



SMUTI®

Monitoring der Festigkeitsentwicklung von Spritzbeton mit Thermographie

Dr. Hermann Weiher
Dr. Katrin Runtemund



matrices engineering GmbH, München



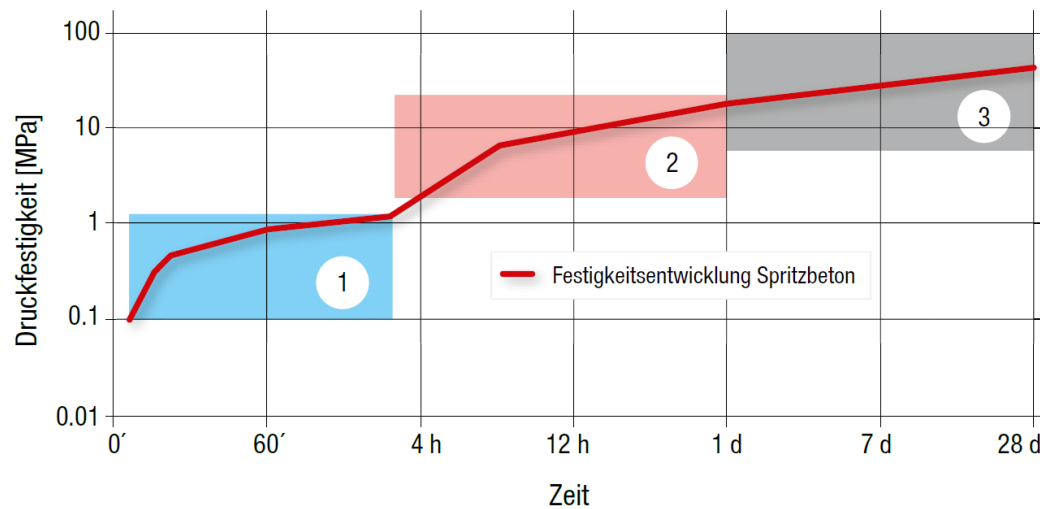
Tunnelbau in Spritzbetonbauweise





Prüfverfahren

Entwicklung der		Methode	Instrument	Festigkeit	Zeit
1	Frühfestigkeit	Nadeleindringen	Penetrometer	Bis zu 1,5 MPa	0 – 3 h
2	Frühfestigkeit	Gewindebolzen	Hilti DX 450-SCT	1 – 20 MPa	3 – 24 h
3	Endfestigkeit	Kernbohrungen	Druckfestigkeitstestmaschine	5 – 100 MPa	1 – 28 d





Prüfverfahren

Nadel Penetrometer, Bolzensetzmethode (Hilti), Bohrkerne

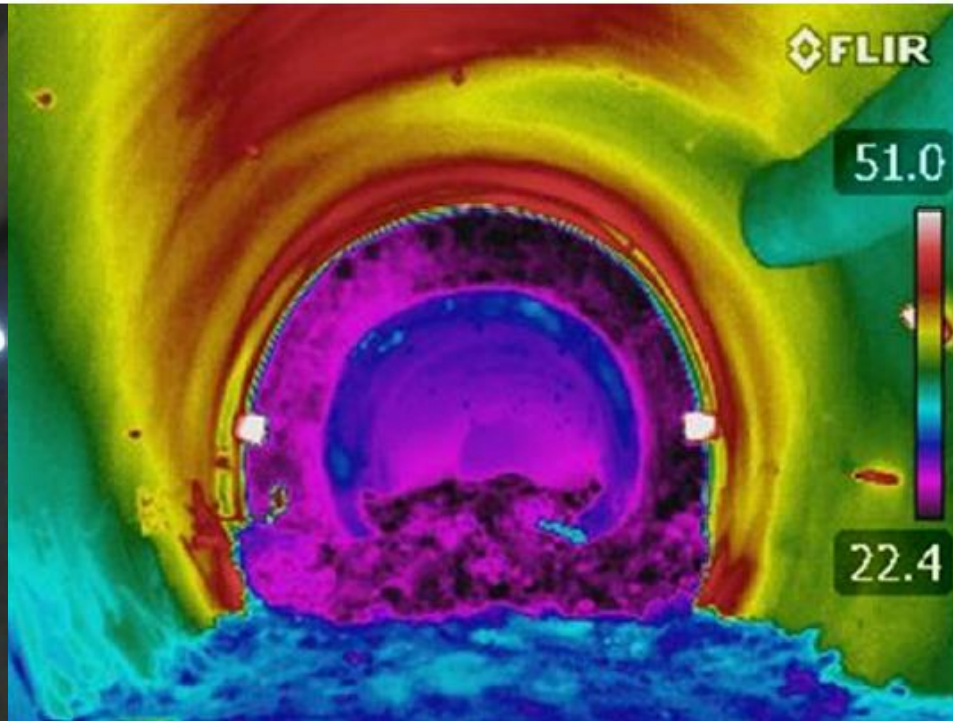
- nur lokale Festigkeitsprüfung
- Hohe Streuung bei Frühfestigkeit
- z.T. nur an Mustern mit unterschiedl. Randbedingungen

... es könnte bessere Lösungsmöglichkeiten geben



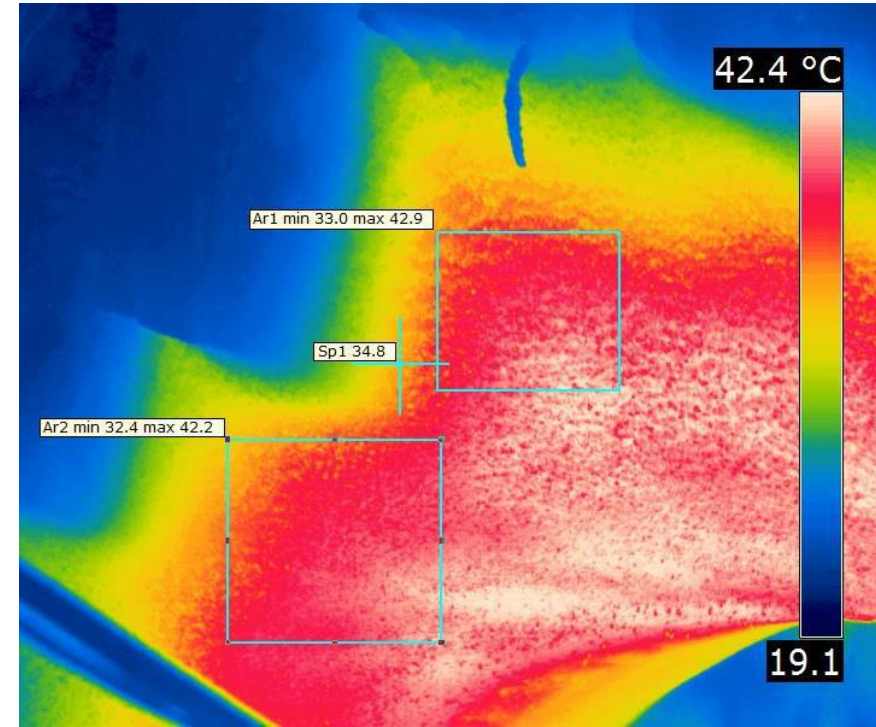
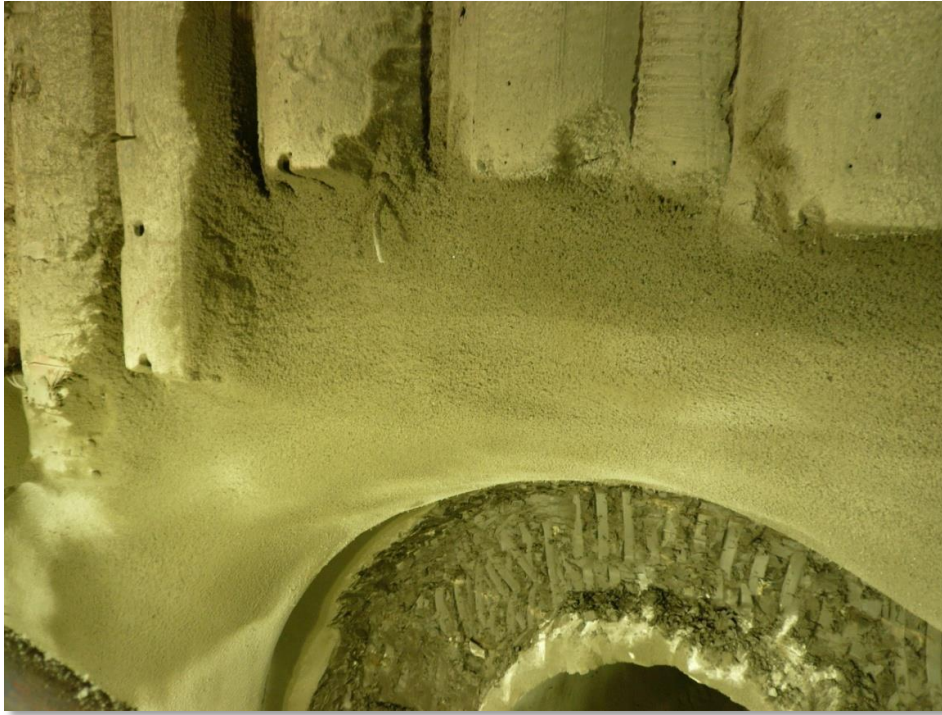


Die neue Methode: Festigkeitsmonitoring durch Thermografie





Die neue Methode: Festigkeitsmonitoring durch Thermografie





Vorteile

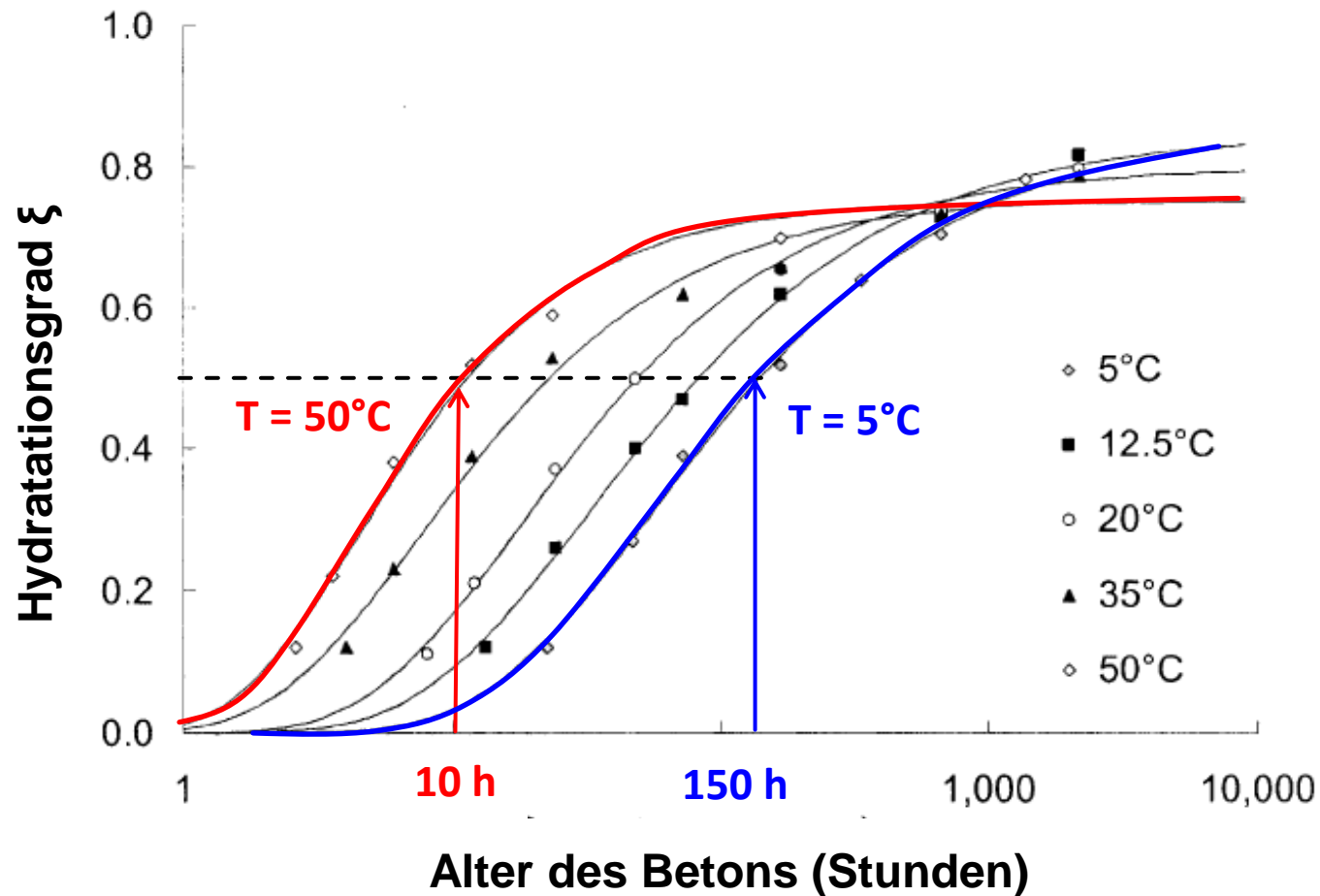
- **Globale Festigkeitsprüfung**
- **Berührungsfrei**
- **Direkt am Bauwerk (keine Verfälschungen durch Muster)**

- Besseres Verständnis für die Frühfestigkeitsentwicklung des jungen Beton
- Detektion von Kältestellen (z.B. Wasser)
- Wirksamkeit von Beschleunigern überprüfbar

→ Sicherheit → Schneller Vortrieb → Qualität



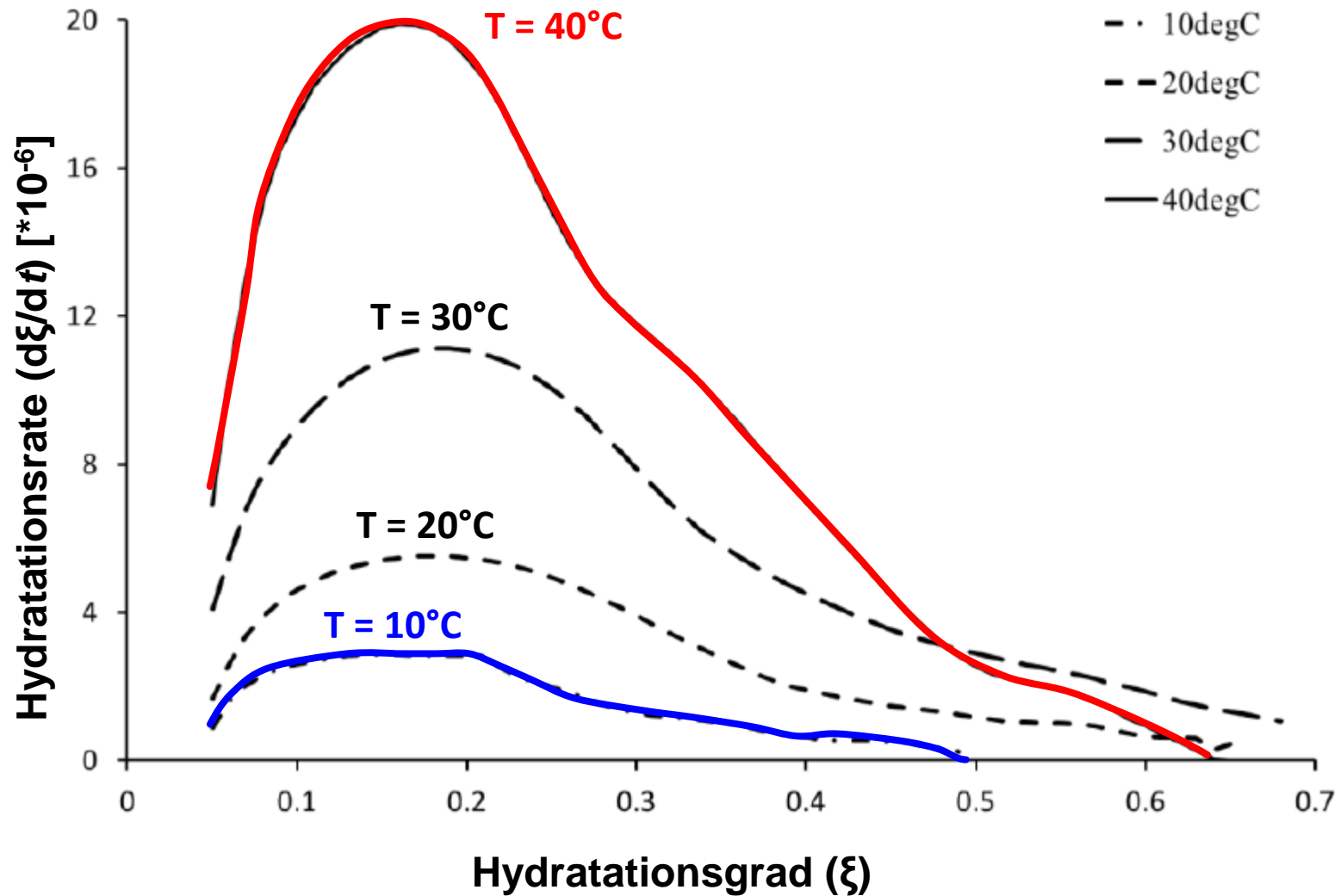
Temperaturabhängigkeit der Festigkeitsentwicklung



*Kjellsen & Detwiler (1993)

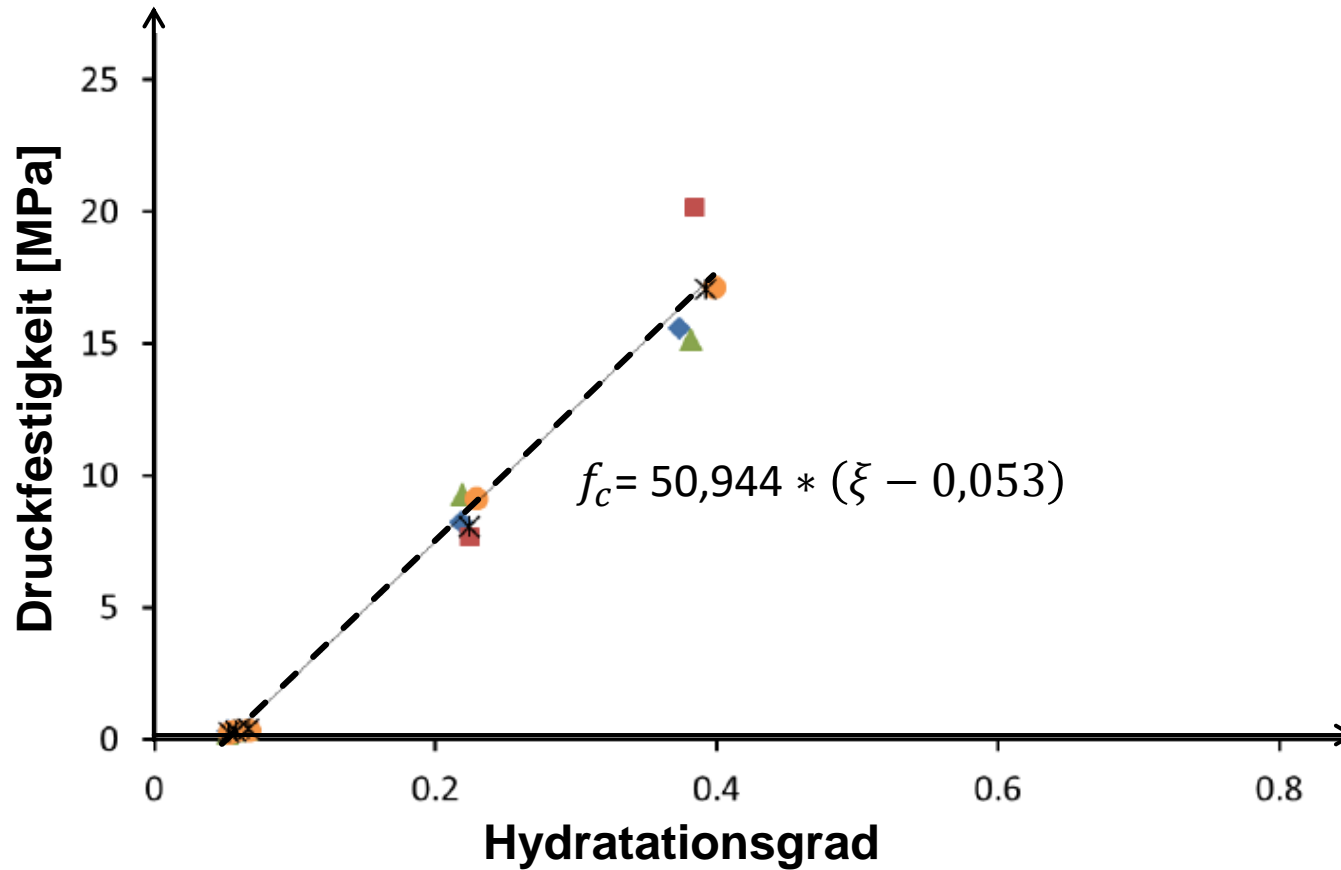


Temperaturabhängigkeit der Hydratationsrate





Druckfestigkeit vs. Hydratationsgrad



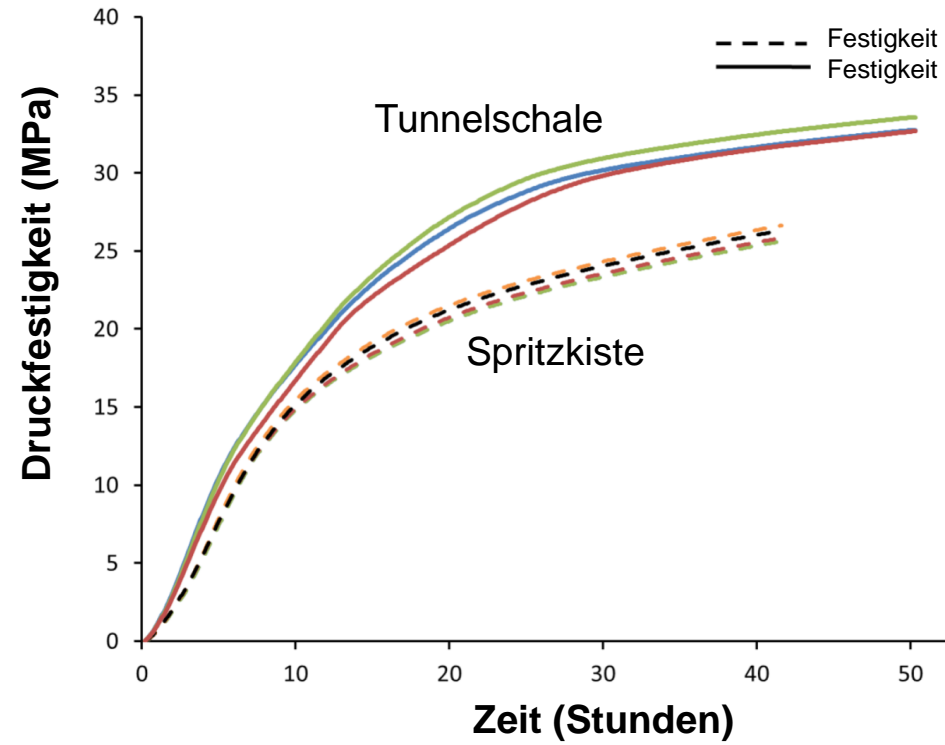
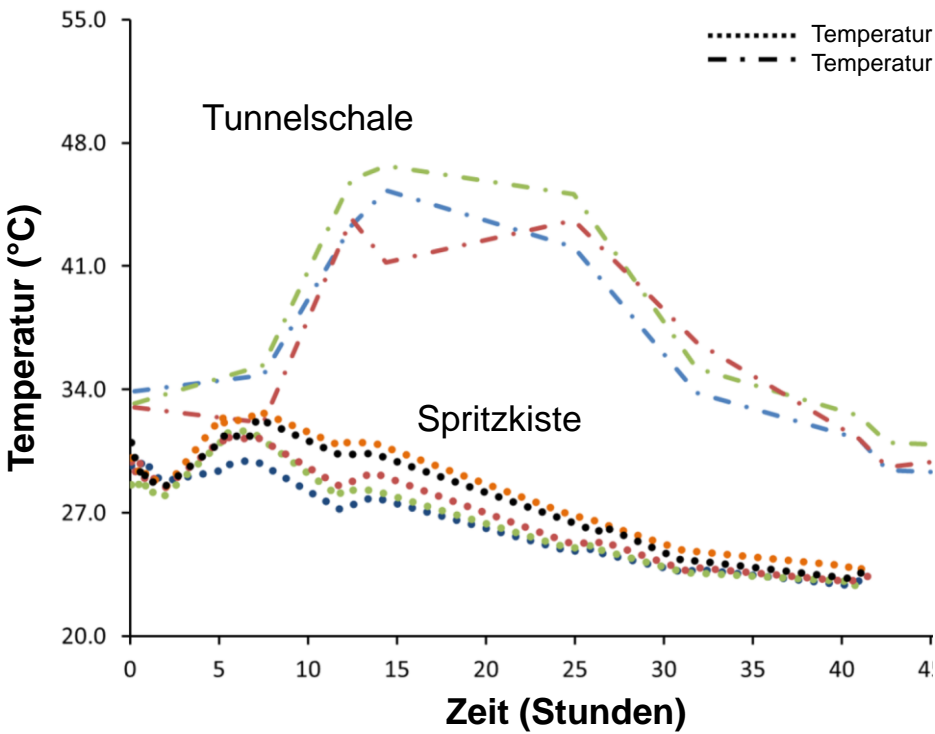


Ablauf Thermografisches Verfahren*

- Bestimmung der Hydratationswärmeentwicklung für den verwendeten Beton mit isothermischer Kalorimetrie
 - Kalibrierung der Beziehung Festigkeit zu Hydratationsgrad durch Messungen Vorort
 - Ermittlung der Temperaturentwicklung der Spritzbetonschale durch Thermographie
 - Ermittlung der Festigkeit auf Basis des erfassten Temperaturverlaufs durch Remote-Zugriff zum Server/Software
- * Patentierter Ansatz (Dr. B. Jones, Inbye Engineering Ltd)

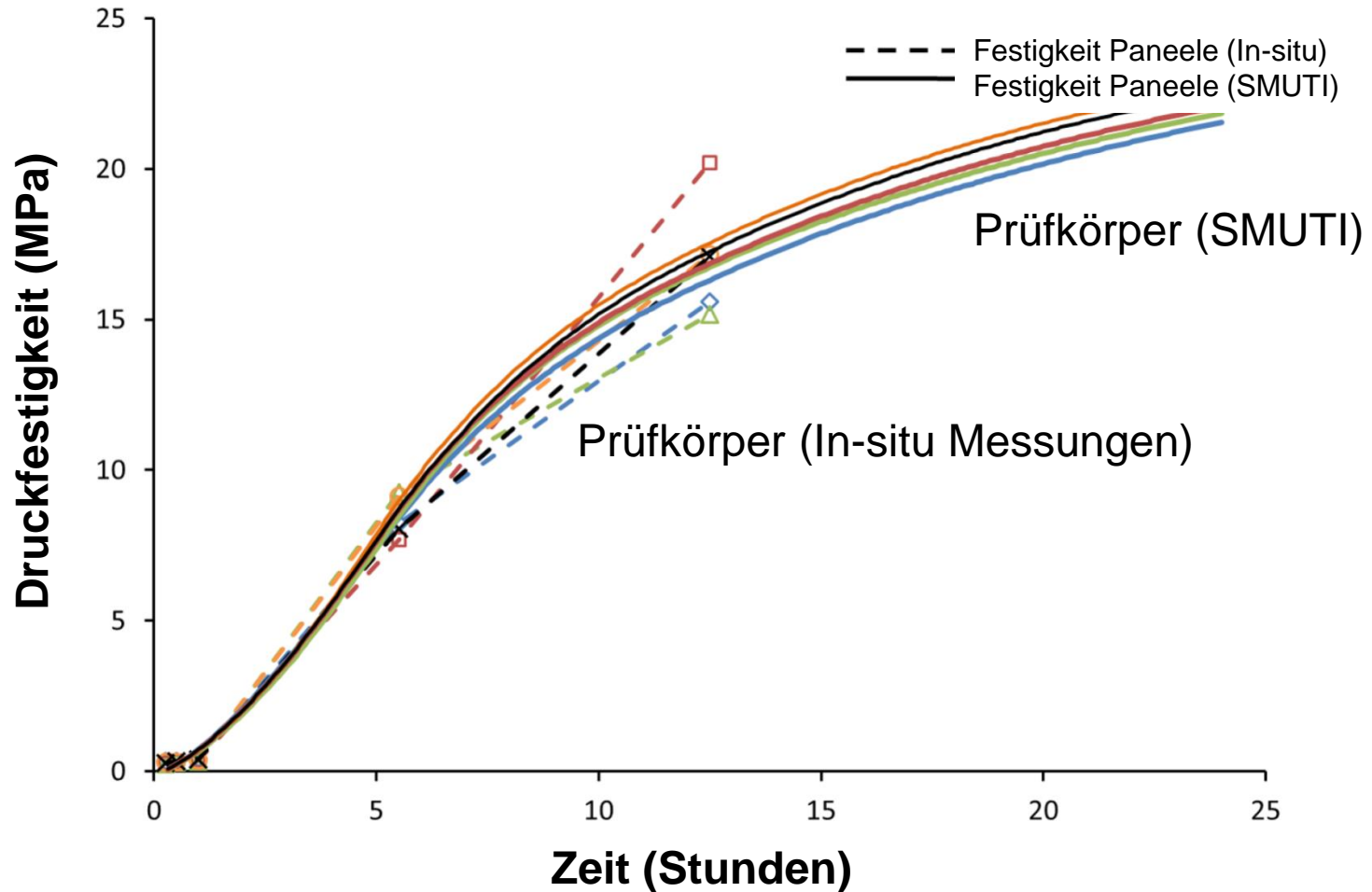


Temperaturentwicklung → Festigkeit



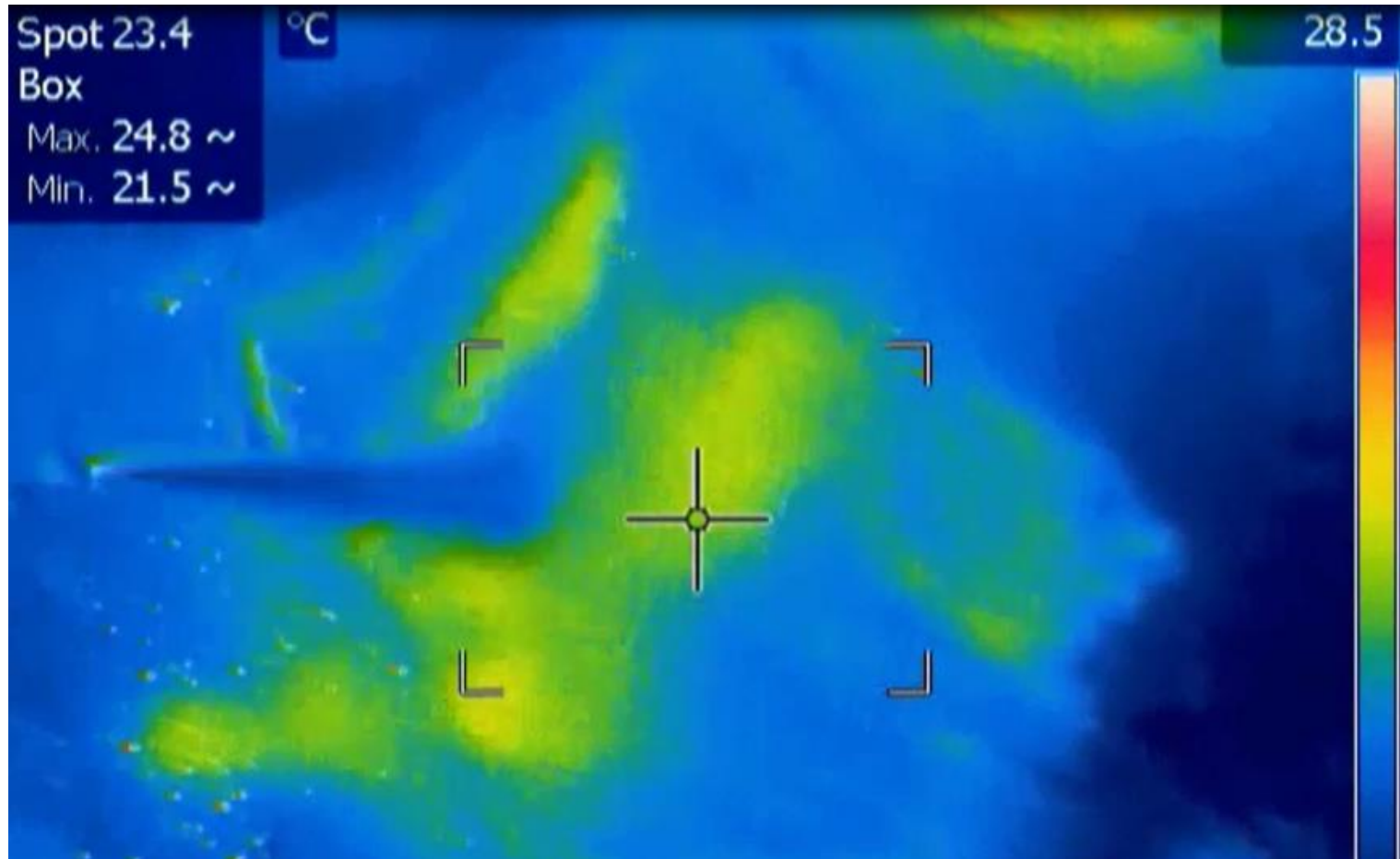


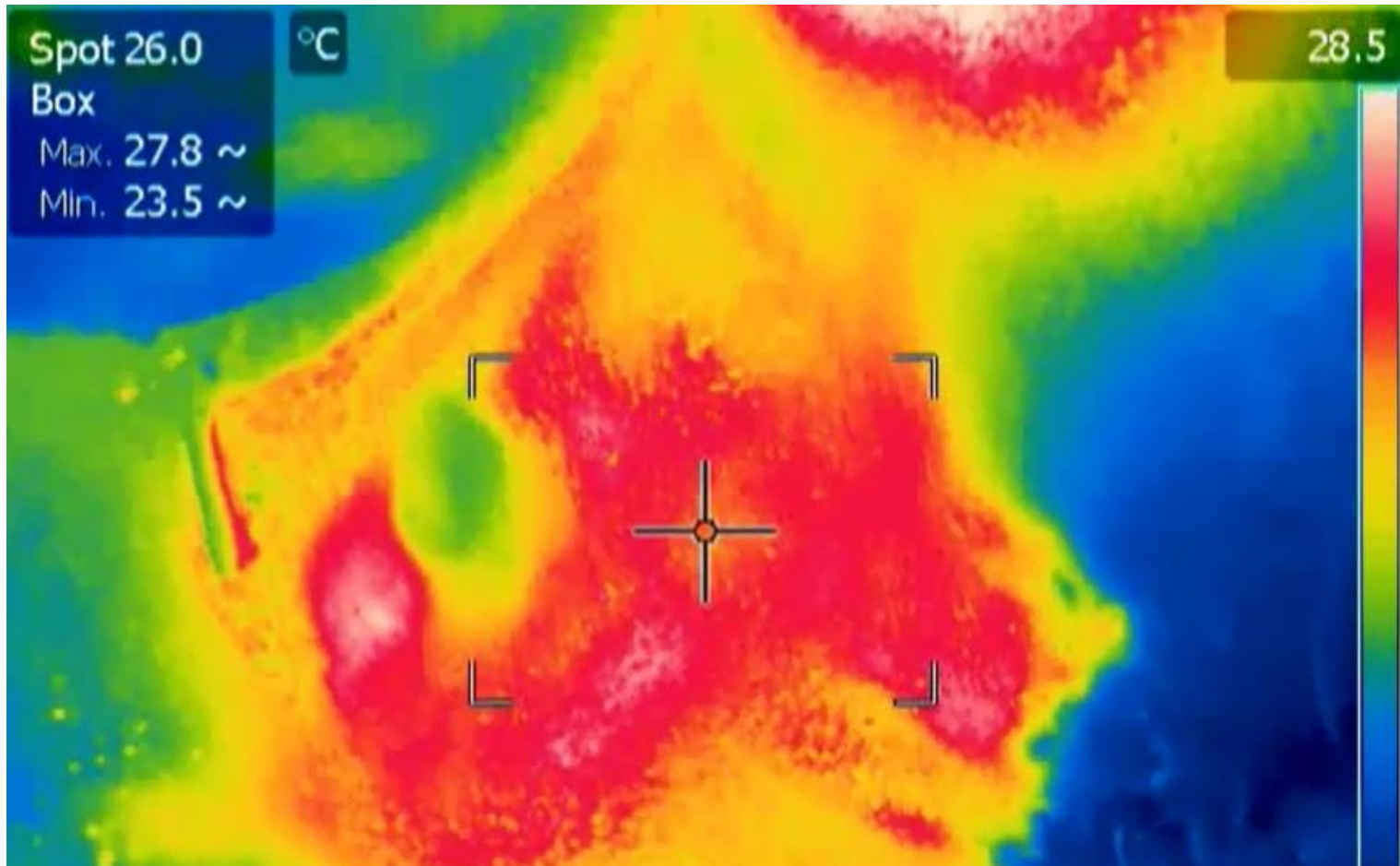
Vergleich ermittelte Druckfestigkeit mit in-situ Versuchen

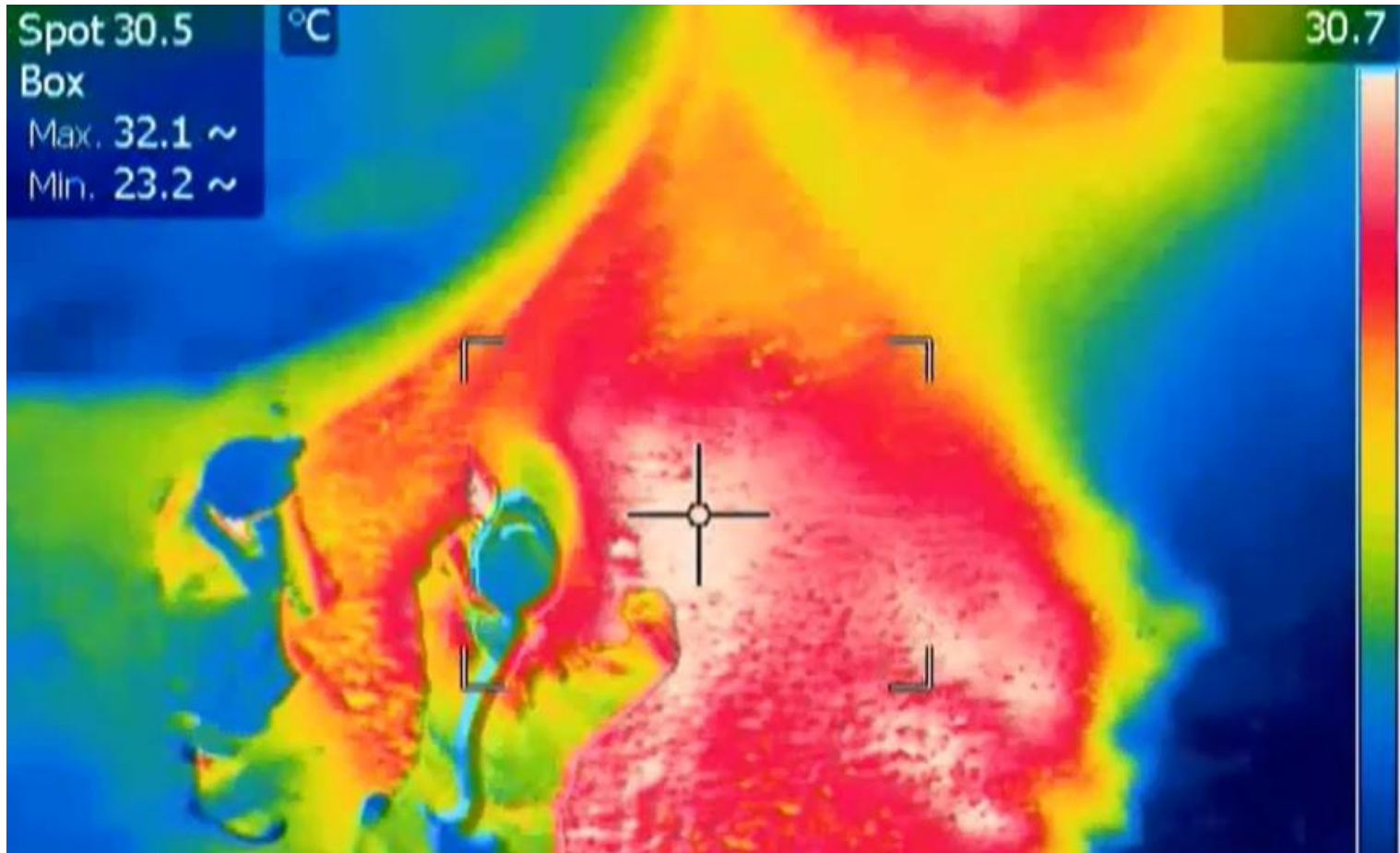




Fallstudie - Beschleuniger









Bond Street Station, London (GB)

Ausführung: Inbye Engineering Ltd – Kunde: Costain





Bond Street Station, London (GB)

Ausführung: Inbye Engineering Ltd – Kunde: Costain





Tunnel Oberau (D)

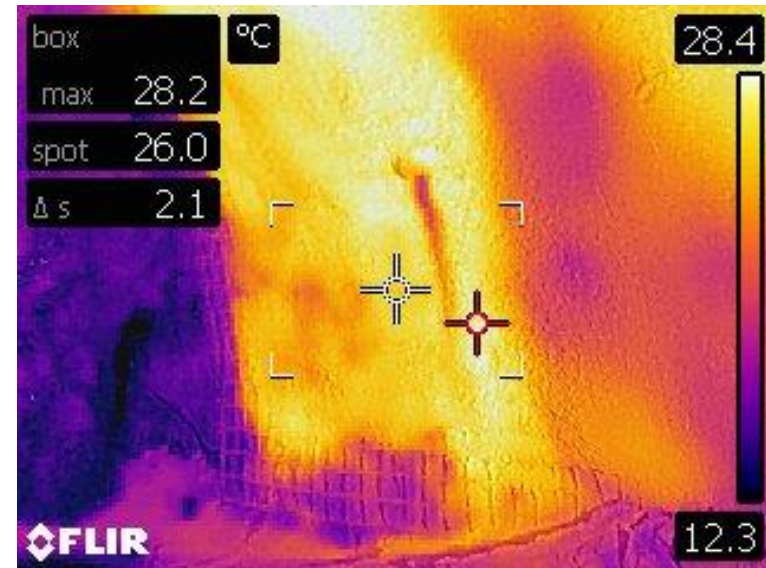
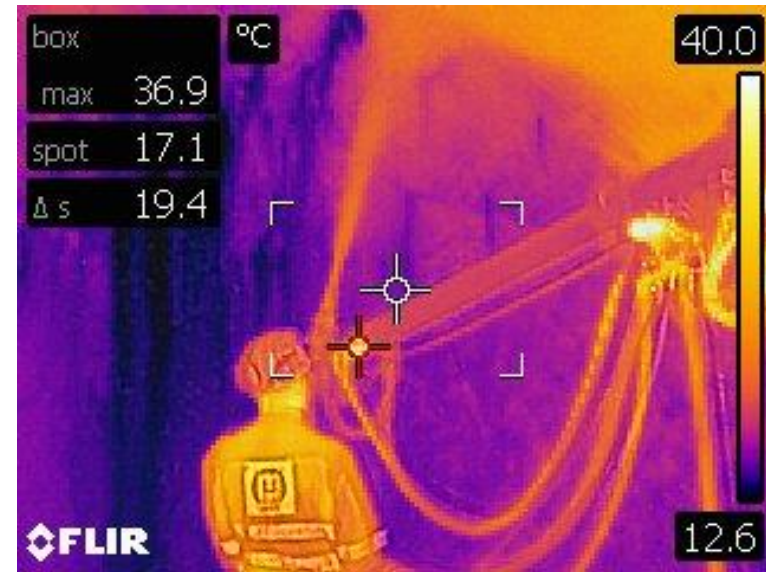
Ausführung: matrices engineering GmbH – Kunde: Marti (ARGE Tunnel Oberau)





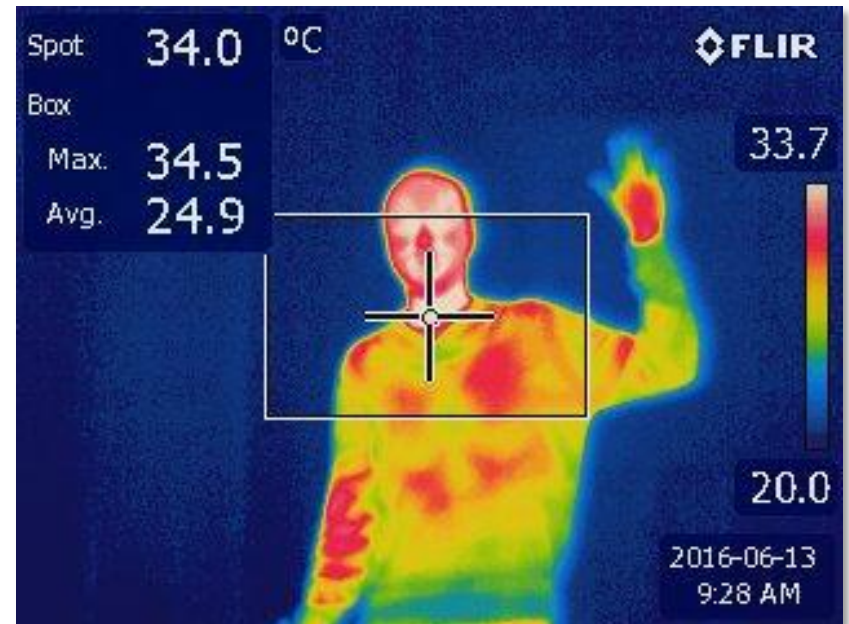
Tunnel Oberau (D)

Ausführung: matrices engineering GmbH – Kunde: Marti





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Dr. Hermann Weiher

weiher@matrices-engineering.com

+49 89 890 65 98 -06

matrices engineering GmbH, Nymphenburger Str. 20a, 80335 München