
 - **Triggerbarkeit**
 - **Schnelle Prozesse, gepulste Prozesse**



Der neue Ratgeber zur Kameraauswahl



Der neue Ratgeber

- VATH, ÖGfTh, TeCH
- Hinweise, worauf man bei den unterschiedlichen Anwendungen achten soll
- Keine Absolutwerte





Der neue Ratgeber

- Inhalt

INHALT

Vorwort	02 - 03
Inhalt	04 - 05
Kaufentscheidung: Auf was kommt es an?	06 - 07
Kameraklassifizierung	08 - 09
Anwendungsfelder	
Bauthermografie	10 - 13
Elektrothermografie	14 - 15
Industriethermografie	16 - 19
Die Know-how-Netzwerke für Thermografen	20 - 21
Kleines Thermografie-Lexikon	22 - 25
Verbands-Mitglied werden	26 - 27



Kameraklassifizierung

Spezifikation	Begriff im Produktblatt	Optimal	Auf dem Markt erhältlich	Bemerkung
Detektorformat (1)	FPA, Pixel X Pixel-Anzahl	Je größer umso besser	von 80 X 60 bis 1280 X 1024	
Thermische Auflösung (2)	NETD in mK (Millikelvin)	Je kleiner umso besser	von 150mK bis 15mK	
Geometrische Auflösung (3)	IFOV in mrad (Millirad)	Je kleiner umso besser	Von 8mrad bis 0.15mrad	Variert mit verwendeter Optik!
Zeitliche Auflösung (4)	Bildwiederholrate bzw. Bildfrequenz in Hz (Herz)	Je größer umso besser	Von 9Hz bis kHz-Bereich	
Güte der Optik (3)				Geht in das IFOV (3) ein
Wechseloptiken (5)	Optionale Zusatz-Optiken	Alle verfügbaren Optiken	Von extrem Weitwinkel über close-up(Makro) bis extrem Tele	



Anwendung Bauthermografie 1

Messaufgabe	Spezifikationen der IR-Kamera	Wichtigkeit der IR-Kamerafähigkeit
Qualitative Betrachtung von Wärmeenergieverlusten	Detektorformat (1)	Sehr wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Sehr wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Unwichtig
	Wechseloptiken (5)	Unwichtig
Quantitative Beurteilung von Wärmebrücken	Detektorformat (1)	Wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Sehr wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Unwichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Unwichtig
	Wechseloptiken (5)	Unwichtig
Ortung von undichten Warmwasser führenden Leitungen innerhalb von Gebäuden	Detektorformat (1)	Wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Sehr wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Unwichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Unwichtig
	Wechseloptiken (5)	Unwichtig



Anwendung Bauthermografie 2

Messaufgabe	Spezifikationen der IR-Kamera	Wichtigkeit der IR-Kamerafähigkeit
Ortung von undichten Warmwasser führenden Leitungen außerhalb von Gebäuden	Detektorformat (1)	Wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Sehr wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Sehr wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Unwichtig
	Wechseloptiken (5)	Wichtig
Ortung von Luftleckagen bei Blowerdoor-Tests	Detektorformat (1)	Sehr wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Sehr wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Sehr wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Unwichtig
	Wechseloptiken (5)	Wichtig
Softwareanforderungen	Abspeicherung radiometrischer Dateien; uneingeschränkte Nachparametrierung dieser Dateien; Messwerkzeuge, mit denen Temperaturverläufe und Temperaturgradienten herausgearbeitet werden können wie z. B. frei positionierbare Linie (Temperaturprofil), Isothermenfunktion etc.; Fähigkeit zur effizienten Berichterstellung	



Anwendung Elektrothermografie

Messaufgabe	Spezifikationen der IR-Kamera	Wichtigkeit der IR-Kamerafähigkeit
Messung von Niederspannungsanlagen	Detektorformat (1)	Sehr wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Sehr wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Unwichtig
	Wechseloptiken (5)	Wichtig
Messung von Hochspannungsanlagen	Detektorformat (1)	Sehr wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Sehr wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Unwichtig
	Wechseloptiken (5)	Sehr wichtig
Messung von Solar(PV)-Generatoren	Detektorformat (1)	Wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Sehr wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Unwichtig
	Wechseloptiken (5)	Sehr wichtig
Softwareanforderungen	Abspeicherung radiometrischer Dateien; uneingeschränkte Nachparametrierung dieser Dateien; Messwerkzeuge, mit denen Temperaturverläufe und Temperaturgradienten herausgearbeitet werden können wie z. B. frei positionierbare Linie (Temperaturprofil), Isothermenfunktion etc.; Ausweisung mehrerer Delta-T's; individuelle Zuweisung von Epsilon und T(refl.) für jeden Messpunkt (Spot); Fähigkeit zur effizienten Berichterstellung	



Anwendung Industriethermografie 1

Messaufgabe	Spezifikationen der IR-Kamera	Wichtigkeit der IR-Kamerafähigkeit
Maschinendiagnostik	Detektorformat (1)	Wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Wichtig
	Wechseloptiken (5)	Wichtig
Gasdetektion	Detektorformat (1)	Wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Sehr wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Sehr wichtig
	Wechseloptiken (5)	Unwichtig
Technische Isolierung	Detektorformat (1)	Wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Unwichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Unwichtig
	Wechseloptiken (5)	Wichtig
Softwareanforderungen	Abspeicherung radiometrischer Dateien; uneingeschränkte Nachparametrierung dieser Dateien; Messwerkzeuge, mit denen Temperaturverläufe und Temperaturgradienten herausgearbeitet werden können wie z. B. frei positionierbare Linie (Temperaturprofil), Isothermenfunktion etc.; Ausweisung mehrerer Delta-T's, individuelle Zuweisung von Epsilon und T(refl.) für jeden Messpunkt (Spot); Fähigkeit zur effizienten Berichterstellung	



Anwendung Industriethermografie 2

Messaufgabe	Spezifikationen der IR-Kamera	Wichtigkeit der IR-Kamerafähigkeit
Prozesstechnik	Detektorformat (1)	Wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Wichtig
	Wechseloptiken (5)	Unwichtig
Automatisierung	Detektorformat (1)	Wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Sehr wichtig
	Wechseloptiken (5)	Unwichtig
Materialprüfung	Detektorformat (1)	Wichtig
	Thermische Auflösung (2)	Sehr wichtig
	Geometrische Auflösung (3)	Sehr wichtig
	Zeitliche Auflösung (4)	Sehr wichtig
	Wechseloptiken (5)	Unwichtig
Softwareanforderungen	Individuelle Zuweisung von Epsilon (ϵ) und T(ref.) für jeden Messpunkt (Spot); Fähigkeit zur Aufnahme von Bildsequenzen mit Überführung von Messwerten in andere Programme, z. B. Excel; frei dimensionierbares Subwindowing; Differenzbildmodus; frei wählbare Integrationszeiten; Videofähig- & Bearbeitbarkeit insbesondere bei Gasdetektion.	



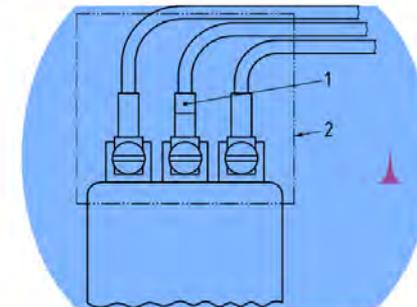
Normen beachten

- Z.B. DIN54191

	Merkmale	Mindestanforderungen
1	Temperatur-Messbereich	-20 °C bis +300 °C
2	kleinste zu messende Objektgröße (reales Messfeld)	Die geometrische Auflösung muss dem kleinsten nachzuweisenden Objektbereich entsprechen (siehe Anhang A).
3	Rauschen, thermische Auflösung	Noise Equivalent Temperature Difference (NETD) 0,2 K bei 30 °C
4	Fehlergrenzen ^a	2 K oder 2 % vom abgelesenen Wert; maßgebend ist der höhere Wert
5	Temperaturkalibrierung	nach DIN EN 16714-2
6	einstellbarer Messparameter	Emissionsgrad, Hintergrundtemperatur
7	Messfunktion	Messpunkt
8	Dokumentation	Infrarot-Aufnahme mit radiometrischen Daten

^a Fehlergrenzen sind nach DIN 1319-1 Beträge und werden daher ohne Vorzeichen angegeben. In den Gerätespezifikationen wird meist der Begriff Messgenauigkeit (mit Vorzeichen) verwendet.

Ein Beispiel für eine Niederspannungsanlage ist in Bild A.1 und für eine Hochspannungsanlage in Bild A.2 dargestellt.



Legende

- 1 Messpunkt¹⁾
- 2 Objektbereich

Bild A.1 — Niederspannungsanlage

BEISPIEL 1 Messung aus 0,5 m Abstand und einer Messobjektgröße von 2 mm:

— Visualisierung von Problemstellen („Hot spot“):

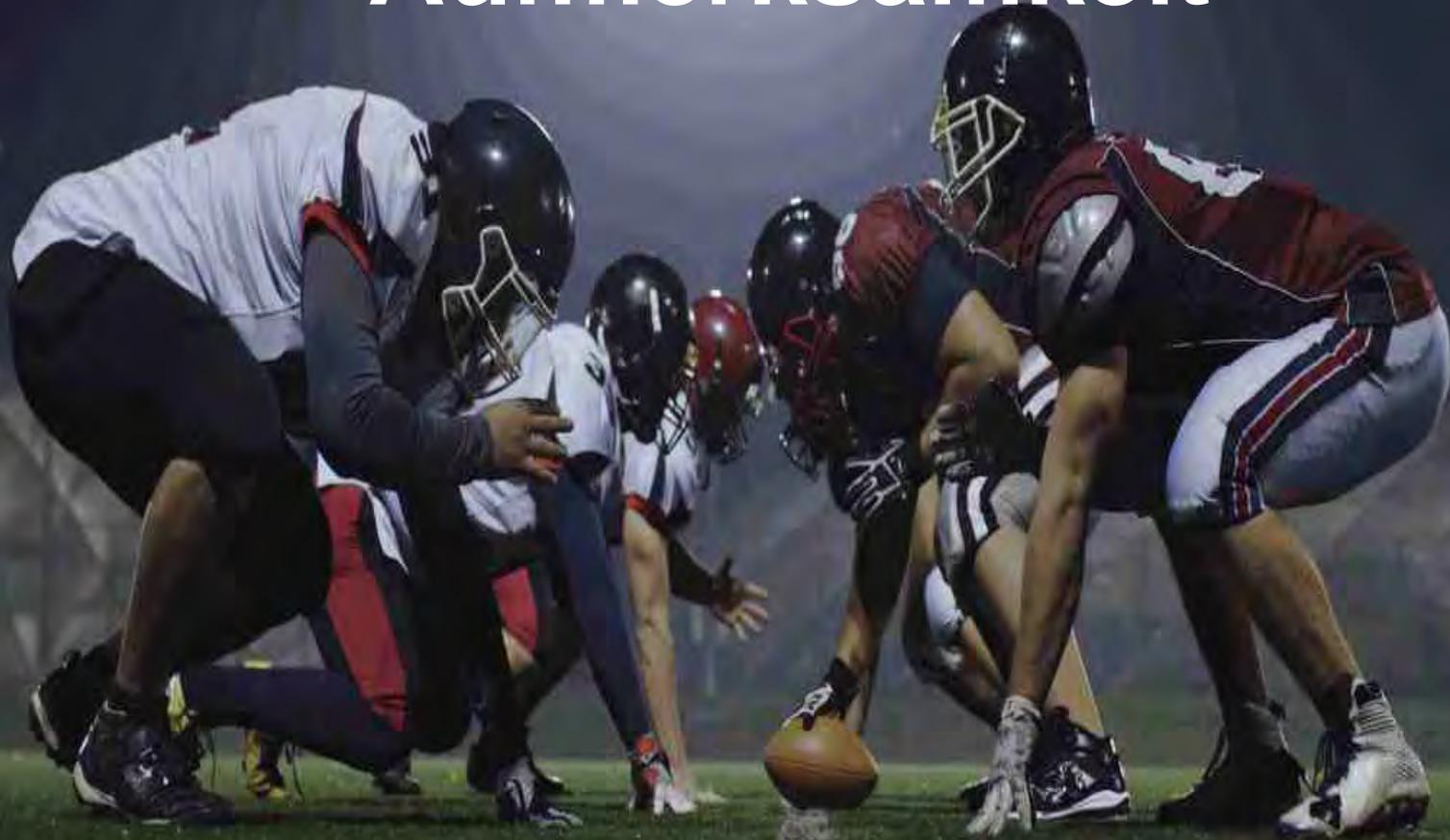
$$2 \text{ mm} / 0,5 \text{ m} = 4 \text{ mrad (IFOV}_{\text{geo}})$$

— quantitative Temperaturbestimmung:

$$\text{IFOV}_{\text{meas}} = (\text{IFOV}_{\text{geo}}) / 3 = 1,3 \text{ mrad}$$

(Quelle für Beispiel 1: In Anlehnung an VDI 2878 Blatt 4, wobei aufgrund einer unterschiedlichen Betrachtungsweise bei der quantitativen Temperaturbestimmung die Indizes von IFOV getauscht wurden.)

Vielen Dank für Deine/Ihre Aufmerksamkeit



"Inch by inch. Play by play. Until we get there."

Tony D'Amato (Al Pacino) in "Any given Sunday"