

Universität Stuttgart
Institut für Werkstoffe im Bauwesen
Abteilung Werkstoffe und Konstruktion

EQUA.

Fachtag Gebäudesimulation

**Thermischer Komfort
durch adiabates Kühlen
mit einer Gebäudehülle**

Christian Blatt, M.Sc.

IWB

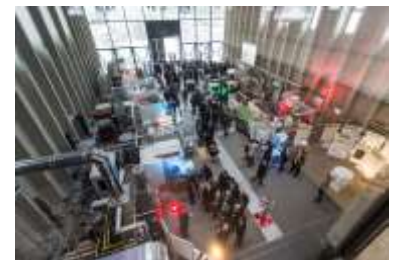
Gliederung

- Projektbeschreibung
- Bauteilbeschreibung
- Aufgabenstellung
- Untersuchungsmethoden
- Ergebnisse

Projektbeschreibung

ETA-Fabrik der TU-Darmstadt Energieeffizienz-, Technologie- und Anwendungszentrum

- Gesamtprojektvolumen rund 15 Mio. Euro
- 36 Forschungspartner aus Industrie und Wissenschaft
- Forschungsfläche ca. 1450 m²
- Gebäudegrundfläche ca. 800 m²
- Projektgenehmigung 1. Mai 2013
- Grundsteinlegung 12. August 2014
- Fertigstellung und Eröffnung 2. März 2016
- Abschlussveranstaltung 10. April 2018



Herr Dr. Philipp Rösler im Gespräch
mit Herrn Prof. Dr.-Ing Harald Garrecht
1. August 2013



Banddurchschnitt zur Eröffnung
der ETA-Fabrik durch
Frau Staatssekretärin Brigitte Zypries

Projektbeschreibung

Herausforderung:
Energieeffizienz über alle Teilsysteme steigern



ENERGIEEFFIZIENZ
TECHNOLOGIE-UND
ANWENDUNGSZENTRUM

Bisher: Isolierte Optimierung der einzelnen Teilsysteme einer Fabrik

Teilsystem Gebäude



Einzelpotential
25%

Quelle: Prof. Dipl.-Ing. J. Eisele

Teilsystem Technische Infrastruktur



Einzelpotential
20%

Teilsystem Maschine



Einzelpotential
30%

*Einsparung
Gesamtsystem*

< 30 %

Ziel der η -Fabrik: Optimierung der Fabrik unter Berücksichtigung **aller** Teilsysteme



**Gesamt-
potential
ca. 40 %**

Interaktion von:

- Maschine
- Technischer Infrastruktur
- Gebäude

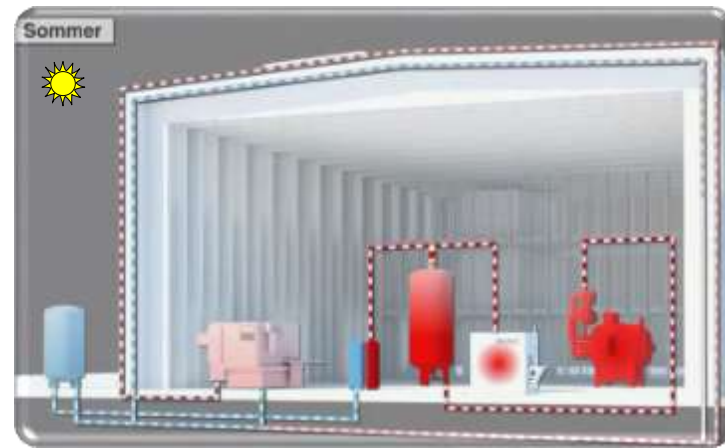
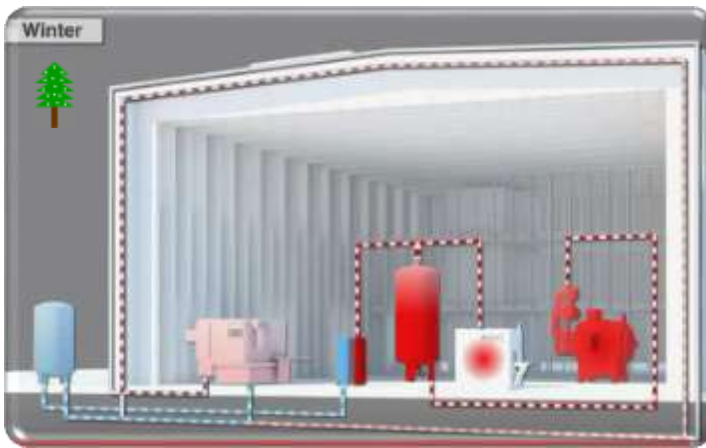
**Synergie durch Vernetzung, Energie-
controlling und -rückgewinnung**

Quelle: PTW TU Darmstadt

Thermischen Aktivierung der Gebäudehülle



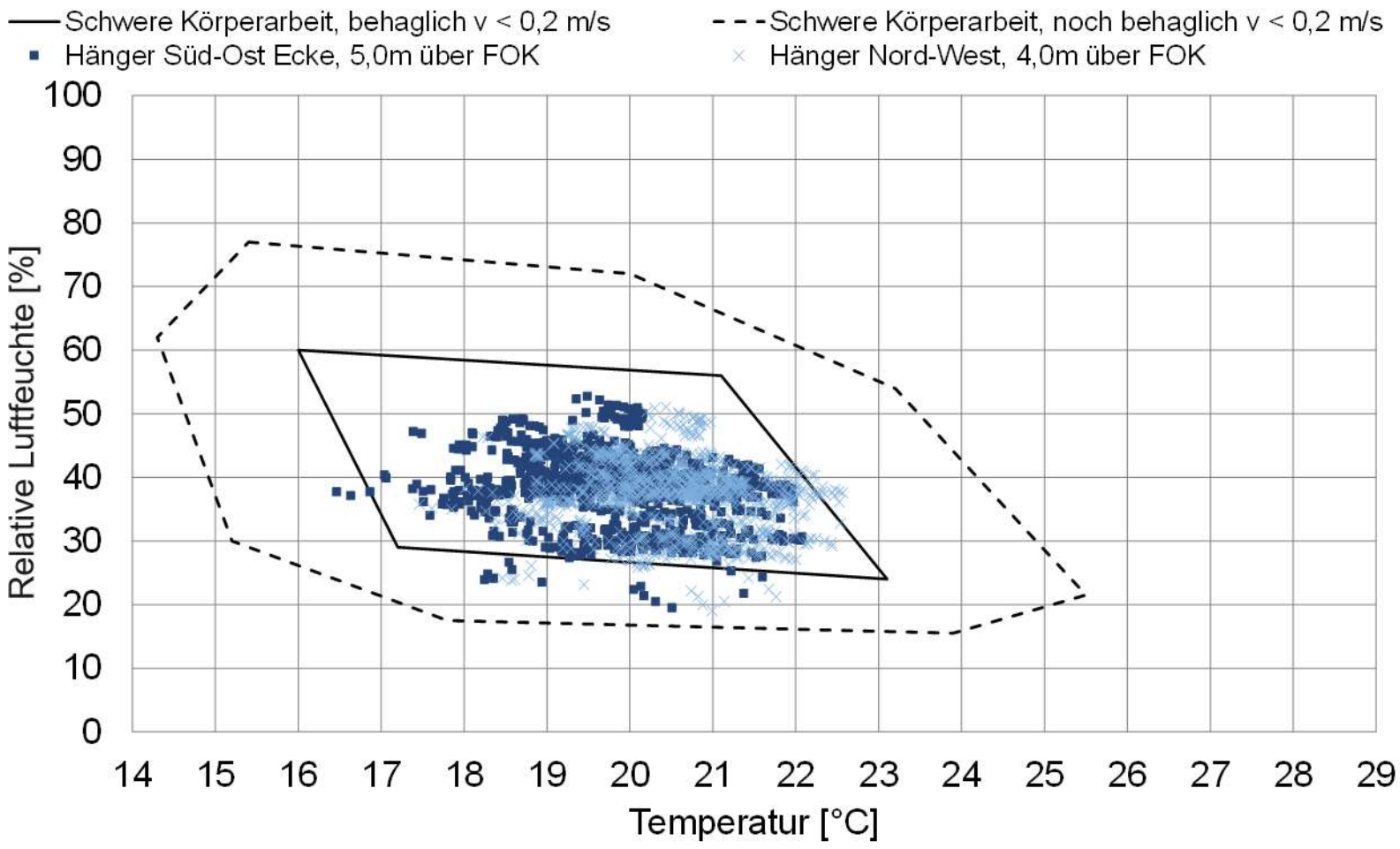
- Thermisch aktivierte hybride Wand- und Deckenbauteile zum Kühlen und Heizen
- Betonbehälter zur Speicherung von thermischer Energie



Quelle: PTW TU Darmstadt

Behaglichkeitsdiagramm Halle

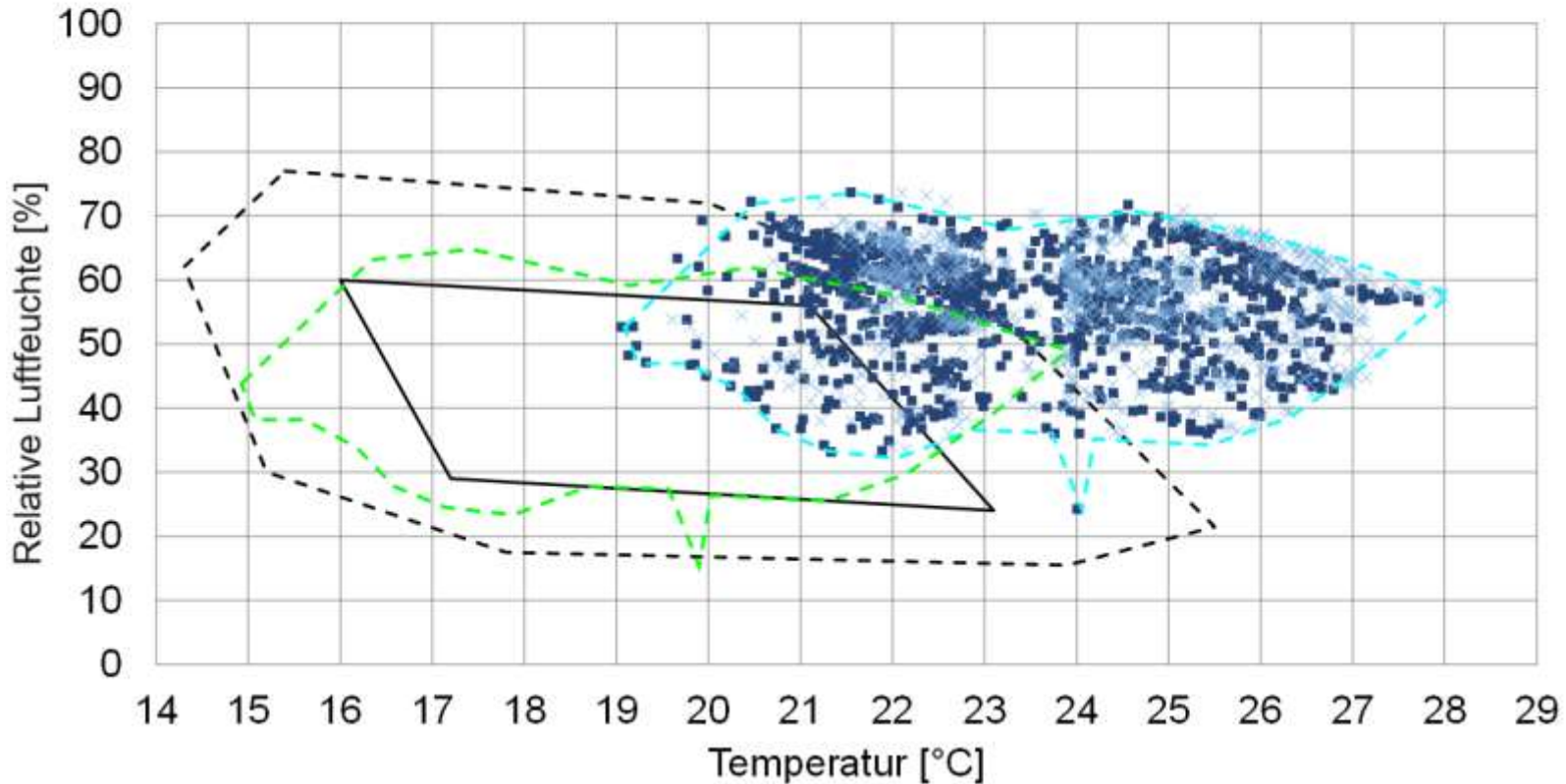
Zeitraum: Dezember 2016 - Februar 2017 (08:00 - 18:00 Uhr)



Behaglichkeitsdiagramm Halle

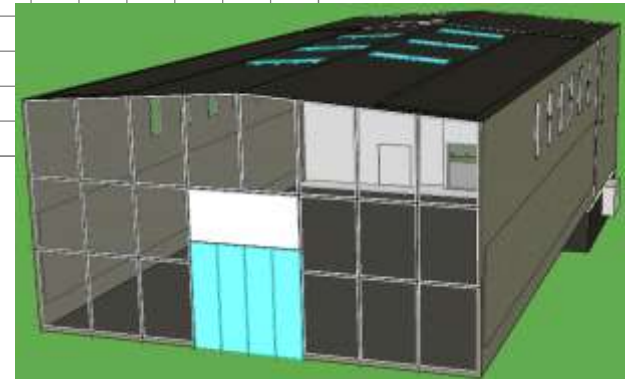
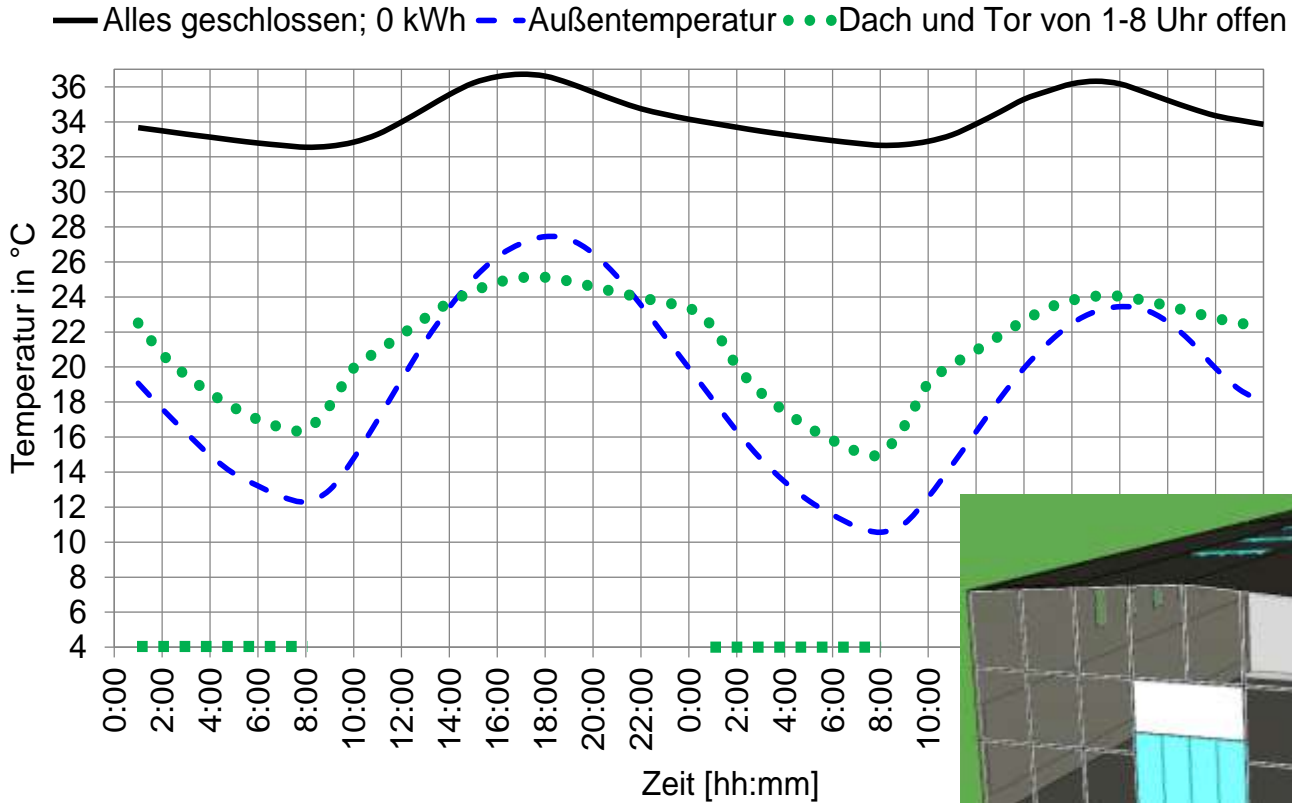
Zeitraum: Juni - August 2016 (08:00 - 18:00 Uhr)

- Schwere Körperarbeit, behaglich $v < 0,2$ m/s
- Hänger Süd-Ost Ecke, 5,0m über FOK
- - - Schwere Körperarbeit, noch behaglich $v < 0,2$ m/s
- × Hänger Nord-West, 4,0m über FOK

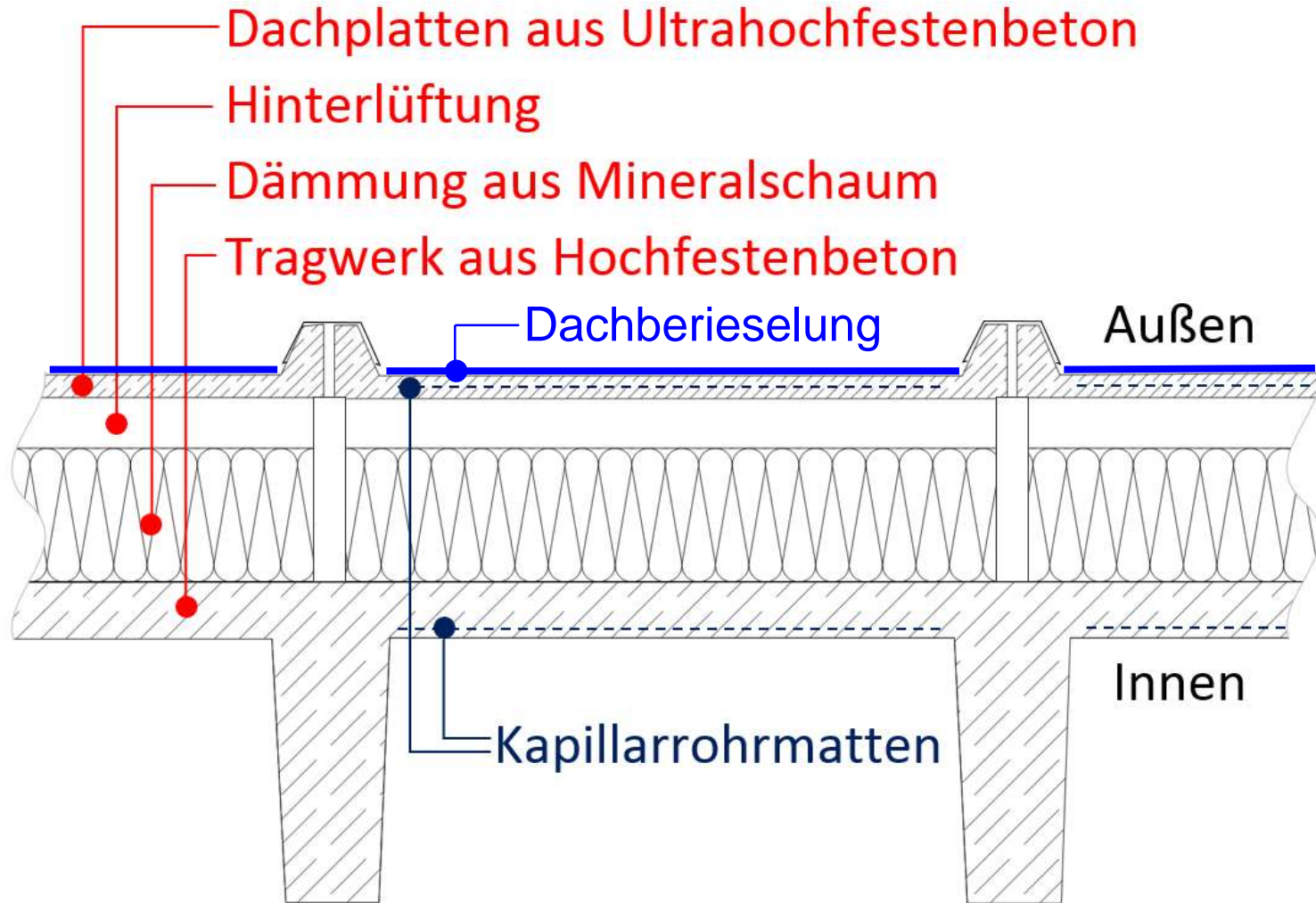


Passive Kühlung

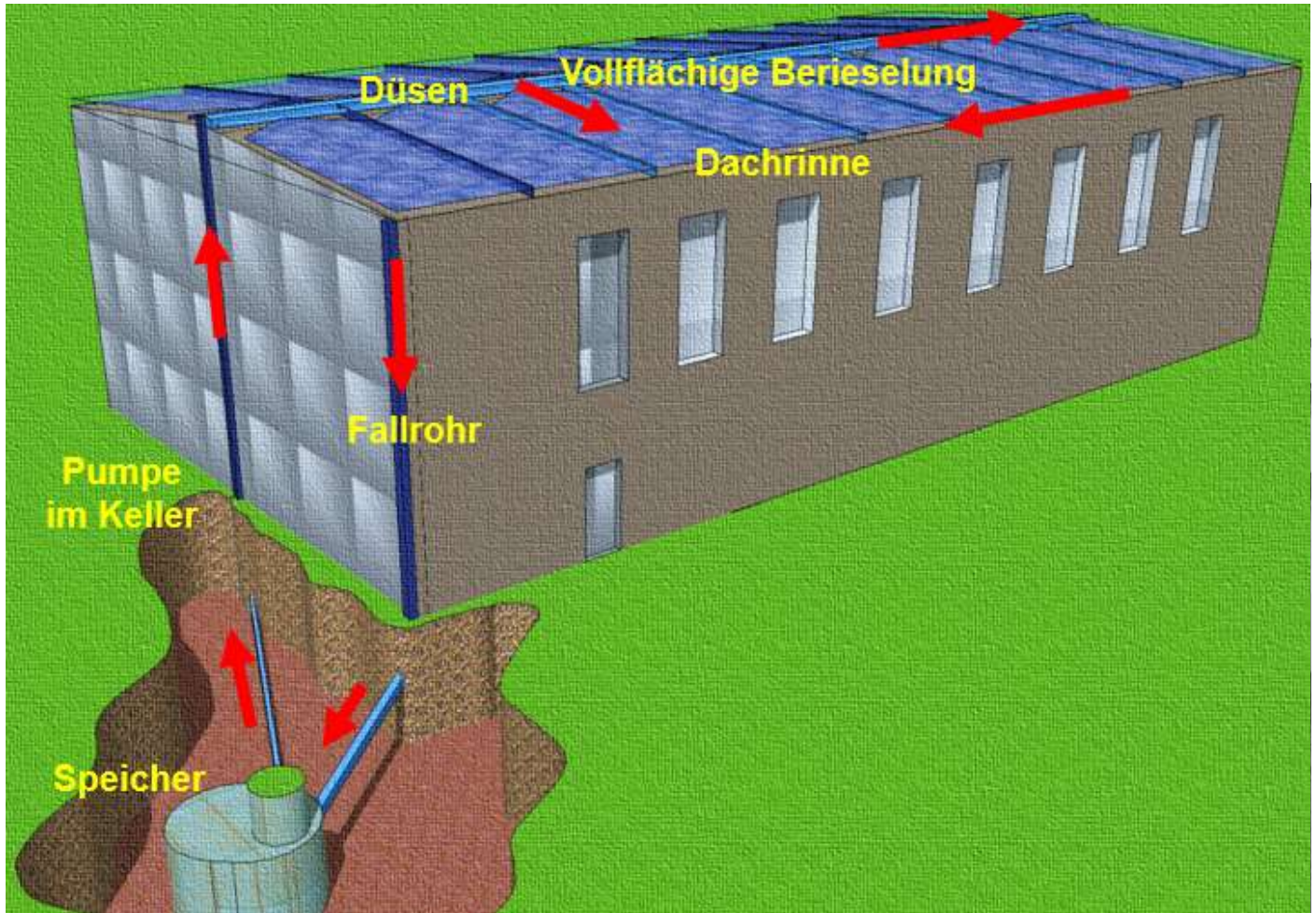
Simulation Nachtlüftung mit IDA ICE 20.08.20xx – 21.08.20xx



Bauteilbeschreibung



Bauteilbeschreibung



Aufgabenstellung → Aktive Kühlung



Ziel:

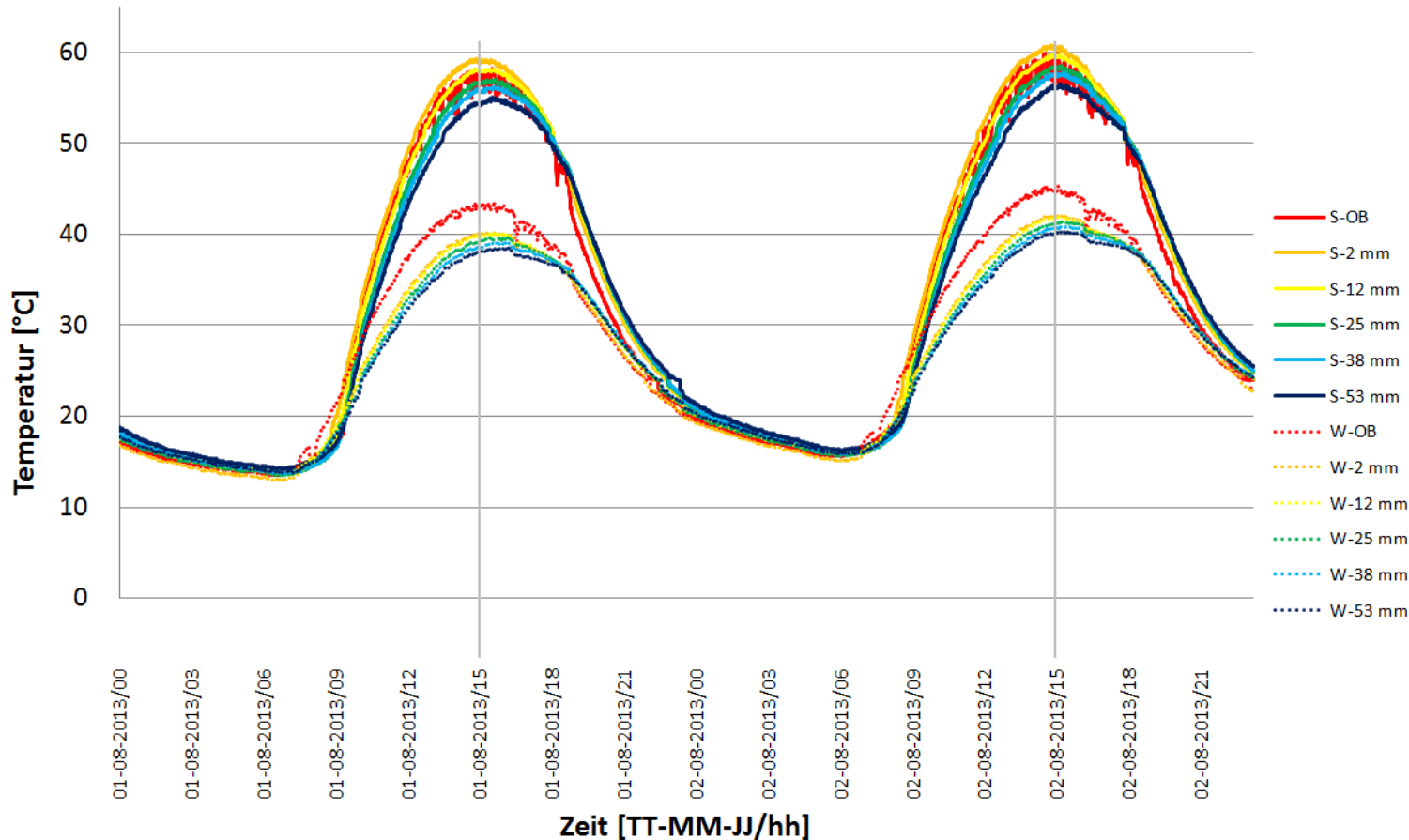
- Verdunstungskühlung: Wärmeabgabe durch künstliche Beregnung der Elementoberfläche infolge Verdunstung
- Strahlungskühlung: Wärmeabgabe über Konvektion, und Strahlungsaustausch mit dem „Himmel“

Methodik:

- künstliche Beregnung, Erfassen und Bewerten

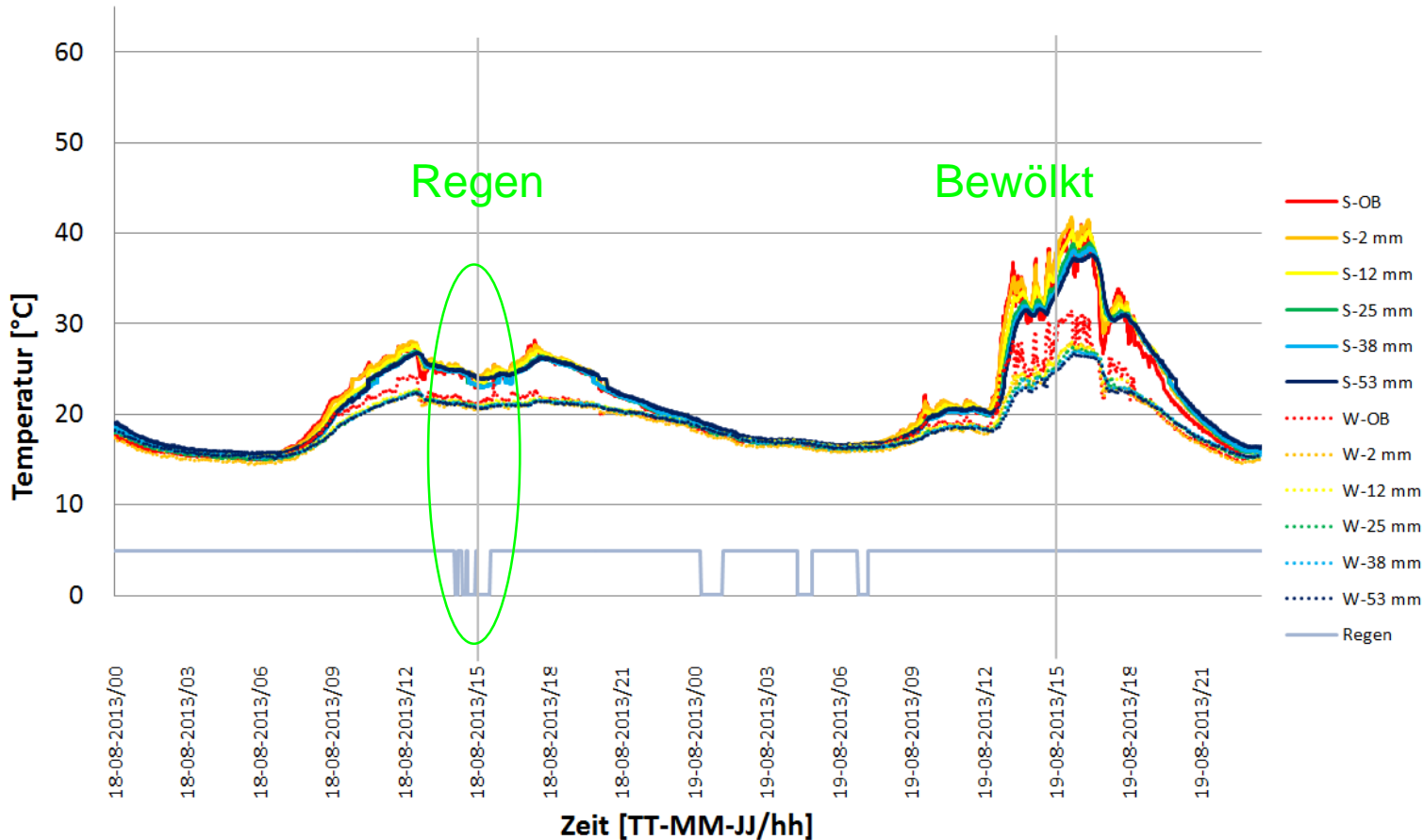
Einfluss der Farbtönung während zweier Sonnentage

Freibewitterungsversuch Messwerte 01.08.2013 - 02.08.2013



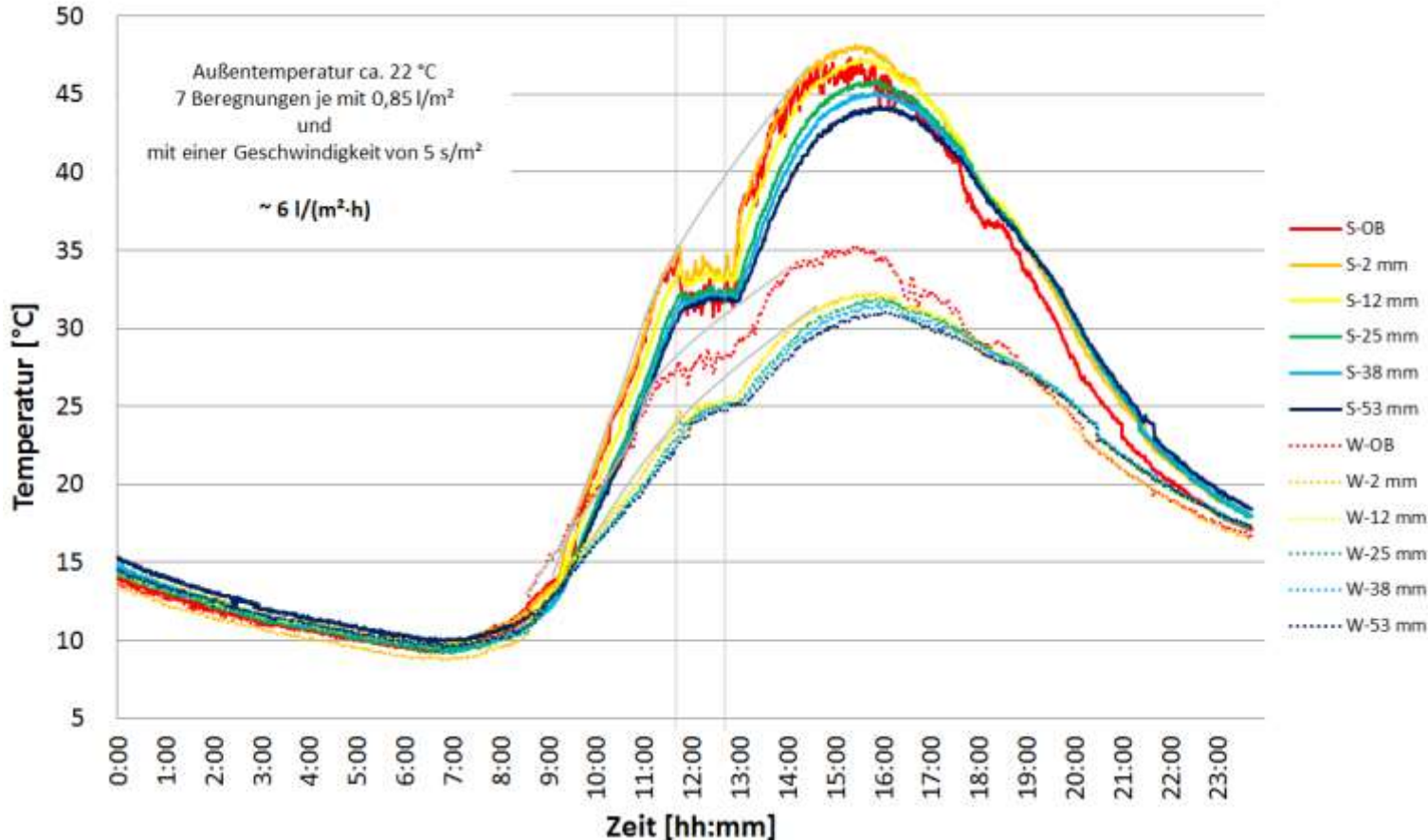
Temperaturverhalten an regnerischen und bewölkten Tagen

Freibewitterungsversuch Messwerte 18.07.2013 - 19.08.2013



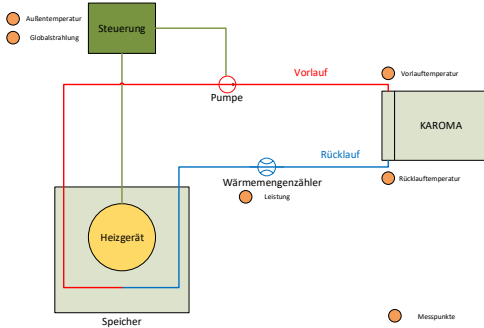
Einfluss einer Berieselung der Elementoberfläche

Freibewitterungsversuch Messwerte Do 22.08.2013

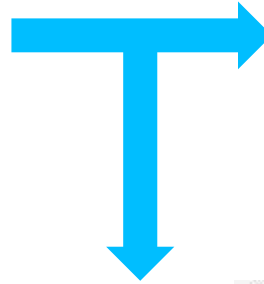
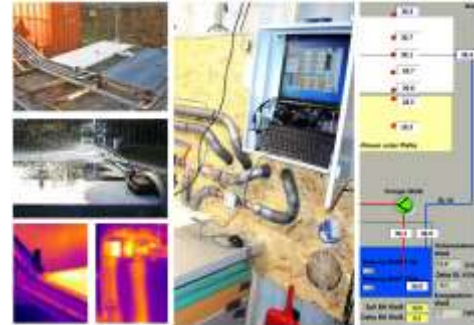


Untersuchungsmethoden - Gebäudesimulation

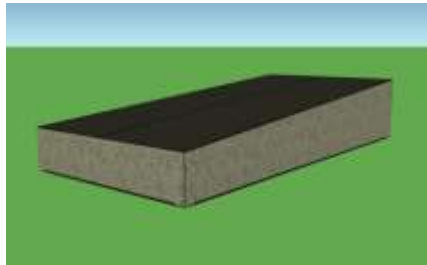
Modell in VISIO



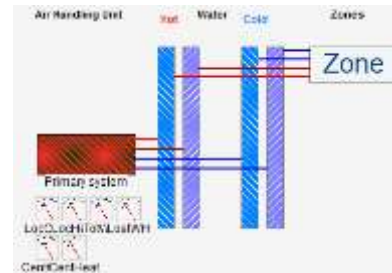
Versuchsstand



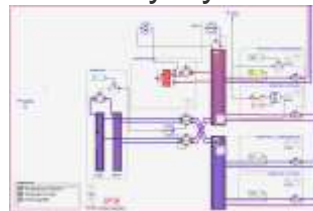
Hülle + Zone



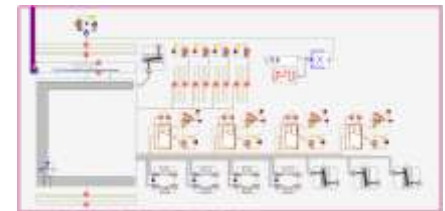
Modell / Schema



Primary System



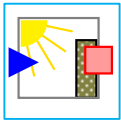
Zone



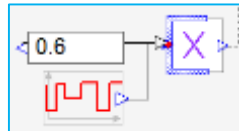
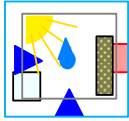
Berechnungsmodul für IDA ICE

Verdunstungswärme durch ein Wasserfilm auf einer Bauteiloberfläche

TqFace

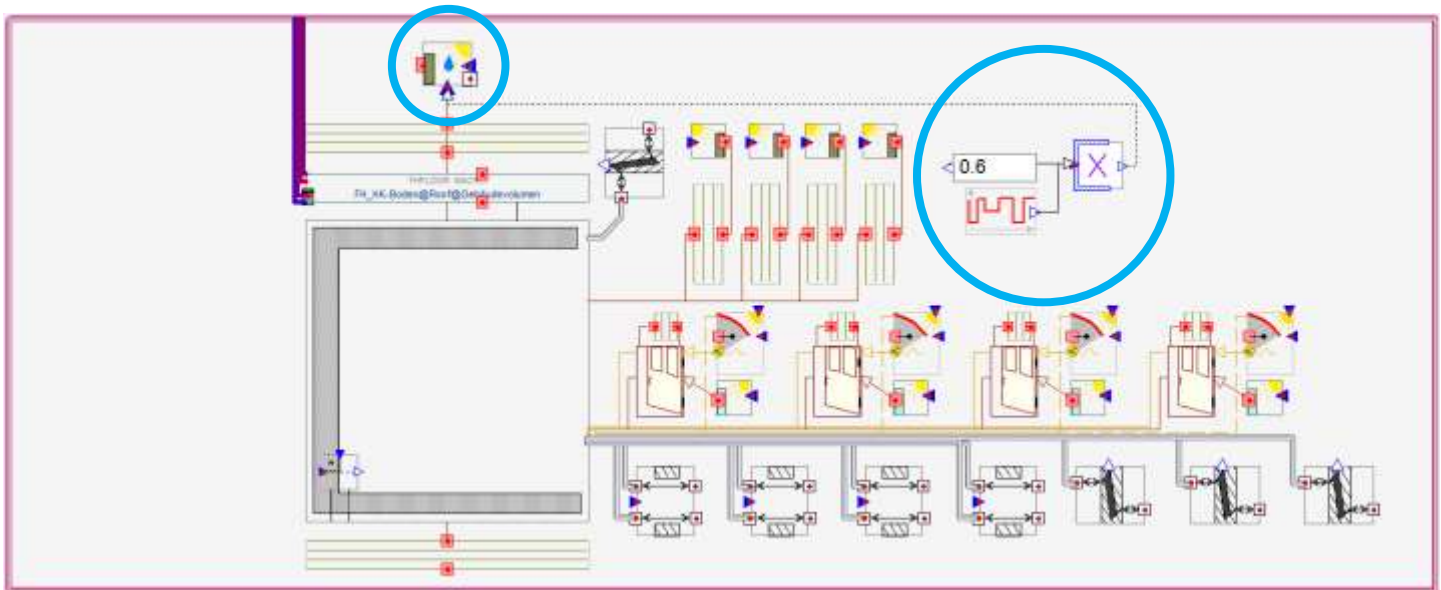
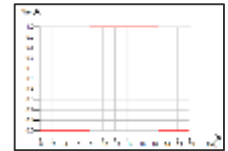


TqFaceMoist



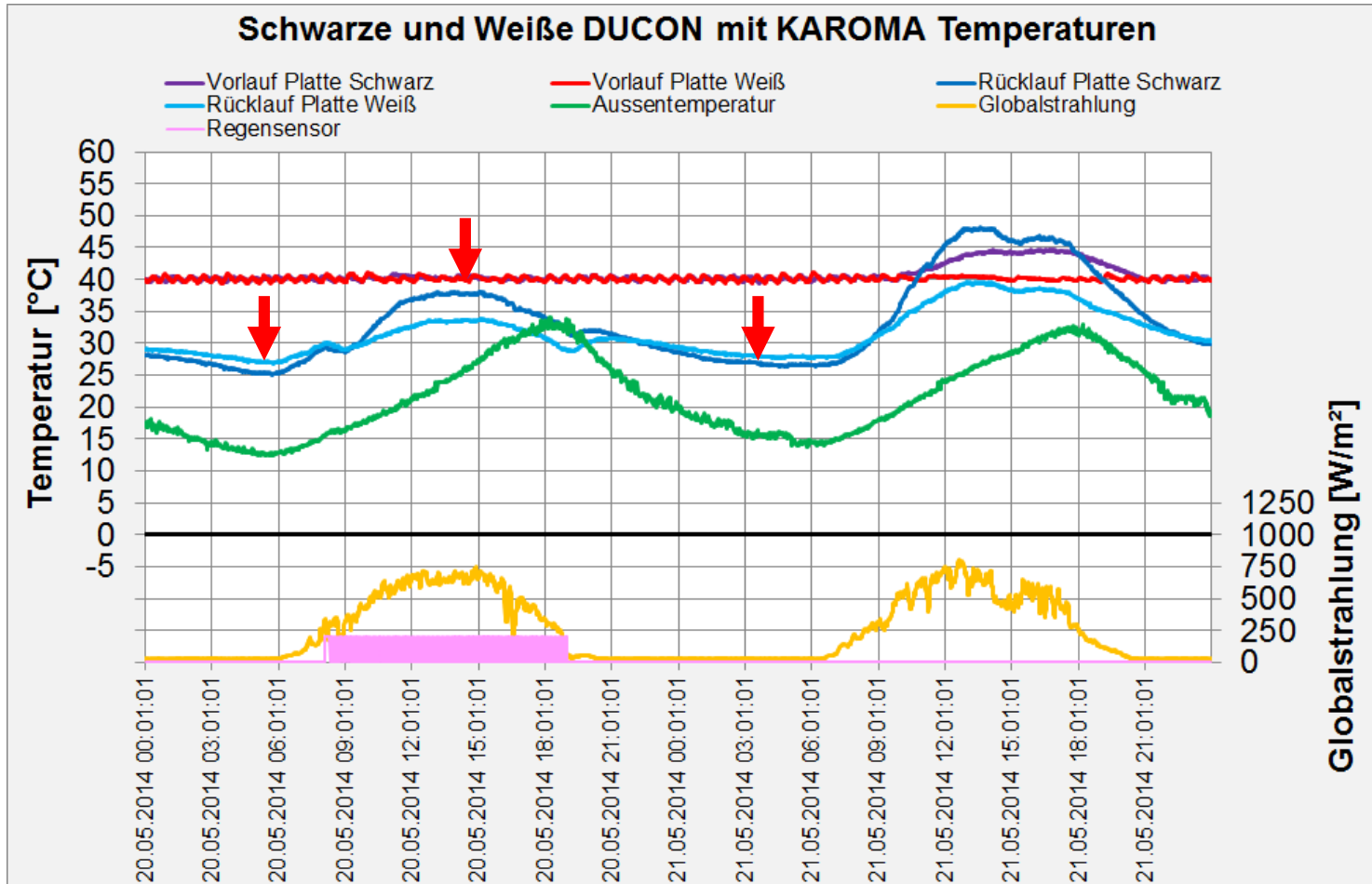
Koeffizient für den Massenanteil der Oberflächenfeuchte

Steuerungssignal für den Wasserfilmauftrag (0-0,5-1)



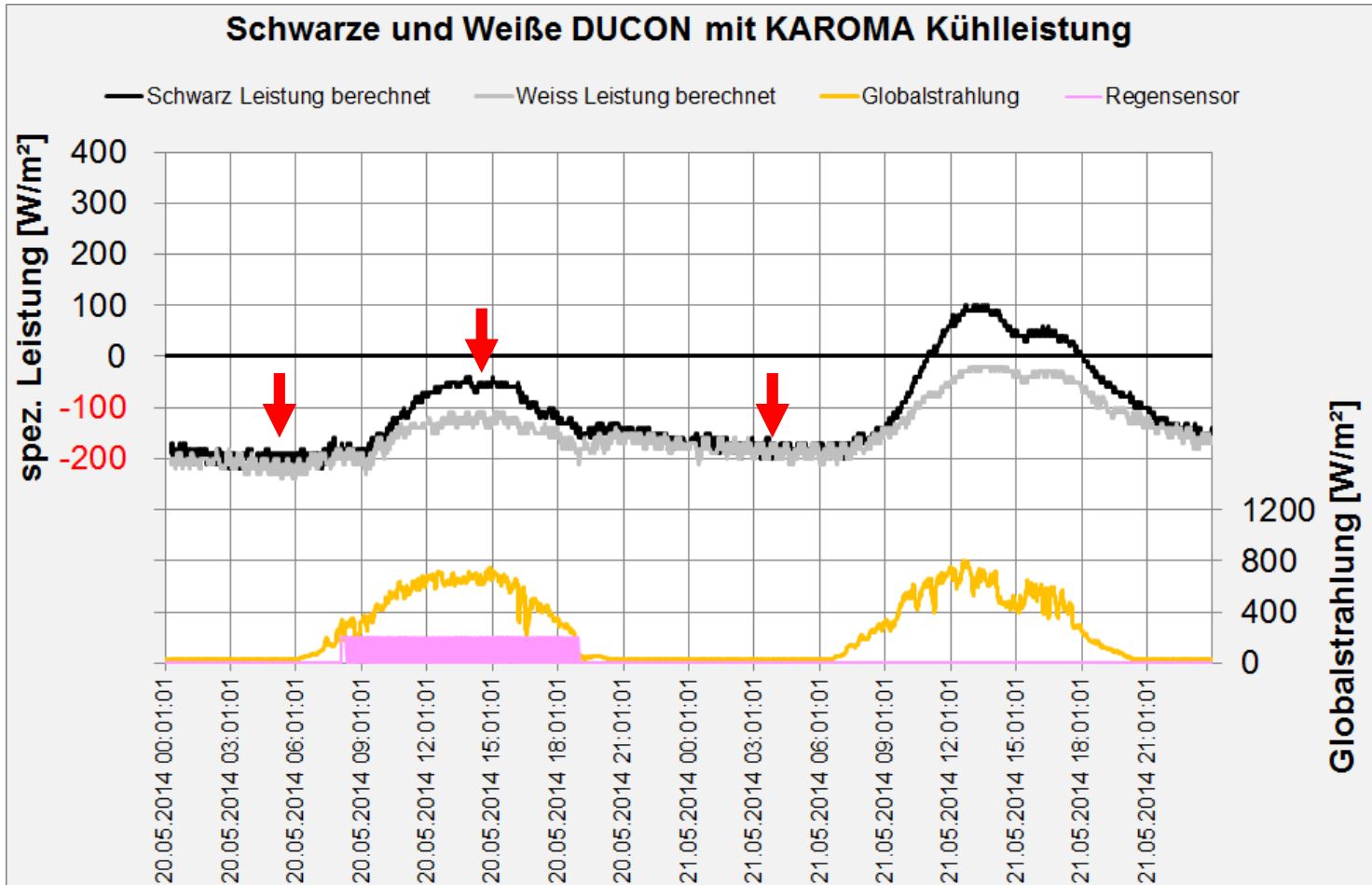
Ergebnisse – Versuchsstand

Frühjahr – Kühlung durch Berieselung und langwellige Strahlung



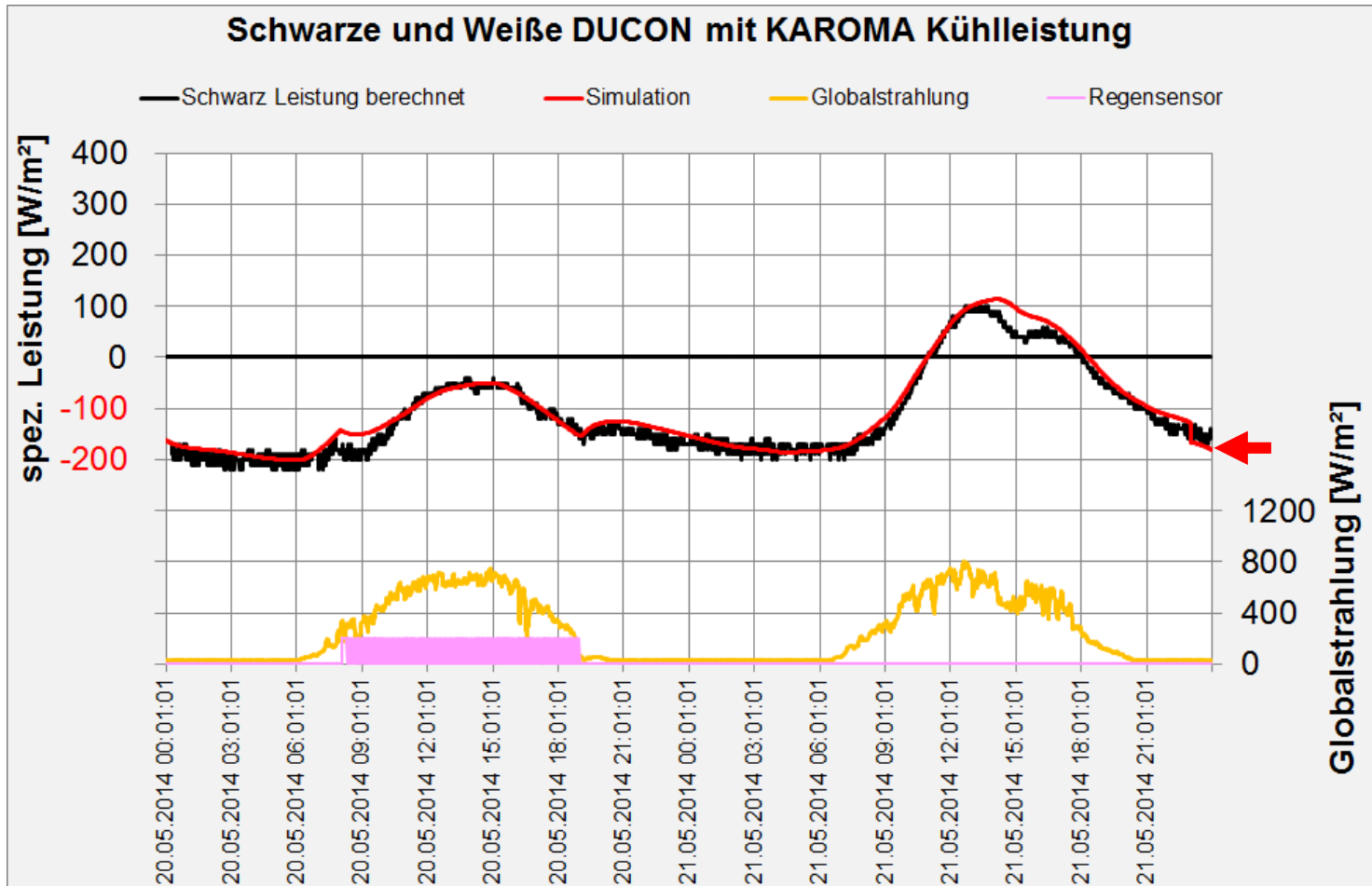
Ergebnisse – Versuchsstand

Frühjahr – Kühlung durch Berieselung und langwellige Strahlung



Ergebnisse – Simulation

Frühjahr – Kühlung durch Berieselung und langwellige Strahlung



Ergebnisse Zusammenfassung

Erforderliche Kühlleistung: Maschinen 100 kWh/d

	Wetter	Außen	VL	RL	Max. Leistung	Erreichte Tagesleistung
Winterfall	bedeckt	5-10 °C	33 °C	15 °C	-190 W/m ²	2 h
Sommer	Klar	15-33 °C	50 °C	29-42 °C	-230 W/m ²	2 h

$$-190 \frac{W}{m^2} \cdot 280 m^2 = -53,2 kW$$
$$-53,2 kW \cdot 2h = 106,4 kWh$$

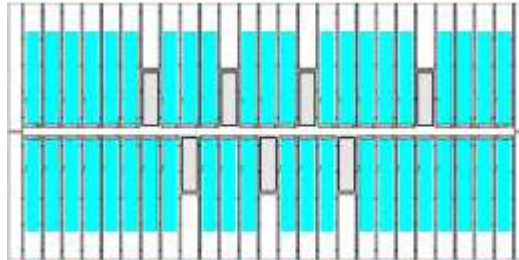
Leistungsfähigkeit der Kapillarrohrmatten

ETA-Fabrik

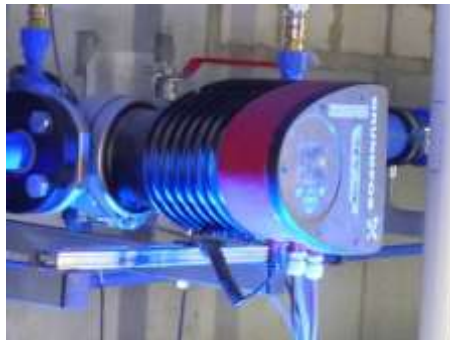


Kapillarrohrmatten

43 Felder je 7 m² = 301 m²



max. 0,336 kW



Berieselung

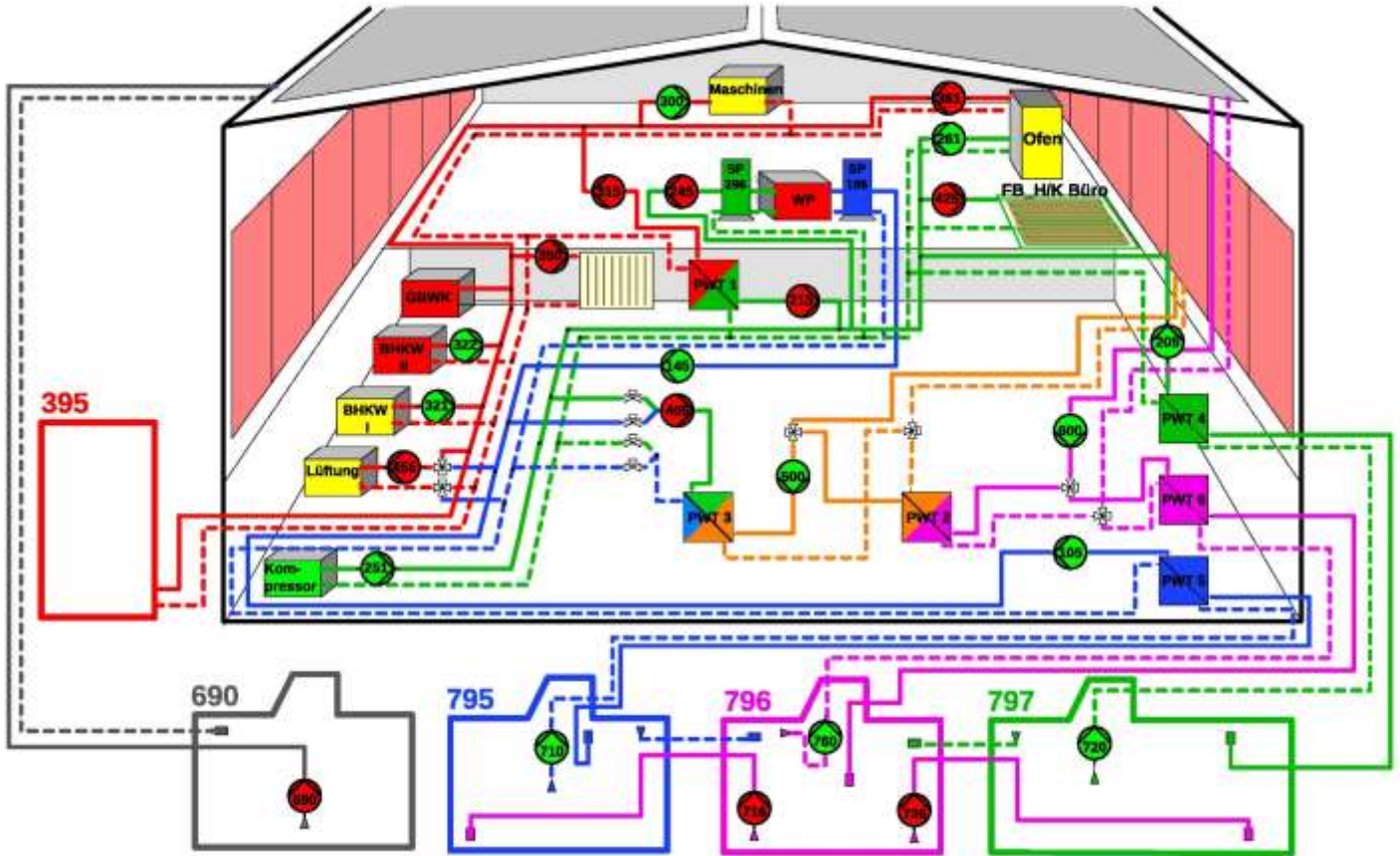


max. 0,800 kW



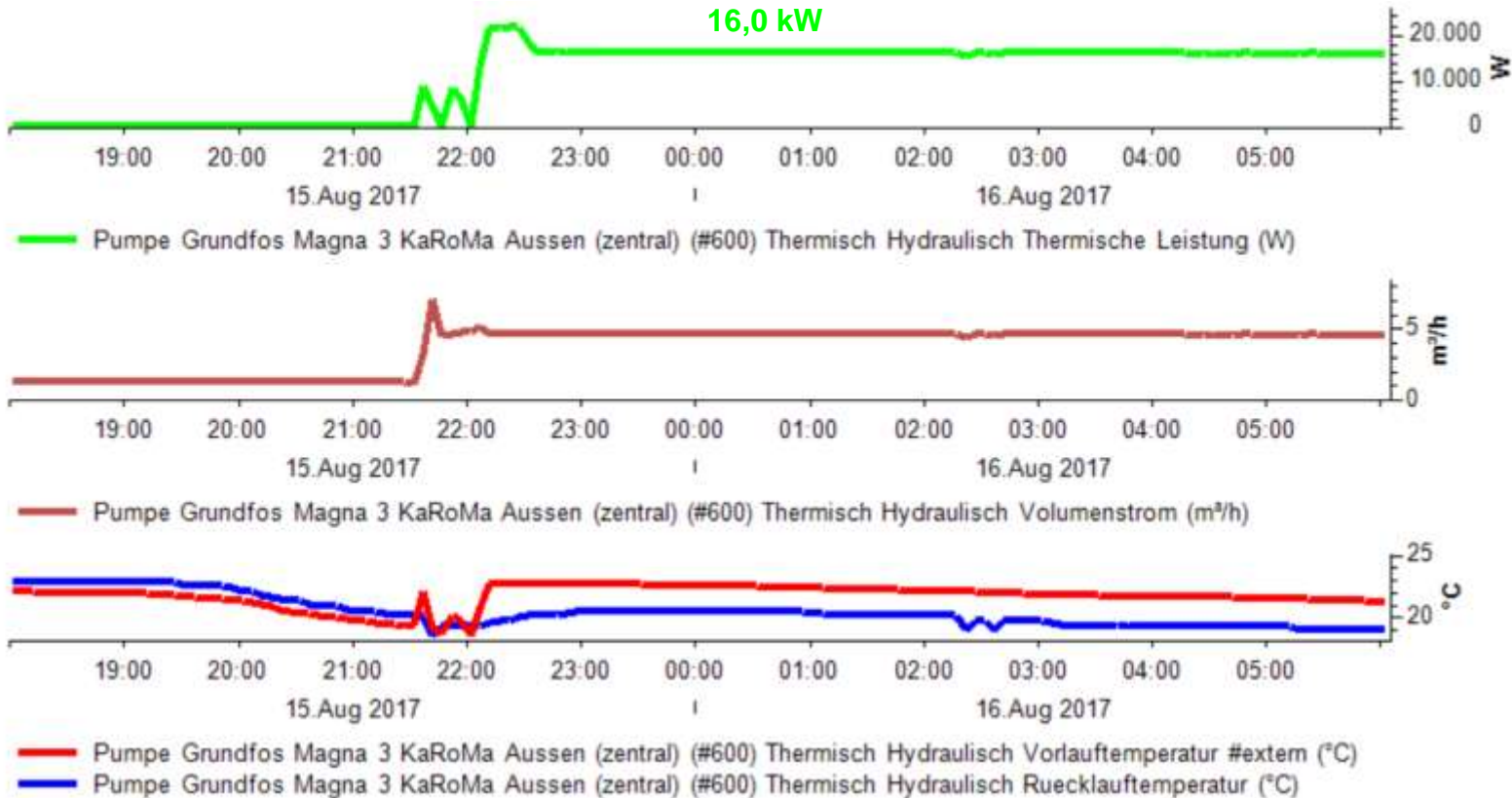
Sommer-Hallenkühlung mit Außen-Karoma ohne Berieselung

Schaltbild Erzeuger, Verbraucher und Aktoren



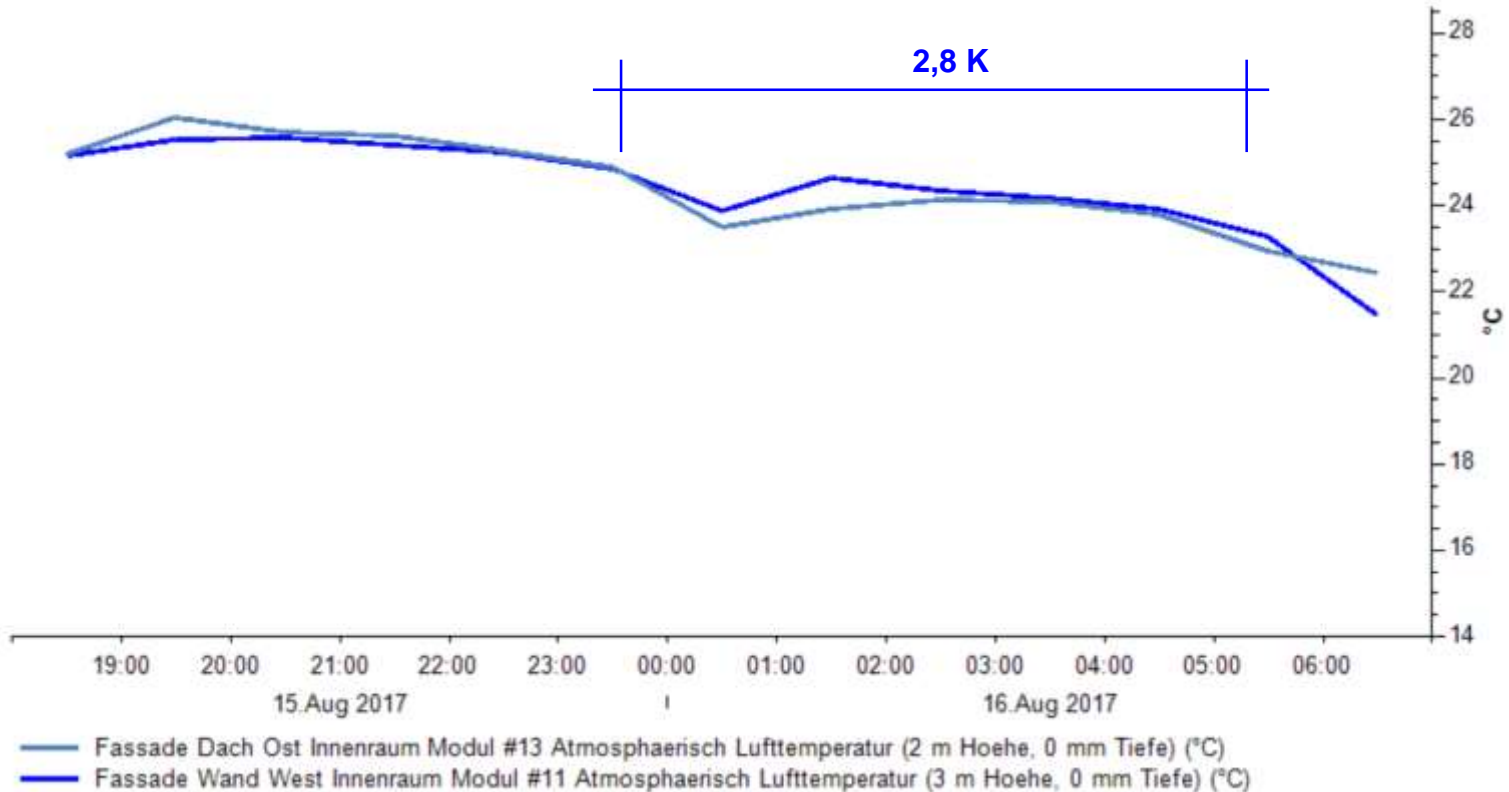
Sommer-Hallenkühlung mit Außen-Karoma ohne Berieselung

Kühlleistung: Leistungszahl_{AT 17 °C, VL 22 °C, Δθ 2 K} = $\frac{P_{\text{Kühl}}}{P_{\text{Aufwand elektr.}}} = \frac{16 \text{ kW}}{0,34 \text{ kW}} = 47$



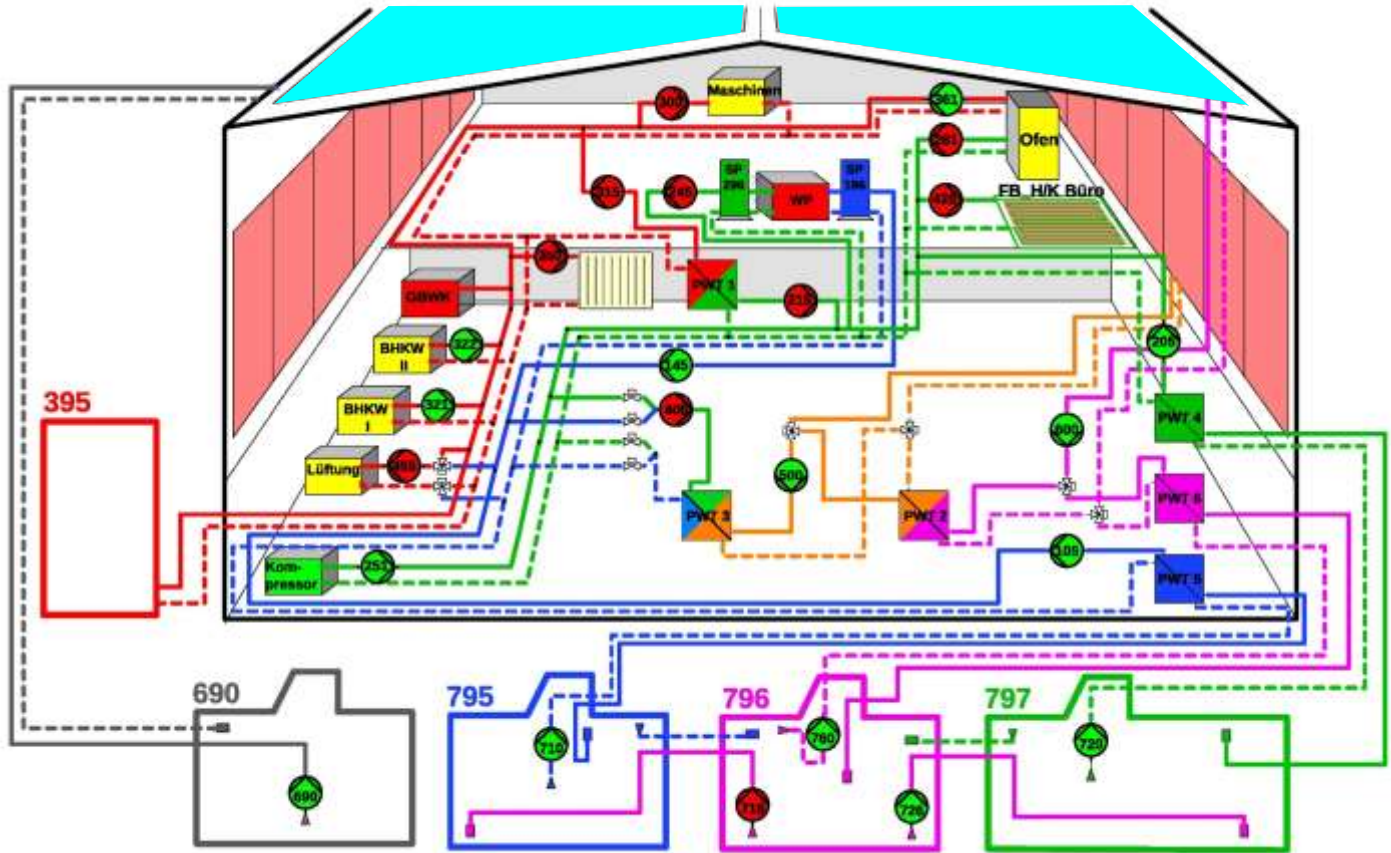
Sommer-Hallenkühlung mit Außen-Karoma ohne Berieselung

Absenkung der Hallentemperatur



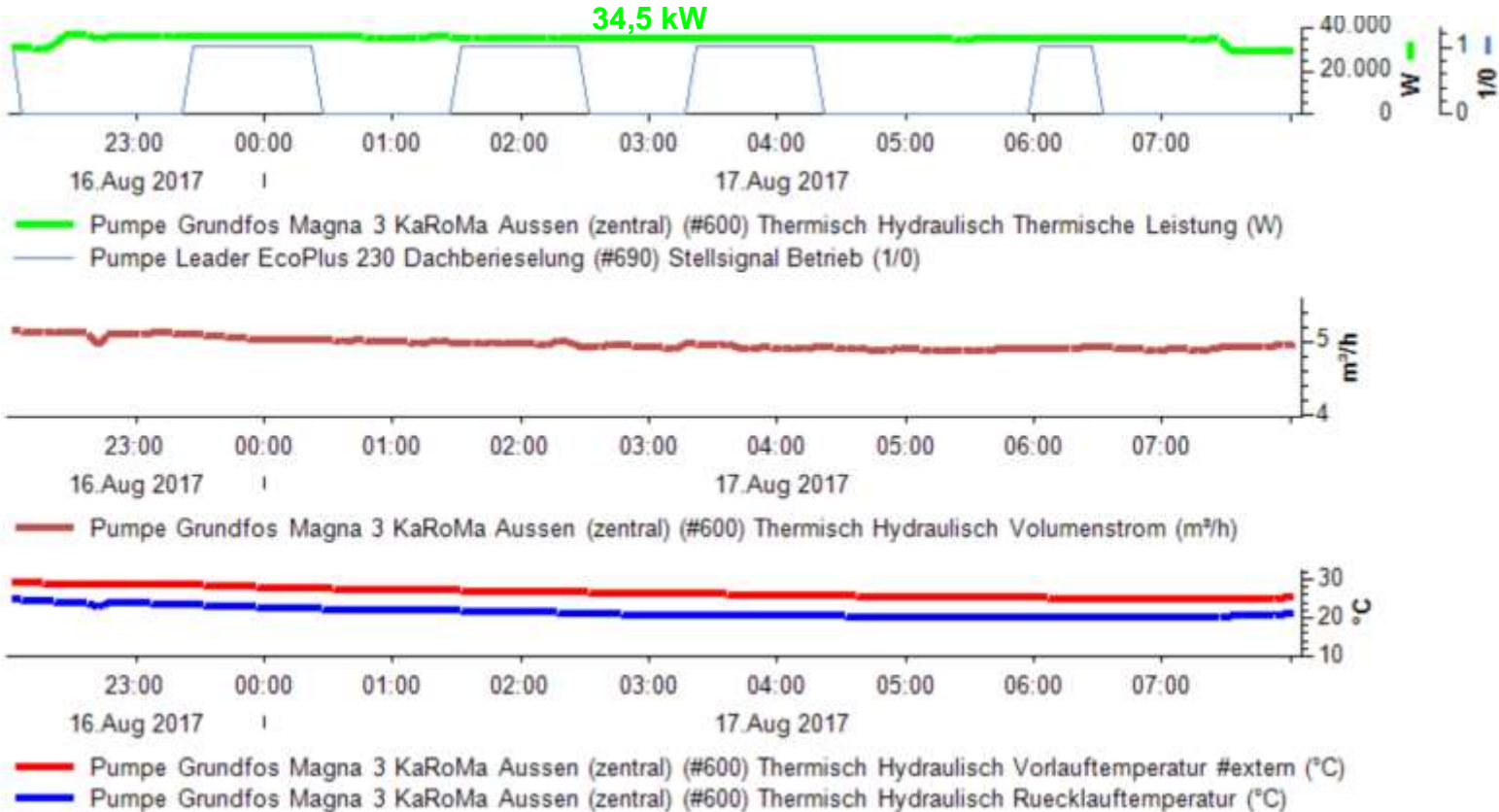
Sommer-Hallenkühlung mit Außen-Karoma mit Berieselung

Schaltbild Erzeuger, Verbraucher und Aktoren



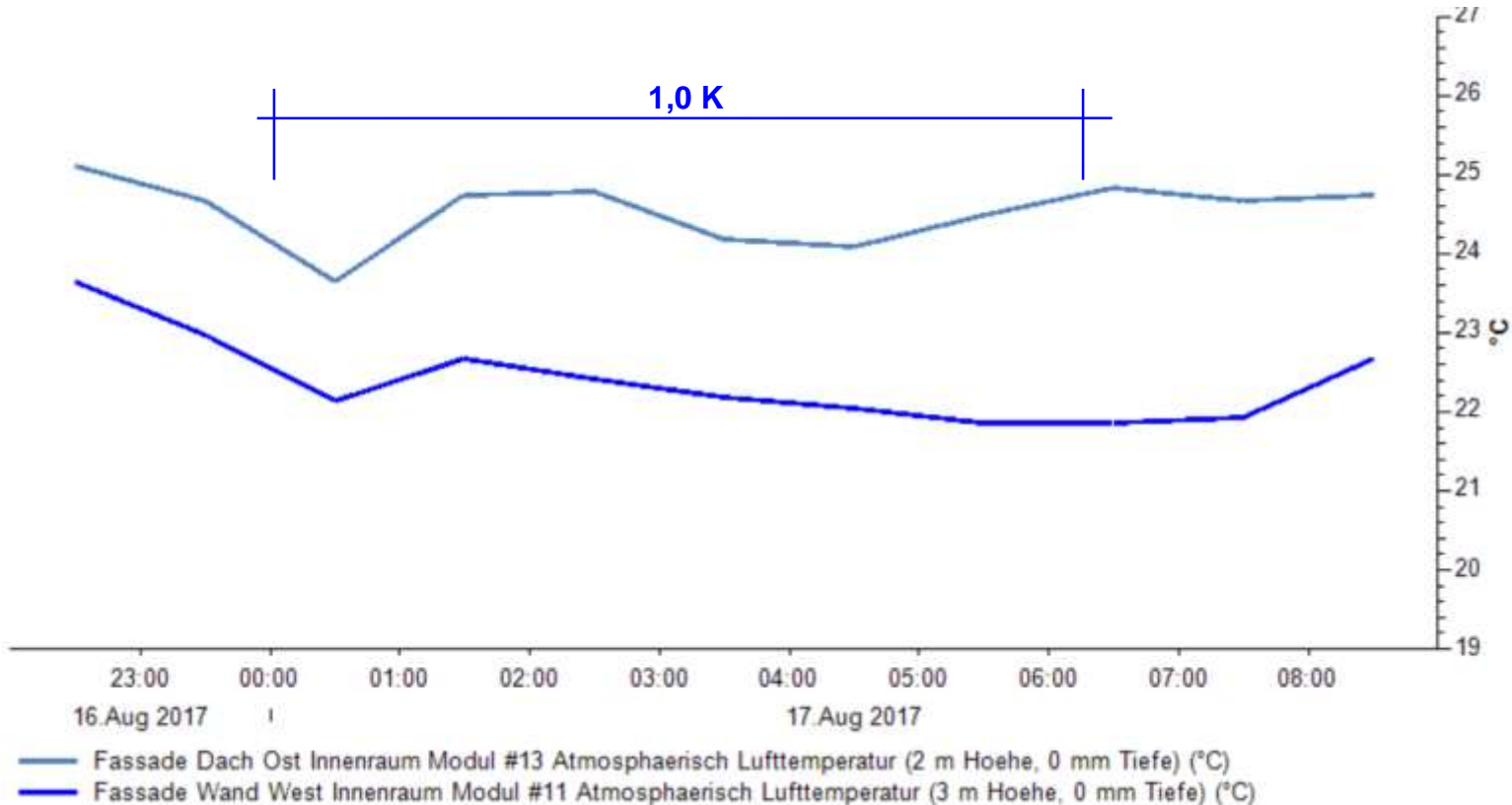
Sommer-Hallenkühlung mit Außen-Karoma mit Berieselung

Kühlleistung: Leistungszahl $_{AT 15\text{ }^\circ\text{C}, VL 26\text{ }^\circ\text{C}, \Delta\theta 5\text{ K}} = \frac{P_{\text{Kühl}}}{P_{\text{Aufwand elektr.}}} = \frac{34,5\text{ kW}}{1,14\text{ kW}} = 30$



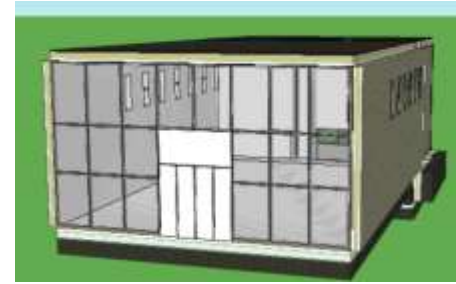
Sommer-Hallenkühlung mit Außen-Karoma mit Berieselung

Absenkung der Hallentemperatur

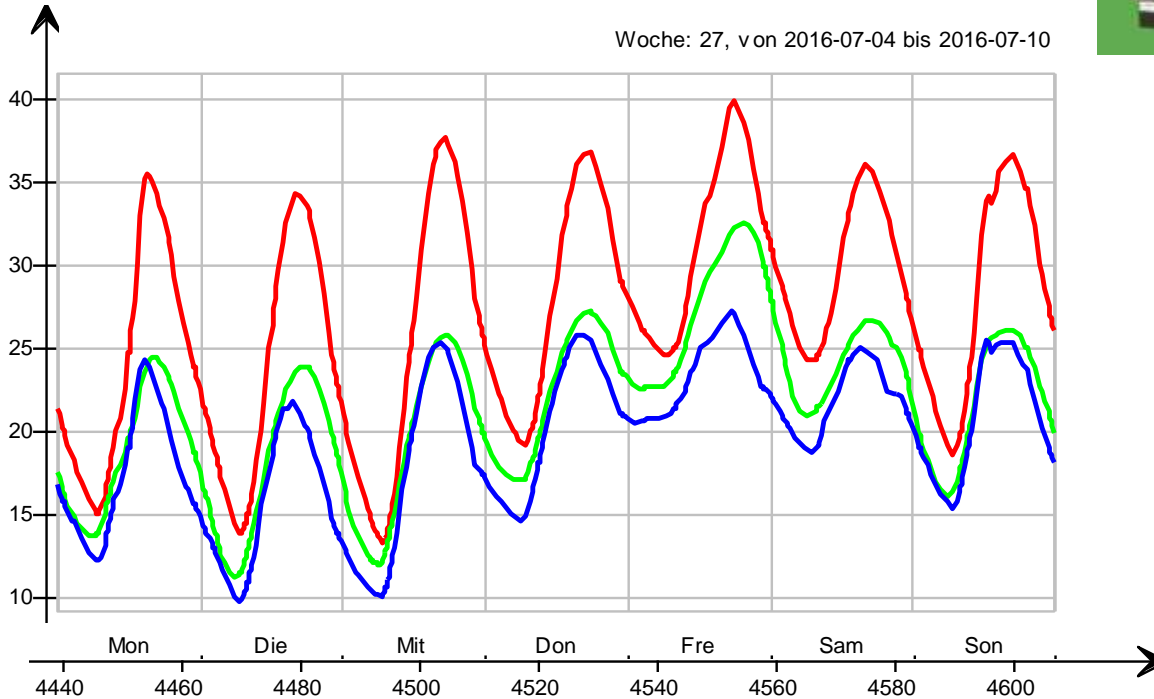


Dachkühlung mit Dachberieselung

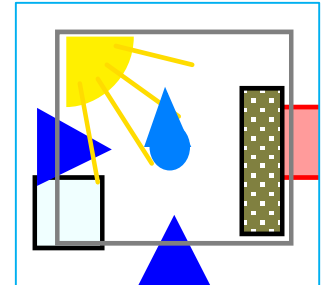
im Gebäudemodell



Woche: 27, von 2016-07-04 bis 2016-07-10



TqFaceMoist



- Dach Oberflächentemperatur ohne Berieselung
- Außentemperatur, Deg-C
- Dach Oberflächentemperatur mit Berieselung



Universität Stuttgart

Vielen Dank!



Christian Blatt, M.Sc.

E-Mail christian.blatt@iwb.uni-stuttgart.de

Telefon +49 (0) 711 685-66899

Fax +49 (0) 711 685-56899

Universität Stuttgart

Institut für Werkstoffe im Bauwesen

Pfaffenwaldring 4

70569 Stuttgart