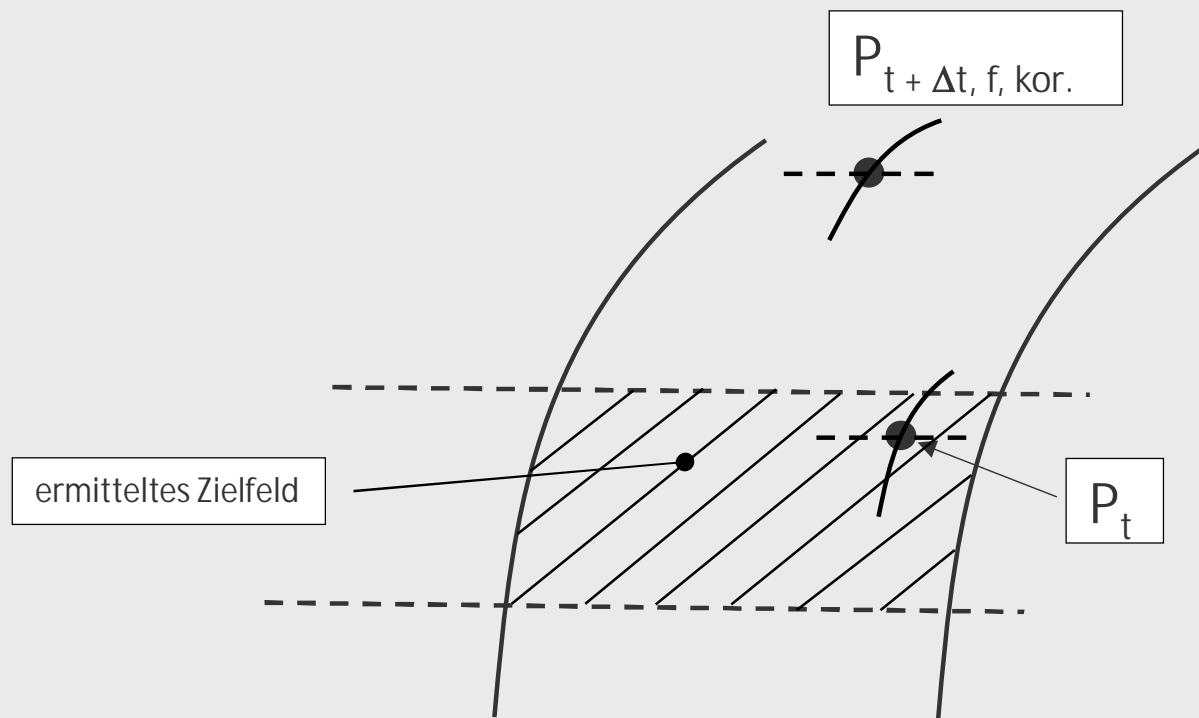


Optimierter Regelalgorithmus für Raumkonditionierungssysteme in Museen



Optimierter Regelalgorithmus für Raumkonditionierungssysteme in Museen

Ausgangspunkt

- Klimakorridor der SKD
 - grundlegende Vereinbarung [E-Mail](#) [REDACTED] – Dr. Fischer 01.04.2010
- gewöhnliche Umsetzung
 - Bestimmung von Sollwerten für die Raumtemperatur und die Raumlufffeuchte
 - Raumtemperatur = Funktion einer Bezugsaußentemperatur
 - relative Raumlufffeuchte = Funktion der Jahreszeit
- Ergebnis 1 – [Messungen](#) GAM Raum 1-34 01.06.2021 – 21.06.2021
- Ergebnis 2 – [Simulation](#) IB GTD 08.10.2021 für denselben Zeitraum

Volker Fischer

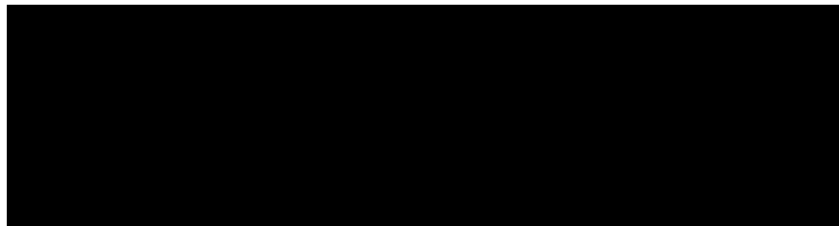
Von:

Gesendet:

An:

Cc:

Betreff:



Priorität:

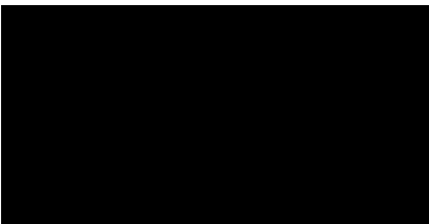
Hoch

Sehr geehrter Herr Dr. Fischer,

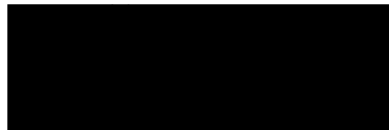
nach einer Entscheidung innerhalb SKD bestätige ich Ihnen die nachfolgenden prinzipiellen Klimaparameter:

Klimakorridor für Kunstgut (Tischvorlage siehe Anhang): Die Anwesenden sind sich einig, dass der Sollwert der Raumluftfeuchte bei Mischlüftungssystemen 48 ± 3 % relative Feuchte und $19^{\circ}\text{C} \pm 1$ K (Schwankungen im Tagesgang) im Winter und 52 ± 3 % relative Feuchte und $23^{\circ}\text{C} \pm 1$ K, jedoch nur 6-8 K unter der Außentemperatur im Sommer bei Auslegungsbedingungen betragen sollte.

Ausnahmen davon für spezielle konservatorische Anforderungen (zum Beispiel für die Materialien Silber oder Elfenbein) bleiben unbenommen.



Staatliche Kunstsammlungen Dresden
RESIDENZSCHLOSS ° Taschenberg 2 ° 01067 Dresden



web: www.skd.museum

Kein Zugang für elektronisch signierte und verschlüsselte elektronische Dokumente.

Diese E-Mail enthält vertrauliche und/oder rechtlich geschützte Informationen. Wenn Sie nicht der richtige Adressat sind oder diese E-Mail irrtümlich erhalten haben, informieren Sie bitte sofort den Absender und vernichten Sie diese Mail. Das unerlaubte Kopieren sowie die unbefugte Weitergabe dieser Mail ist nicht gestattet.

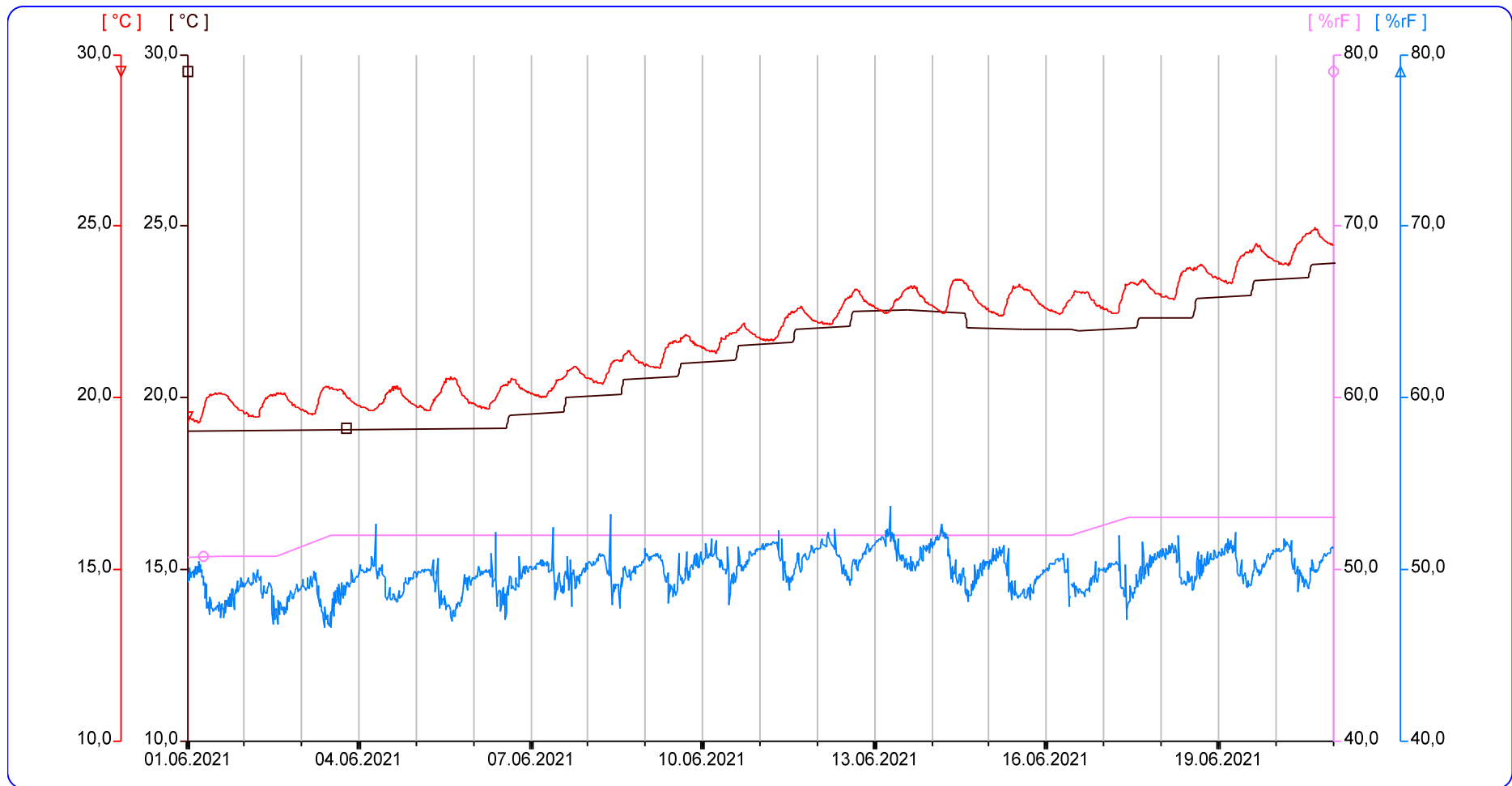
This e-mail may contain confidential and/or privileged information. If you are not the intended recipient (or have received this e-mail in error) please notify the sender immediately and destroy this e-mail. Any unauthorised copying, disclosure or distribution of the material in this e-mail is strictly forbidden.



450 JAHRE
Staatliche Kunstsammlungen
Dresden



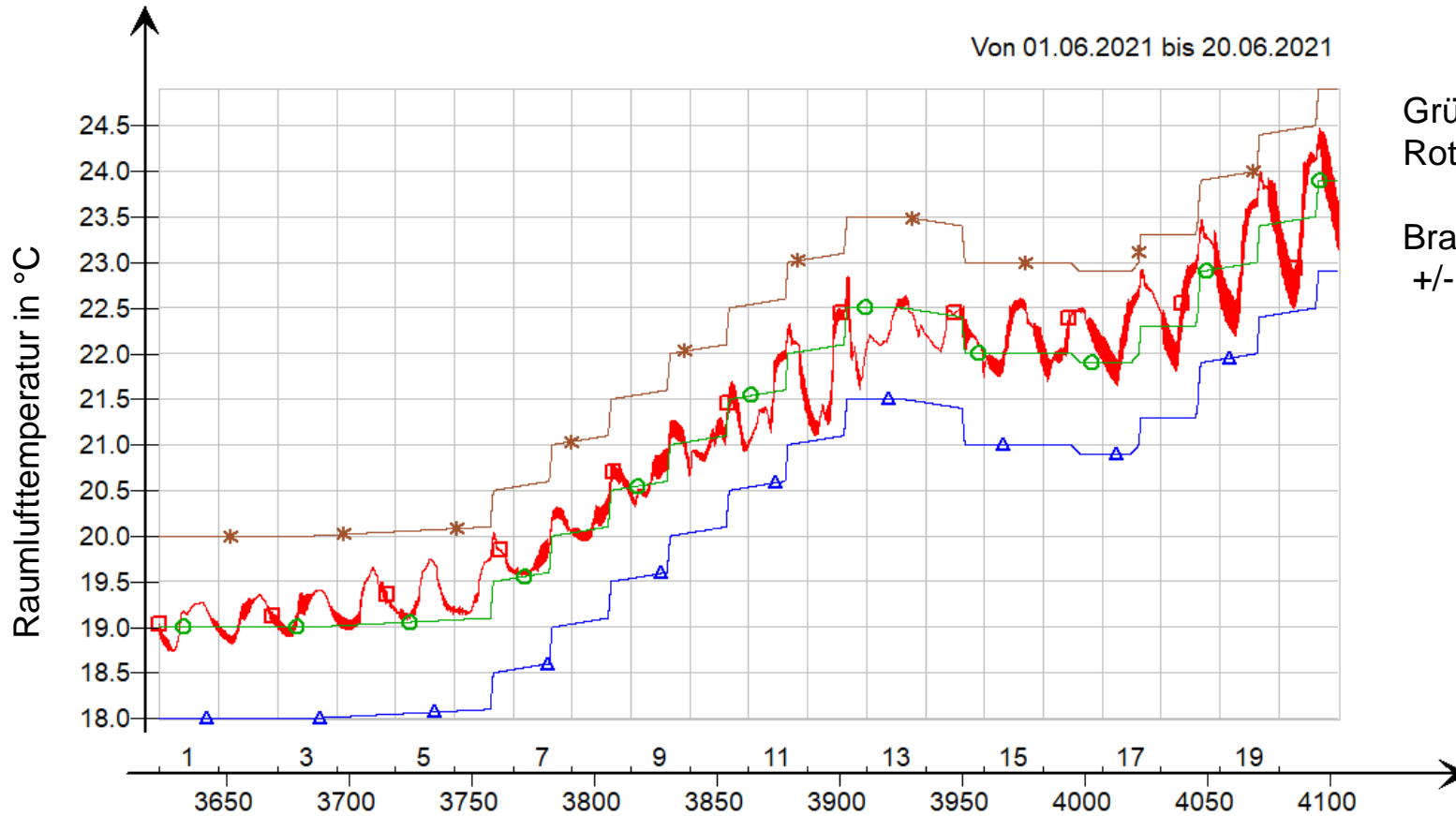
Bitte prüfen Sie, ob diese Mail wirklich ausgedruckt werden muss



- ZSE_IP12_RLT40_TM00_XC01 RLT40 Umluft 1.OG West / XC Raum-Temp.
- ZSE_IP12_RLT40_FM00_XC04 RLT40 Umluft 1.OG West / XC Raumfeuchte
- ▽— ZSE_IP22_RLT40_TM05_MW03 RLT 40 Umluft 1.OG West MW Raumtemp. 1-34
- △— ZSE_IP22_RLT40_FM05_MW03 RLT 40 Umluft 1.OG West MW Raumfeuchte 1-34

A12 - Lüftungsregelung – Temperatur in der Zone

Von 01.06.2021 bis 20.06.2021



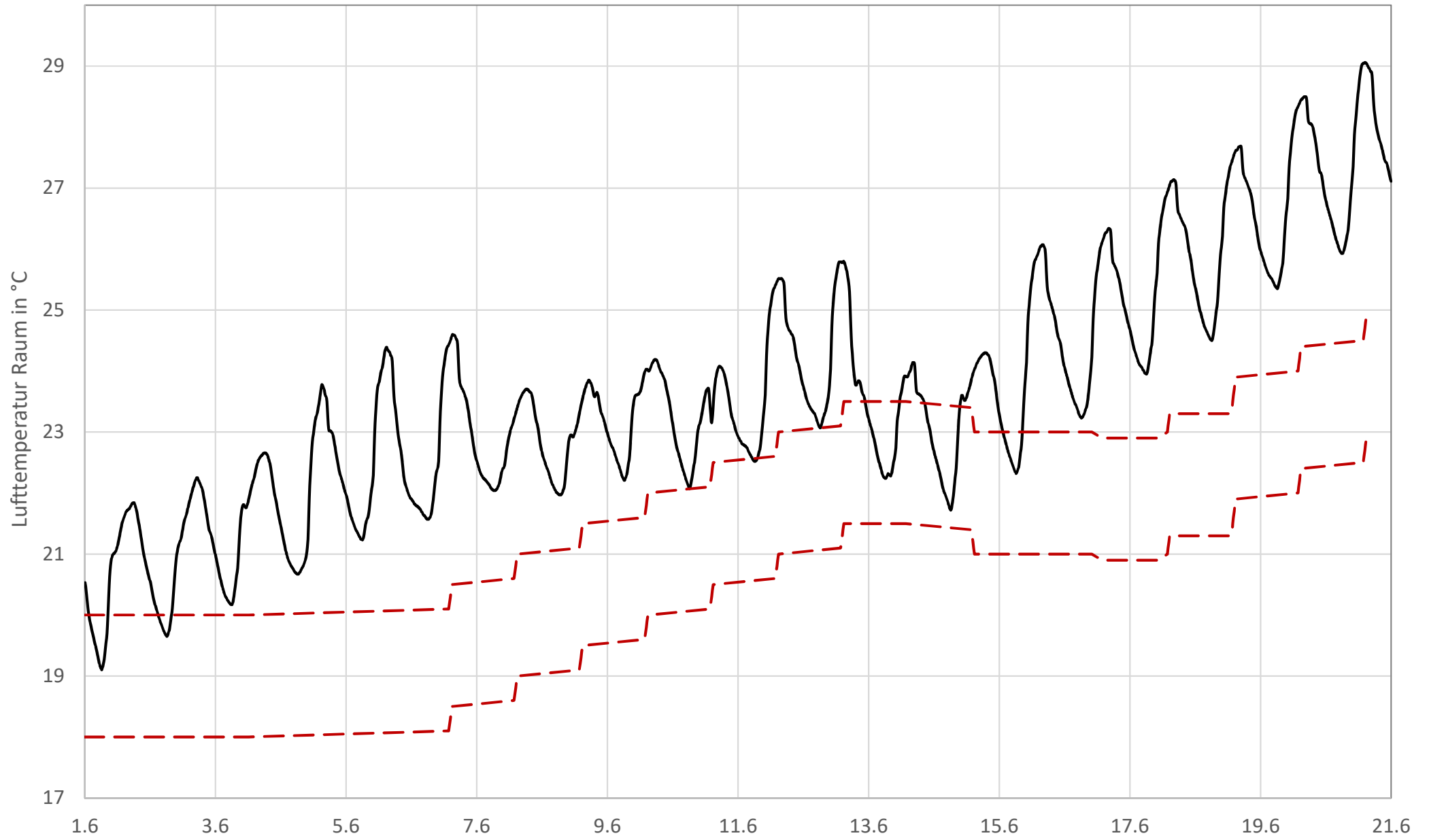
Grün: Raum-Soll-Wert
Rot: Raum-Ist-Wert

Braun / Blau:
+/- 1K vom Sollwert

Optimierter Regelalgorithmus für Raumkonditionierungssysteme in Museen

Idee

- Simulation IB GTD 08.10.2021 – dieselben Randbedingungen aber ausgeschaltete Klimaanlage
- NEU: Es werden Schwankungen geregelt und keine festen Sollwerte!
- Entwicklung einer sehr einfachen prädikativen Regelung



Optimierter Regelalgorithmus für Raumkonditionierungssysteme in Museen

Skizze des Regelalgorithmus - Ablauf in zeitdiskreten Schritten

- Schritt 1
 - Festlegung eines Zielfeldes – [Bilder](#)
- Schritt 2
 - [Prognose](#) des nächsten fiktiven thermischen Raumpunktes
- Schritt 3
 - Korrektur dieses fiktiven thermischen Raumpunktes um die Einwirkung der Klimaanlage, man erhält den korrigierten fiktiven thermischen Raumpunkt
- Schritt 4
 - Bewertung des korrigierten fiktiven thermischen Raumpunktes und Ableitung von Sollwertvorgaben für nachgeordnete PID-Regelungen der Klimaanlage – [Bild](#)

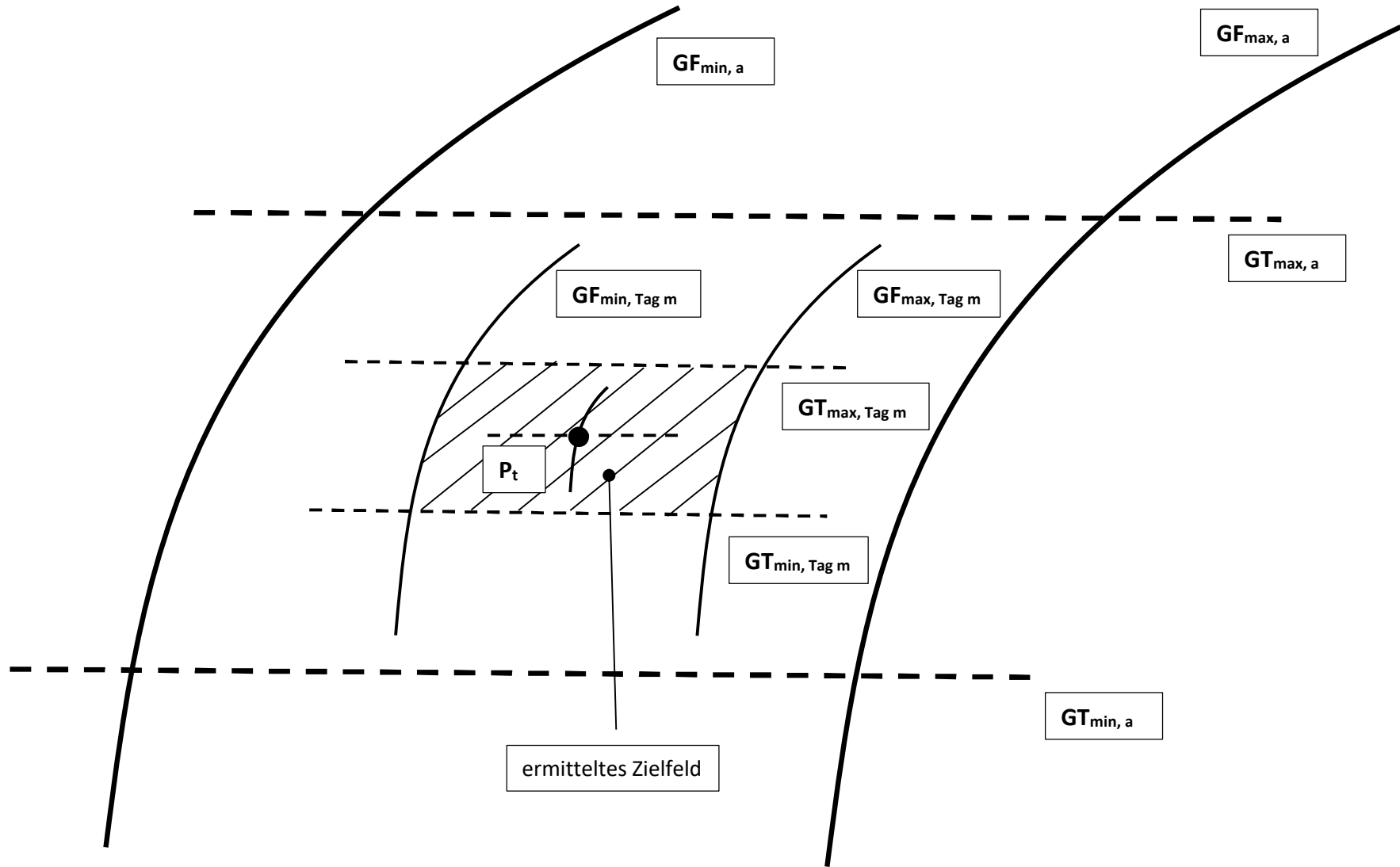


Fig. 1

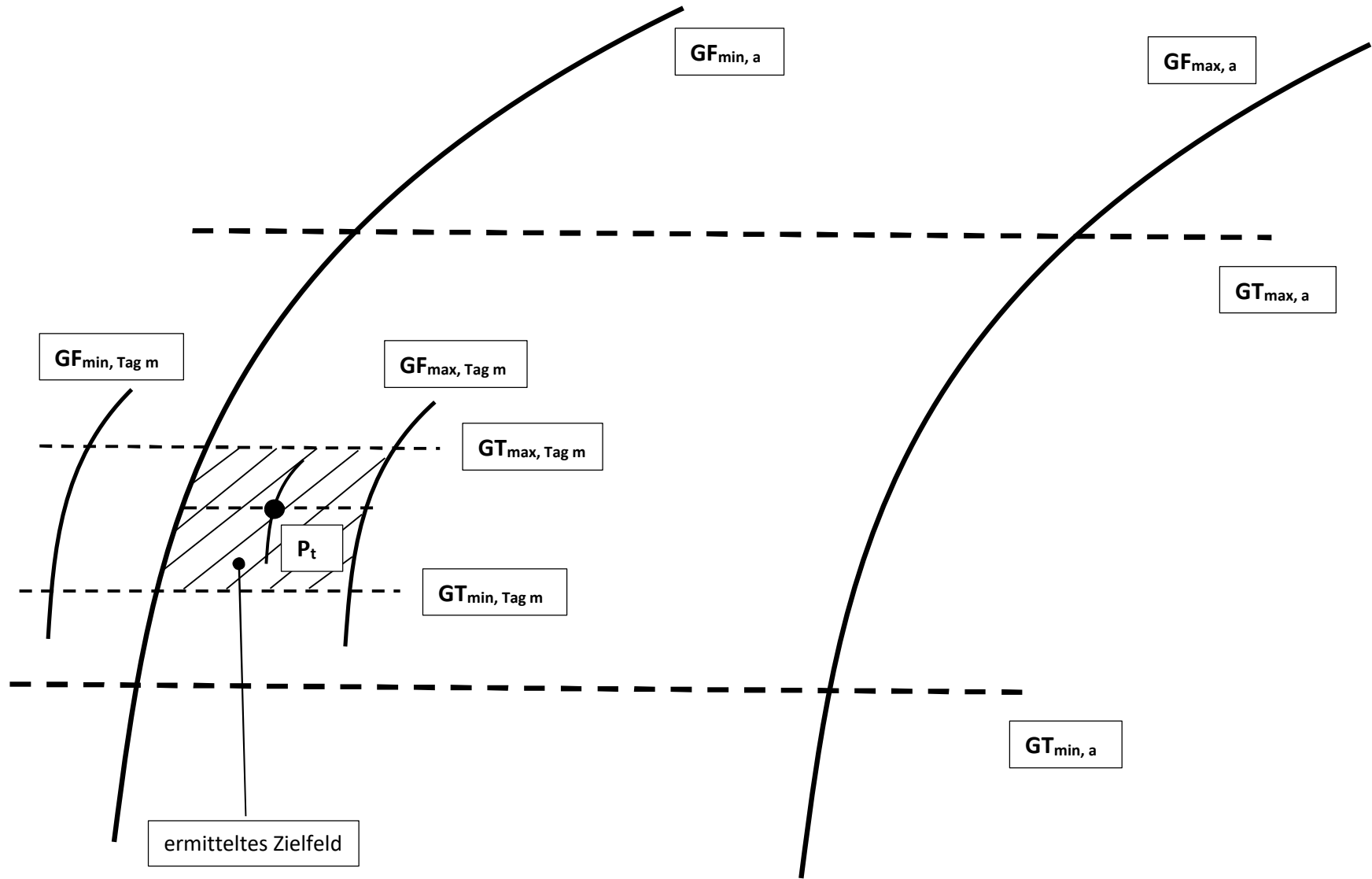
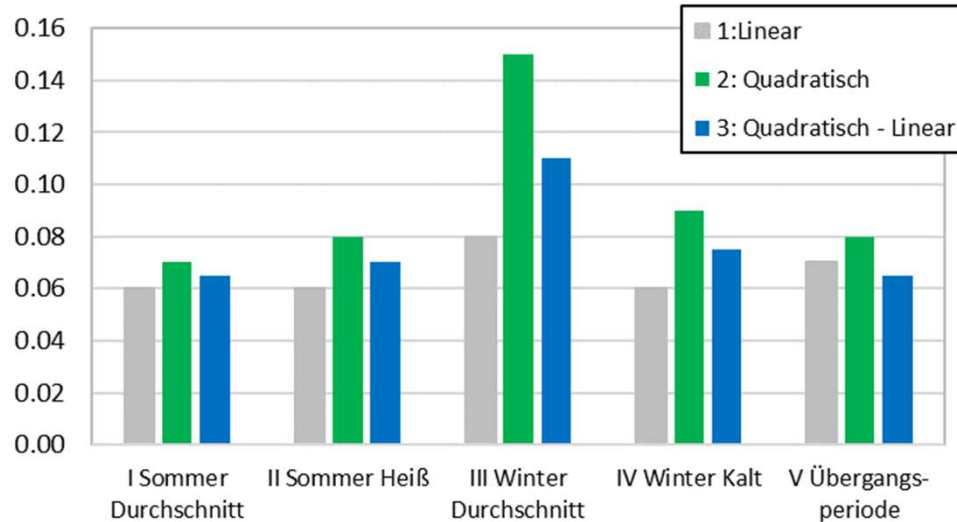


Fig. 2

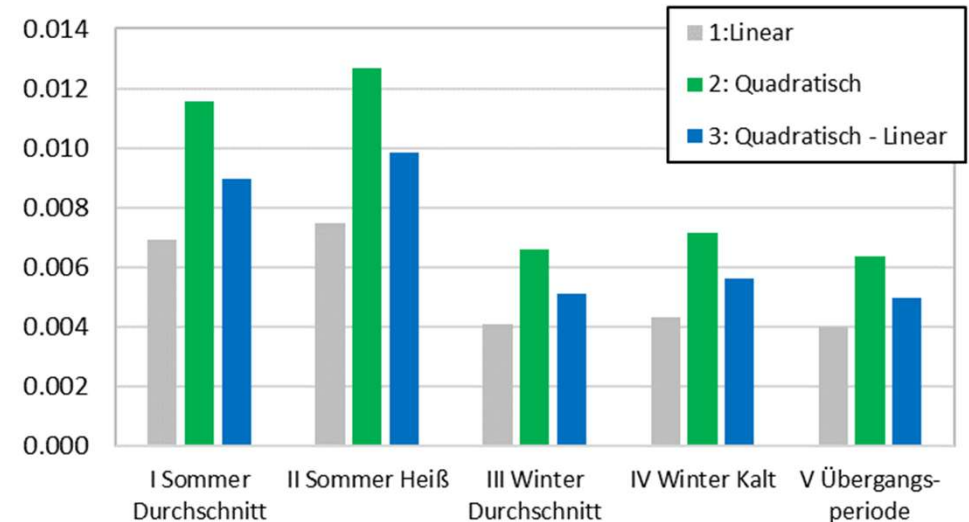
Ergebnisse Extrapolation Temperatur

- Bestimmung der maximal auftretenden Abweichung aus extrapoliertem Wert und tatsächlichem nächsten Raumwert
- Bestimmung der mittleren Abweichung als Summe aller (absoluten) Abweichungen in Relation zur Anzahl der berechneten Werte

Temperatur - Maximale Abweichung in K



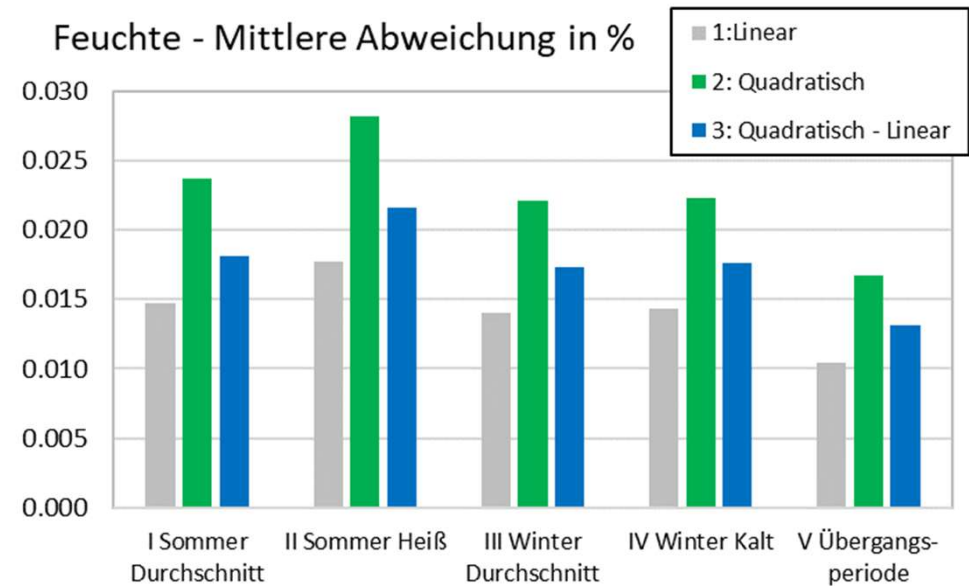
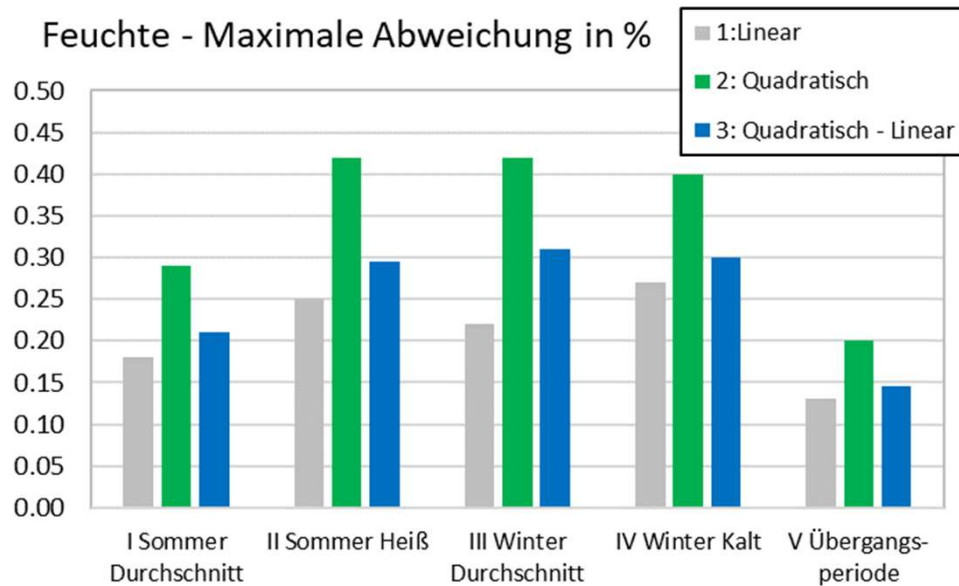
Temperatur - Mittlere Abweichung in K



- Quadratische Extrapolation (Grün) mit größten Abweichungen sowohl für absolute als auch mittlere Abweichung
- Niedrigste Abweichung für lineare Extrapolation

Ergebnisse Extrapolation relativer Feuchte

- Bestimmung der maximal auftretenden Abweichung aus extrapoliertem Wert und tatsächlichem nächsten Raumwert
- Bestimmung der mittleren Abweichung als Summe aller (absoluten) Abweichungen in Relation zur Anzahl der berechneten Werte



- Gleiche Tendenz wie bei der Temperatur: Lineare Extrapolation mit geringsten Abweichungen

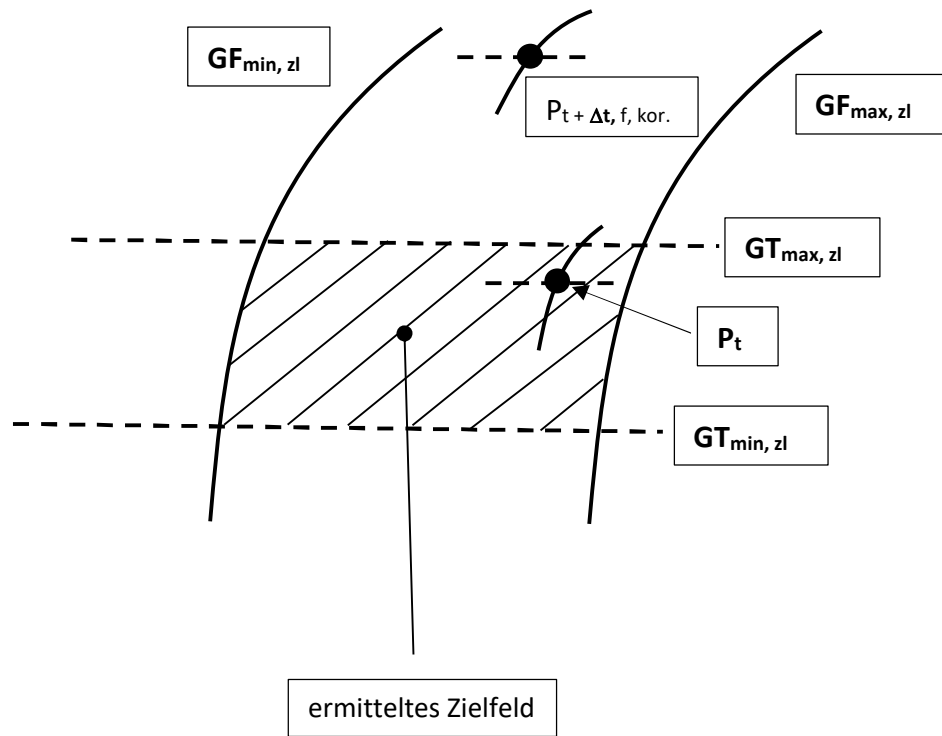


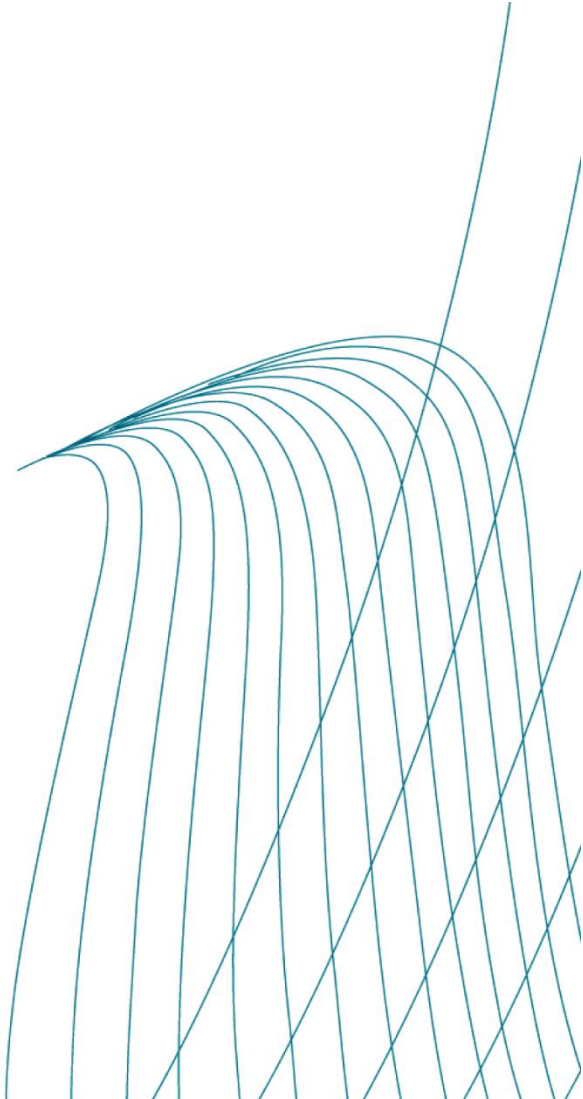
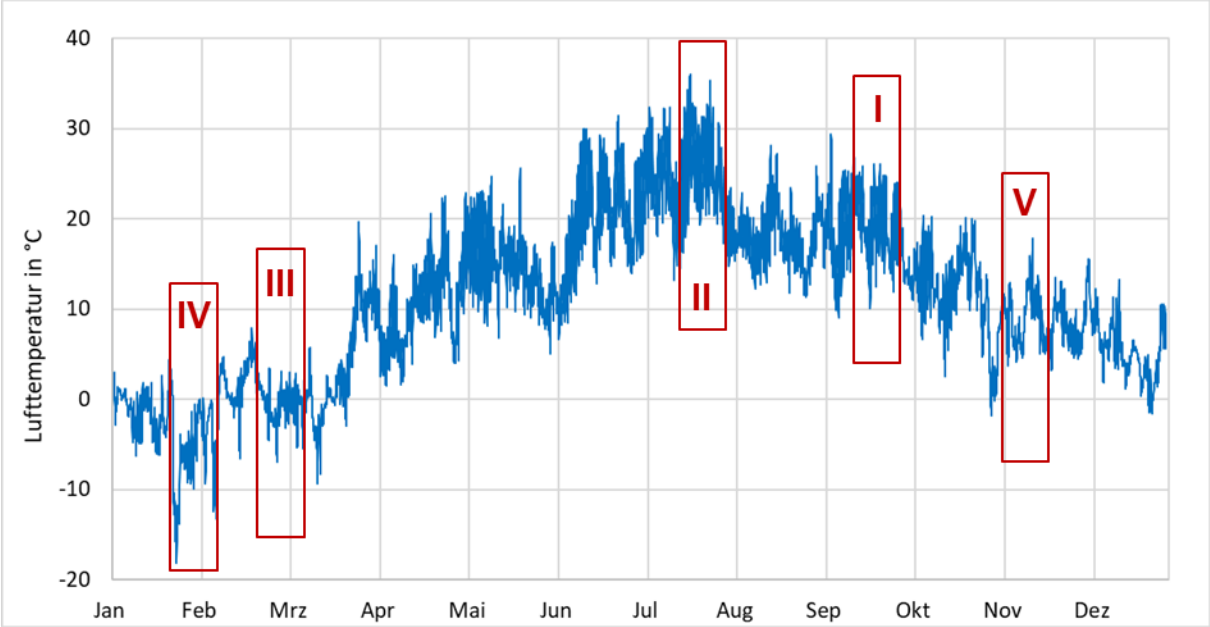
Fig. 3

Optimierter Regelalgorithmus für Raumkonditionierungssysteme in Museen

Simulationsergebnisse

- vergleichende Berechnungen vom IB GTD – [Auszug](#)

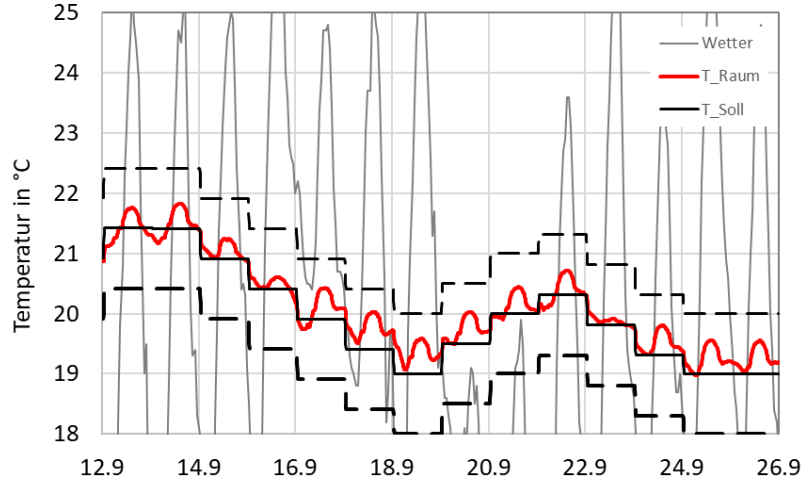
Auswertung der ausgewählten Wetterperioden



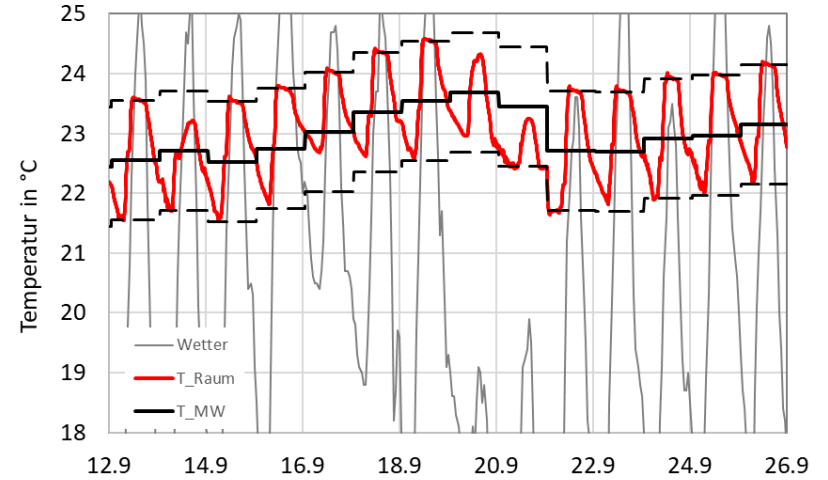
I – Sommer durchschnittlich (mittlere Tagestemperatur ca. 20 °C)

Temperatur

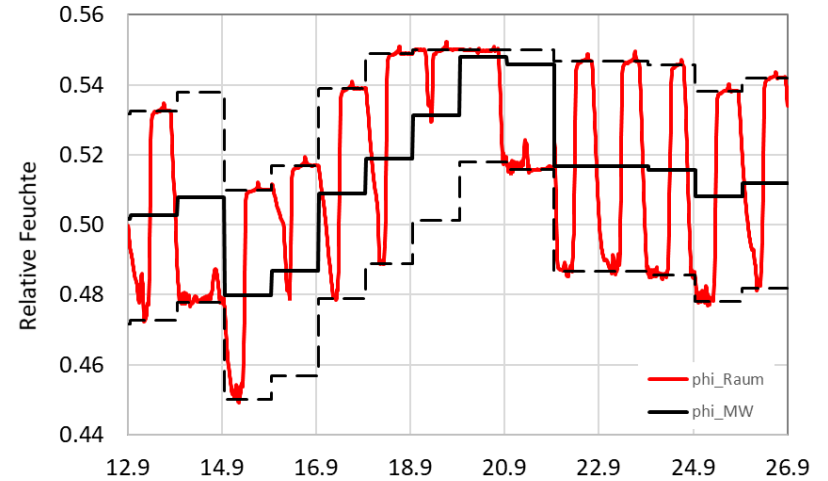
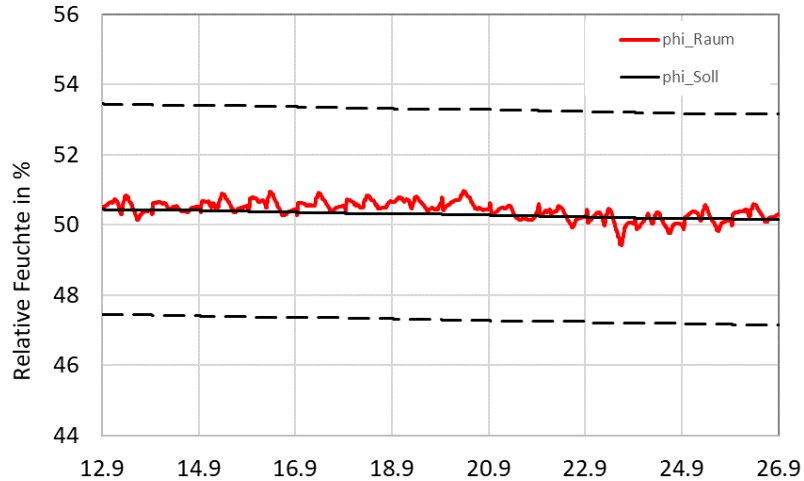
Bisherige Regelung



Neuer Regelalgorithmus



rel. Feuchte



I – Sommer durchschnittlich (mittlere Tagestemperatur ca. 20 °C)

Energiebedarf:

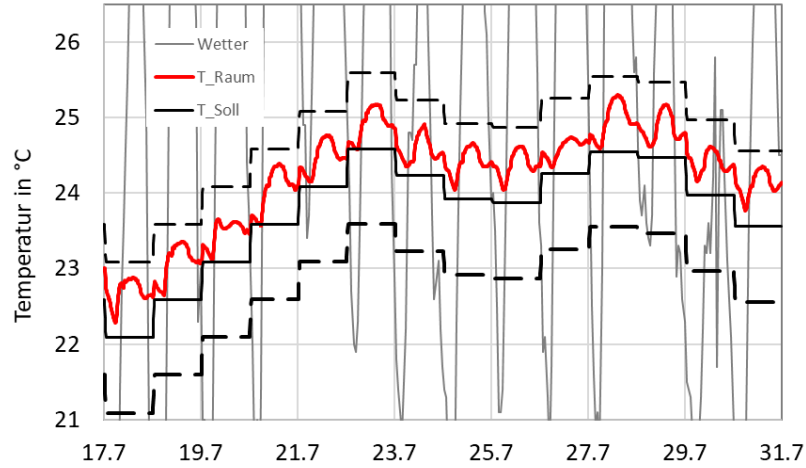
	Basis (B90)	Opt. Regelung (B82/B83/B84)	Änderung gegenüber Basis
Erhitzer [kWh]	936	316	- 66.2 %
Kühler sens. [kWh]	1 076	340	- 68.4 %
Kühler ges. [kWh]	1 294	487	- 62.4 %
Befeuchter [kWh]	178	174	- 2.6 %
Volumen Luft [m ³]	358 601	229 248	- 36.1 %

Anteil Stunden Laufzeit mit Anforderung an Temperatur & Feuchte:

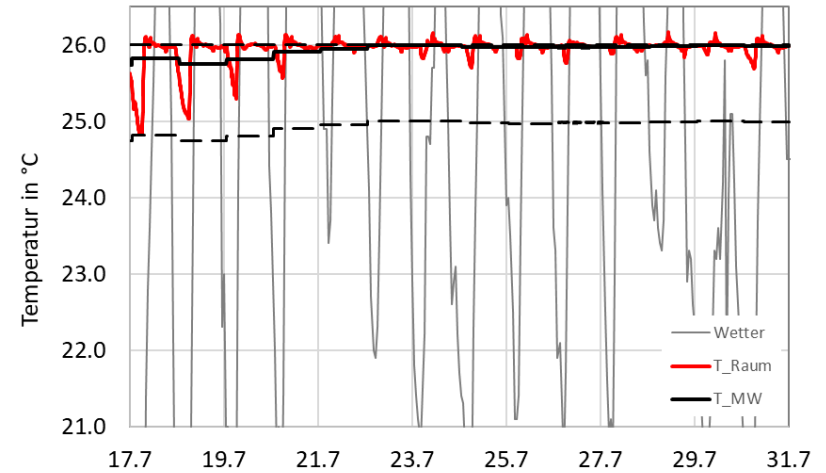
	Temperatur	Feuchte	Mindestens <u>eine</u> (T, x) Anforderung
Stunden mit Anforderung von 336 h	97.3	193.3	209.8
Anteil Laufzeit	29.0 %	57.5 %	62.5 %

II – Sommer heiß (Tagestemperatur über 30 °C)

Bisherige Regelung

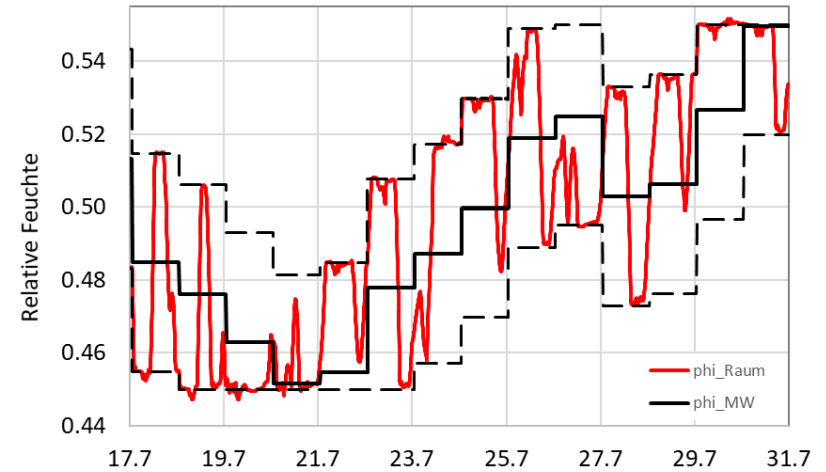
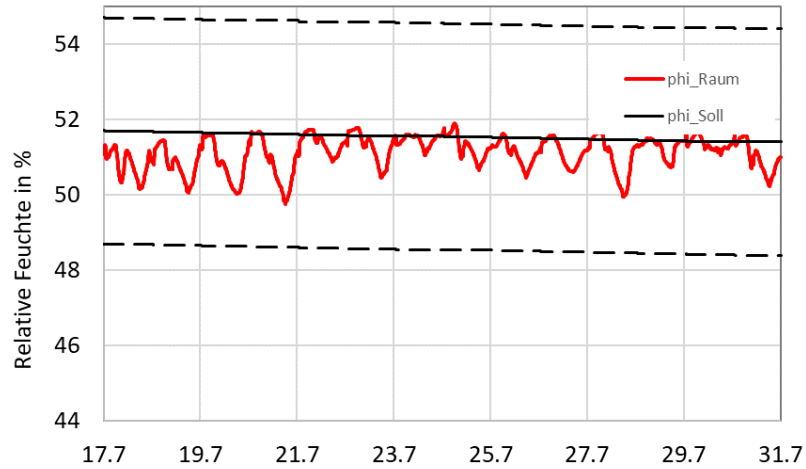


Neuer Regelalgorithmus



Temperatur

rel. Feuchte



II – Sommer heiß (Tagestemperatur über 30 °C)

Energiebedarf:

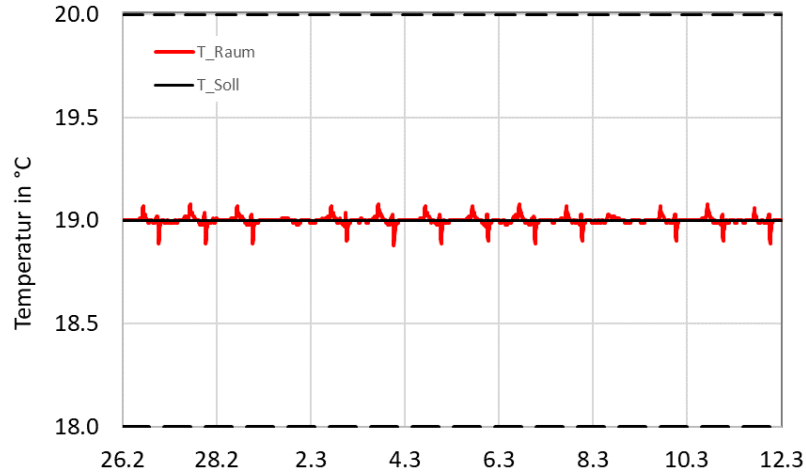
	Basis (B90)	Opt. Regelung (B82/B83/B84)	Änderung gegenüber Basis
Erhitzer [kWh]	282	261	- 7.3 %
Kühler sens. [kWh]	621	539	- 13.3 %
Kühler ges. [kWh]	911	780	- 14.4 %
Befeuchter [kWh]	316	294	- 7.0 %
Volumen Luft [m ³]	358 594	343 133	- 4.3 %

Anteil Stunden Laufzeit mit Anforderung an Temperatur & Feuchte:

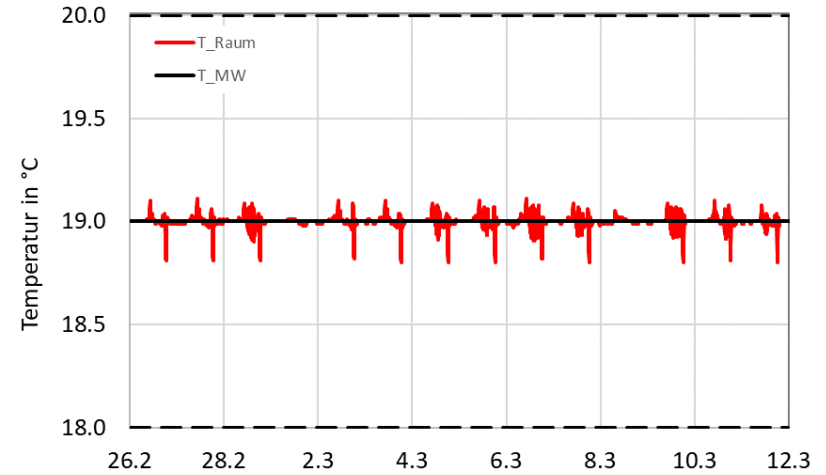
	Temperatur	Feuchte	Mindestens <u>eine</u> (T, x) Anforderung
Stunden mit Anforderung von 336 h	286.3	200.7	321.0
Anteil Laufzeit	85.2 %	59.7 %	95.5 %

III – Winter durchschnittlich (mittlere Tagestemperatur ca. 1 °C)

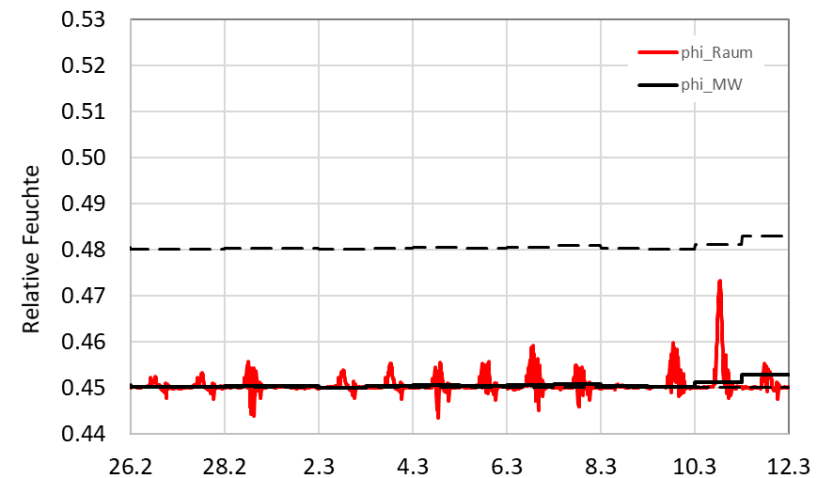
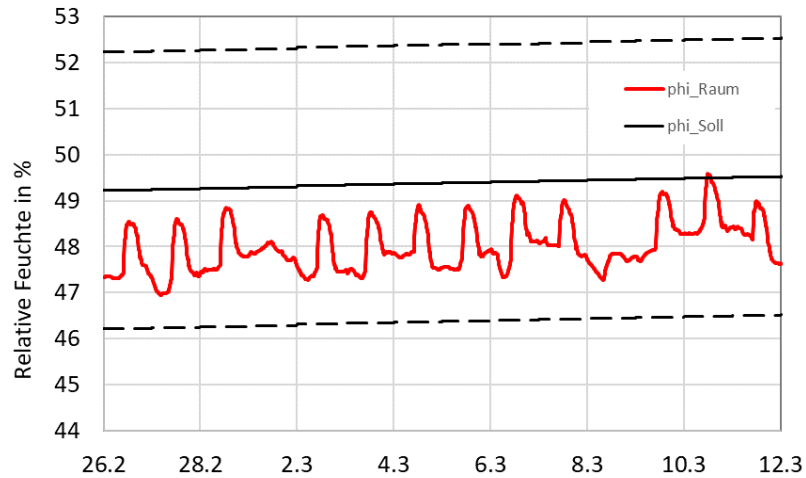
Bisherige Regelung



Neuer Regelalgorithmus



rel. Feuchte



III – Winter durchschnittlich (mittlere Tagestemperatur ca. 1 °C)

Energiebedarf:

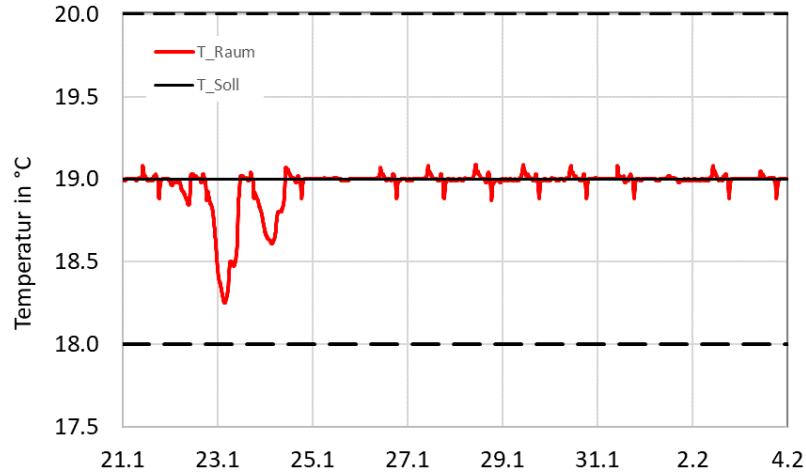
	Basis (B90)	Opt. Regelung (B82/B83/B84)	Änderung gegenüber Basis
Erhitzer [kWh]	52	43	- 17.5 %
Kühler sens. [kWh]	0	0	
Kühler ges. [kWh]	0	0	
Befeuchter [kWh]	305	257	- 15.6%
Volumen Luft [m ³]	358 610	337 929	- 5.8 %

Anteil Stunden Laufzeit mit Anforderung an Temperatur & Feuchte:

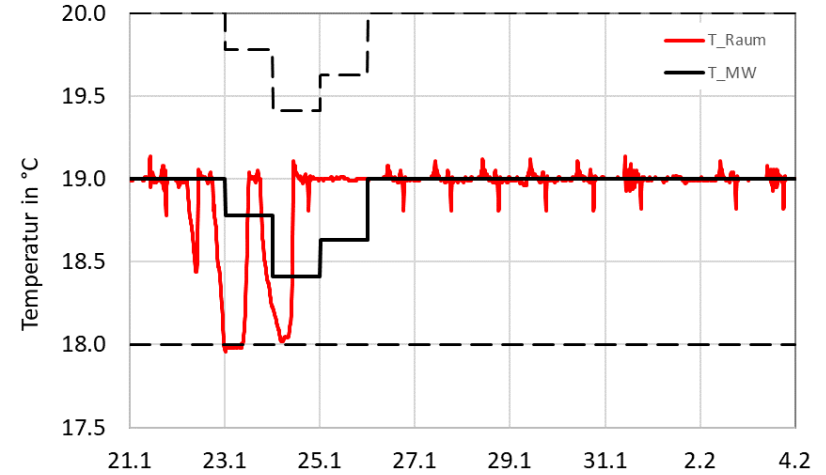
	Temperatur	Feuchte	Mindestens <u>eine</u> (T, x) Anforderung
Stunden mit Anforderung von 336 h	0	320.0	320.0
Anteil Laufzeit	0 %	95.2 %	95.2 %

IV – Winter kalt (Tagestemperatur im Bereich der Auslegungstemperatur Heizung)

Bisherige Regelung

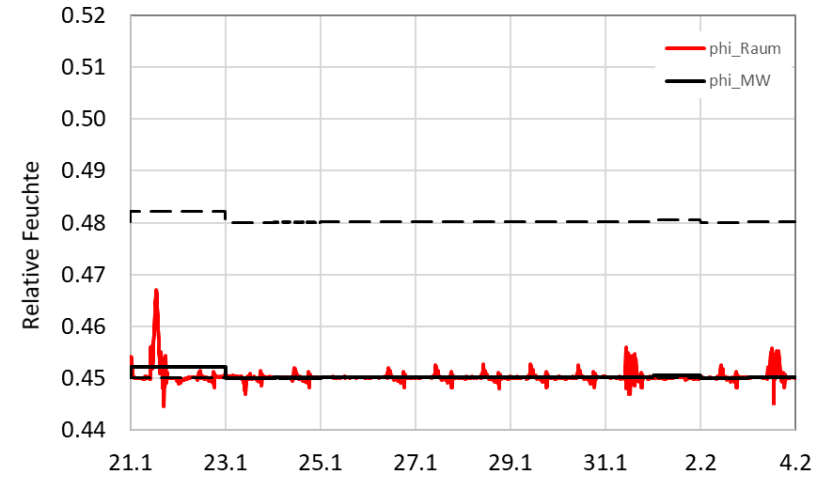
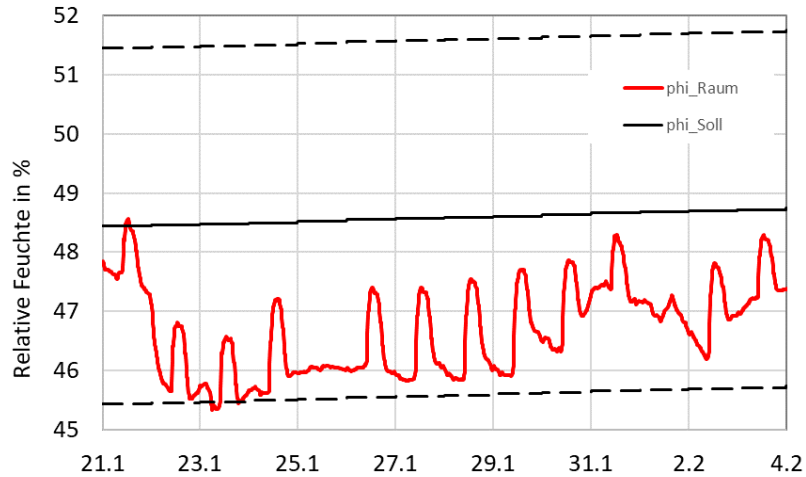


Neuer Regelalgorithmus



Temperatur

rel. Feuchte



IV – Winter kalt (Tagestemperatur im Bereich der Auslegungstemperatur Heizung)

Energiebedarf:

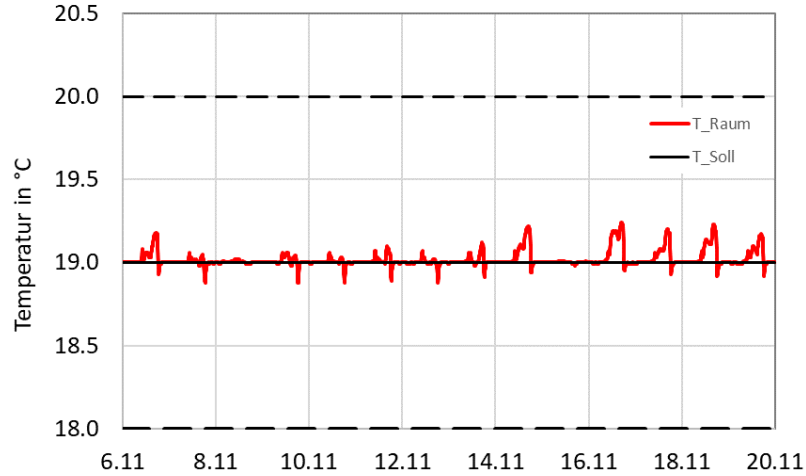
	Basis (B90)	Opt. Regelung (B82/B83/B84)	Änderung gegenüber Basis
Erhitzer [kWh]	86	69	- 19.7 %
Kühler sens. [kWh]	0	0	
Kühler ges. [kWh]	0	0	
Befeuchter [kWh]	406	375	- 7.6 %
Volumen Luft [m ³]	358 622	346 843	- 3.3 %

Anteil Stunden Laufzeit mit Anforderung an Temperatur & Feuchte:

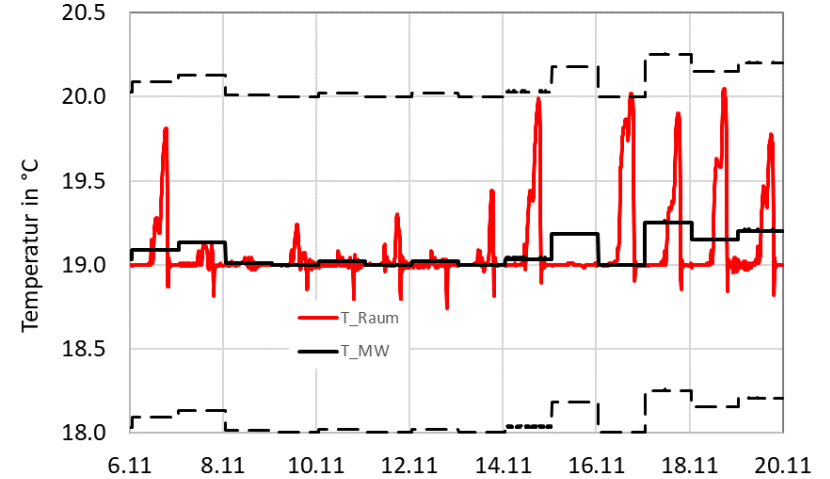
	Temperatur	Feuchte	Mindestens <u>eine</u> (T, x) Anforderung
Stunden mit Anforderung von 336 h	11	327.0	327.0
Anteil Laufzeit	3.3 %	97.3 %	97.3 %

V – Übergangszeit (mittlere Tagestemperatur ca. 10 °C = Jahresmitteltemperatur)

Bisherige Regelung

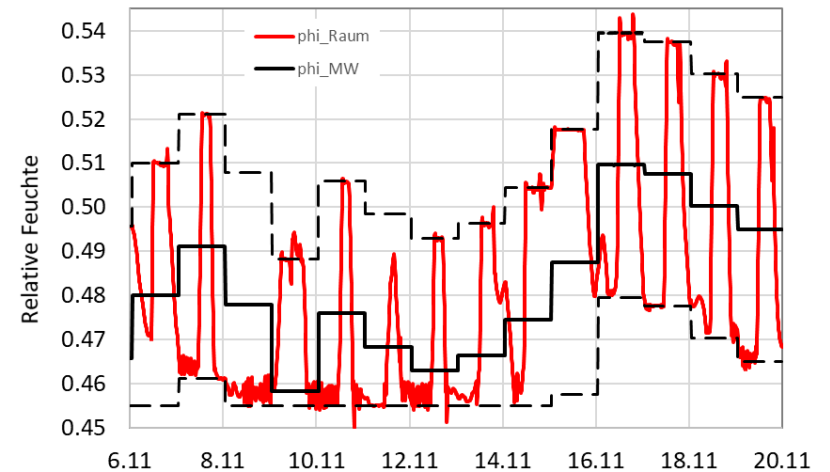
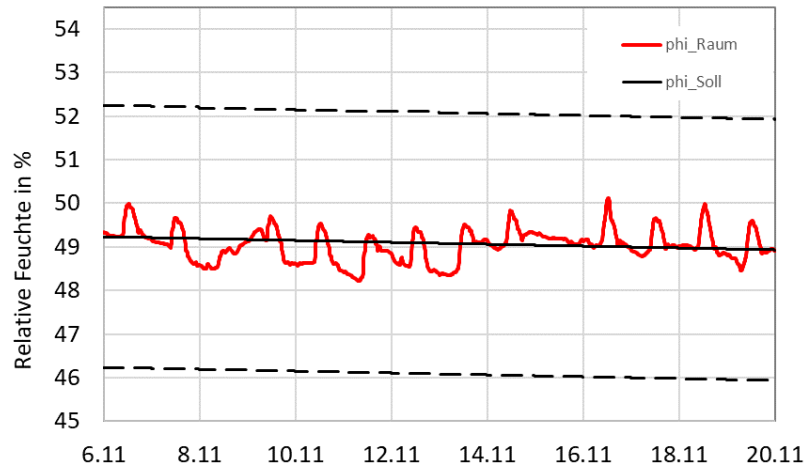


Neuer Regelalgorithmus



Temperatur

rel. Feuchte



V – Übergangszeit (mittlere Tagestemperatur ca. 10 °C = Jahresmitteltemperatur)

Energiebedarf:

	Basis (B90)	Opt. Regelung (B82/B83/B84)	Änderung gegenüber Basis
Erhitzer [kWh]	816	326	- 60.0 %
Kühler sens. [kWh]	807	294	- 63.5 %
Kühler ges. [kWh]	853	324	- 62.0 %
Befeuchter [kWh]	88	59	- 33.6 %
Volumen Luft [m ³]	358 605	200 198	- 44.2 %

Anteil Stunden Laufzeit mit Anforderung an Temperatur & Feuchte:

	Temperatur	Feuchte	Mindestens <u>eine</u> (T, x) Anforderung
Stunden mit Anforderung von 336 h	1.7	185.0	185.0
Anteil Laufzeit	0.5 %	55.1 %	55.1 %

Optimierter Regelalgorithmus für Raumkonditionierungssysteme in Museen

Zusammenfassung

- ein neuer, prädikativer Regelalgorithmus zeigt im „Labormaßstab“ sehr positive Ergebnisse
- die positiven Effekte entstehen in erster Linie durch die bewusste Ausnutzung von zugelassenen Schwankungsbereichen der thermischen Raumklimaparameter
- Sollvorgaben für thermische Raumklimaparameter sollten die Bestandteile a) maximale und minimale absolute Grenzwerte und b) zulässige Schwankungsgrenzen in Bezug auf eine konkrete Zeitperiode enthalten