Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft
für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.



Merkblatt „Monitoring“

AG 10.4 „Klima und Messen“

Dipl.-Ing. Simone Reeb MBA

Universität Stuttgart

MOCult GmbH
Monitoring and **O**ptimization of
Climate in C**ult**ural Heritage

WTA-Merkblatt

- Definition klimatechnischer Begriffe und messtechnischen Klimabereichen
- Hilfestellung zur Formulierung der Problem-/Aufgabenstellung
- Bestandteile eines Klimamonitorings
- Mindeststandards, Empfehlungen und Informationen

Allgemeine Definitionen des Begriffs „Monitoring“

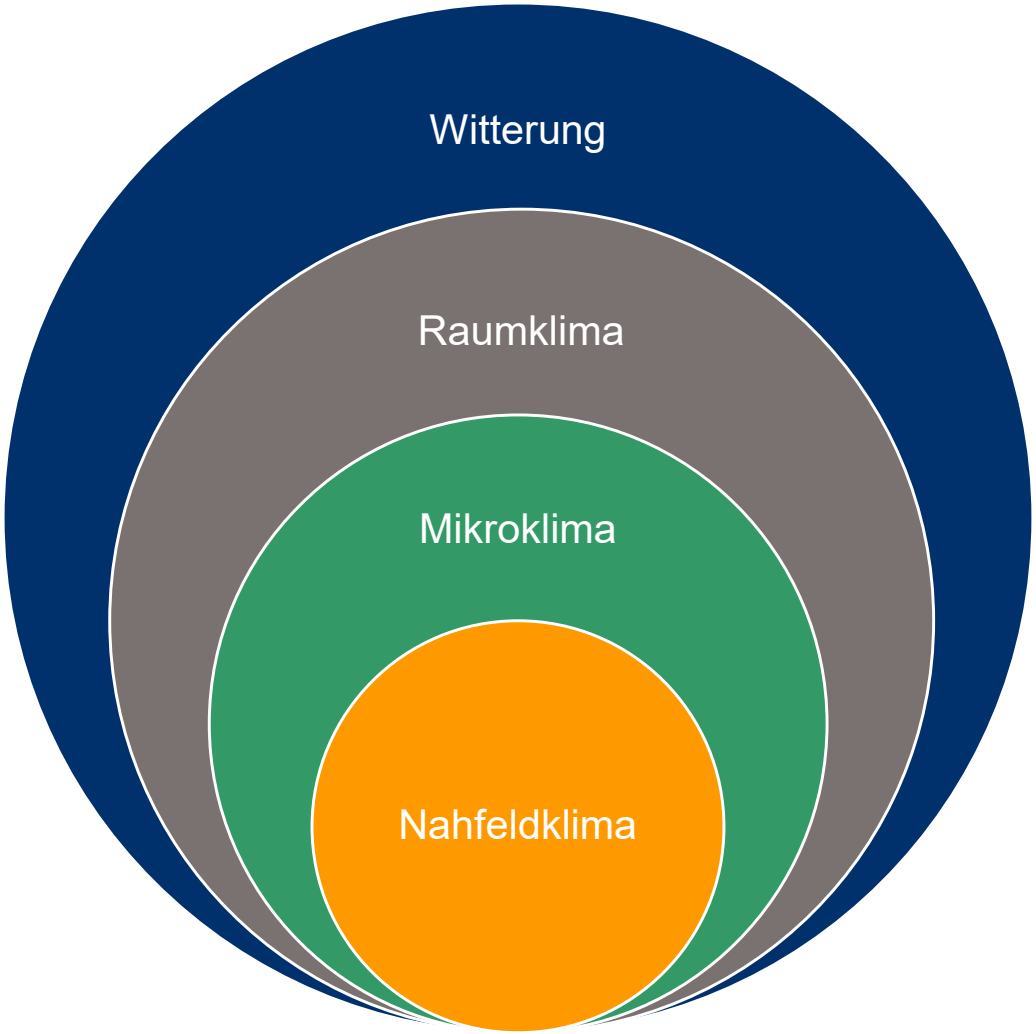
- **Monitoring** ist die Überwachung von Vorgängen. Es ist ein Überbegriff für alle Arten von systematischen Erfassungen, Messungen oder Beobachtungen eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme.

- **Monitoring** dient der Gewinnung von Daten und Wissen, zur Überprüfung von Hypothesen, zur Evaluierung von Maßnahmen und/oder zum besseren Verständnis von Phänomenen.

- Eine Funktion des **Monitorings** besteht darin, bei einem beobachteten Ablauf oder Prozess festzustellen, ob dieser den gewünschten Verlauf nimmt und/oder bestimmte Schwellwerte eingehalten werden, um andernfalls steuernd eingreifen zu können. **Monitoring** ist deshalb ein Sondertyp des Protokollierens.

(Quelle: Wikipedia)

WTA-Merkblatt - Definition messtechnischer Klimabereiche



WTA-Merkblatt - Definition klimatechnischer Begriffe

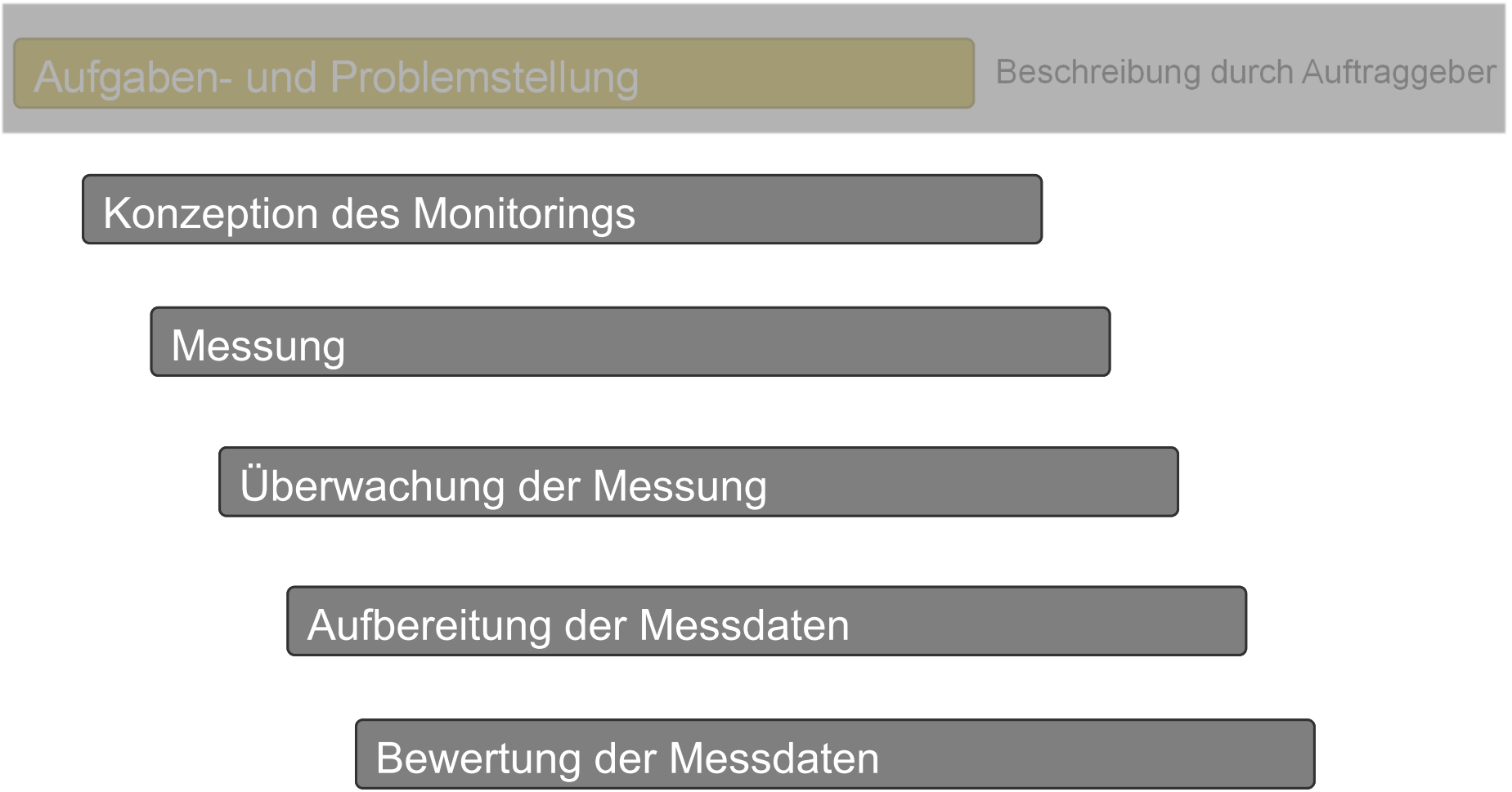
- Kurzzeitschwankungen
- Langzeitschwankungen
- Langzeitklima – Klimahistorie – historisches Klima
- Natürliches Klima
- Taupunkttemperatur
- Echtzeit-Monitoring
- Kurzzeit-Monitoring
- Natürliche Luftströmung
- ……

WTA-Merkblatt – Hilfestellung zur Aufgabenstellung

- Raumklima- und/oder Mikro- und/oder Nahfeldklima
- Witterungsbedingte Einflüsse auf das Raum- und/oder Mikro- und/oder Nahfeldklima
- Nutzungsbedingte Einflüsse auf das Raum- und/oder Mikro- und/oder Nahfeldklima
- Risikopotenziale
  - Kurzzeitschwankungen
  - Solare Einträge
  - Biogener Befall
  - Tauwasser
  - Salzphasenwechsel
  - Thermisch-hygrische Formänderung
  - Verschmutzung



WTA-Merkblatt – Bestandteile eines Klimamontorings

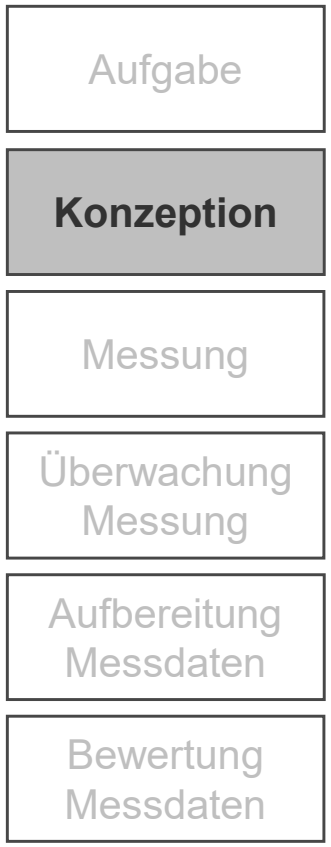


Monitoringkonzept – Grundlagen

Aus der Aufgabenstellung ergeben sich folgende grundlegende Konzeptionsregeln:

- Gesamtdauer der Messung
- Auswahl der Sensorart und -messgüte
- Positionierung der Sensoren
- Wahl der Messrate

Wie lange?
Welche Sensoren?
Welche Position?
Wie häufig Datenerfassung?



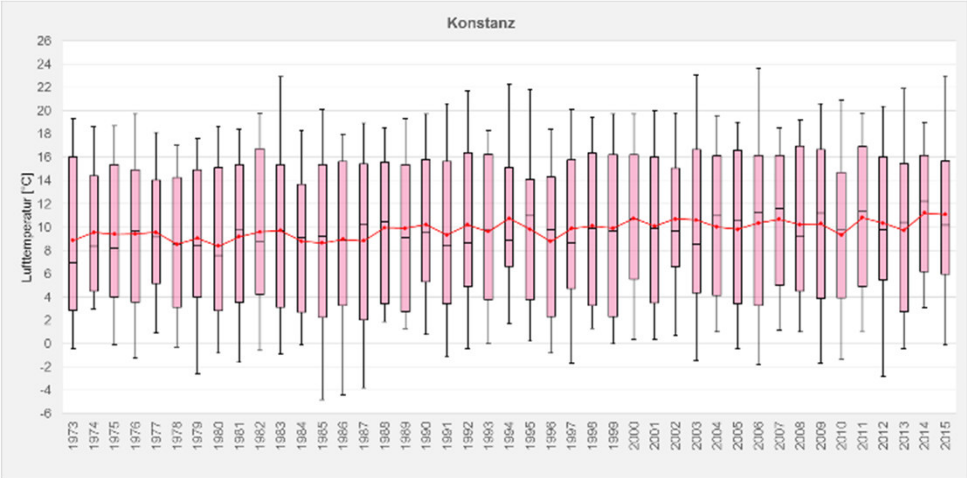
Mindeststandard - Dauer des Monitorings – Betriebsdauer

- Mindestdauer 13 Monate (Kurzzeitmonitoring)
- Betriebsdauer des Monitoringsystems ist abhängig von

→ Analyse der historischen und der Wetterdaten im Messzeitraum

→ Einordnung der Witterungs- und Raumklimaverhältnisse möglich (keine außergewöhnlichen Ereignisse)

→ Bewertung der Messdaten möglich



Aufgabe

Konzeption

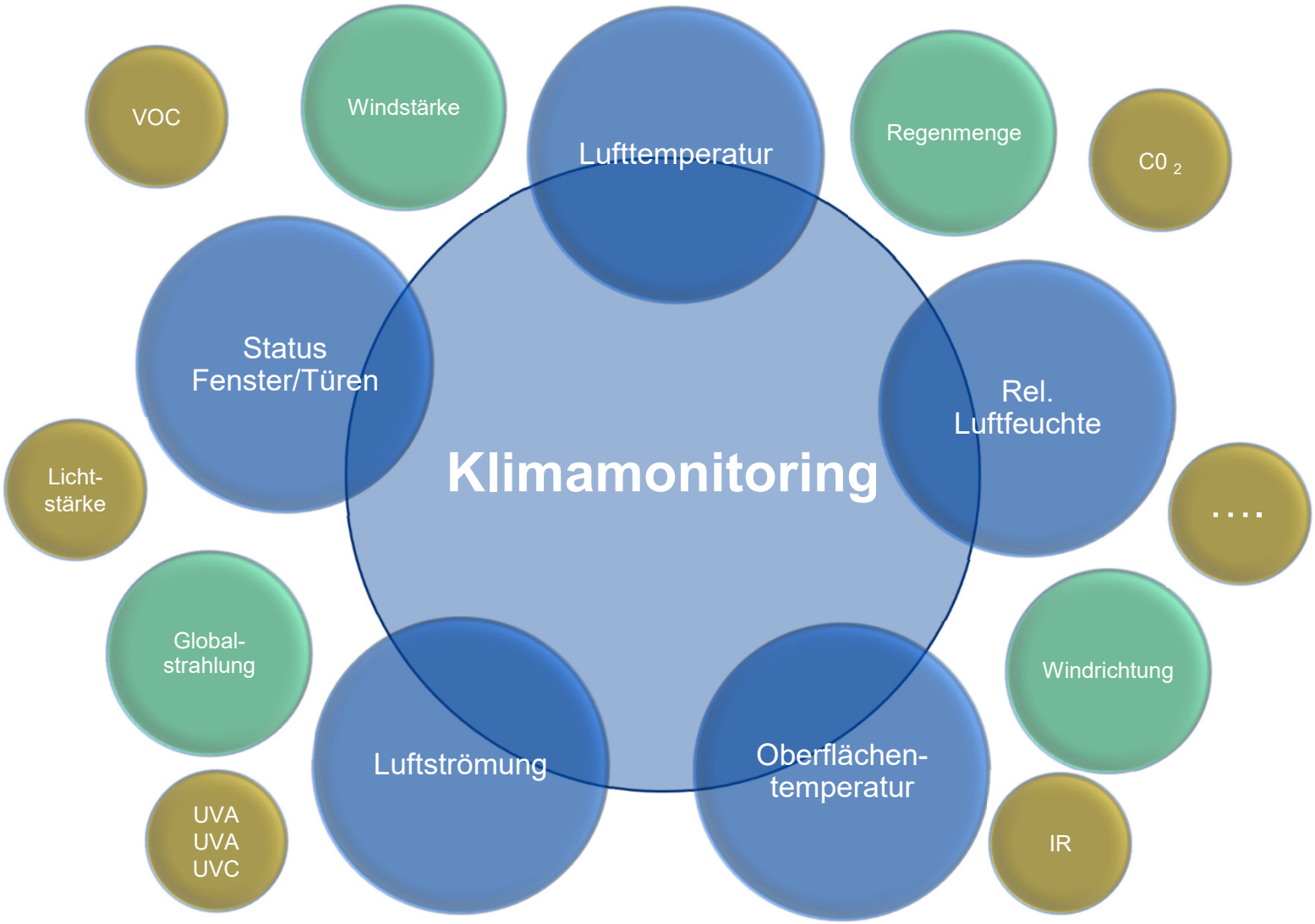
Messung

Überwachung Messung

Aufbereitung Messdaten

Bewertung Messdaten

Mindeststandard - Messgrößen



- Aufgabe
- **Konzeption**
- Messung
- Überwachung Messung
- Aufbereitung Messdaten
- Bewertung Messdaten

Mindeststandard - Messgenauigkeit der Sensoren

Messgenauigkeit der Sensoren hat Einfluss auf die Bewertung der Messdaten

Je präziser die Sensoren, desto höher die Kosten

Entscheidend für die Messgenauigkeit z. B. bei einer Temperaturmessung ist nicht die Art des Sensors (z. B. NTC oder PTC), sondern die Genauigkeitsklasse:

Pt 100

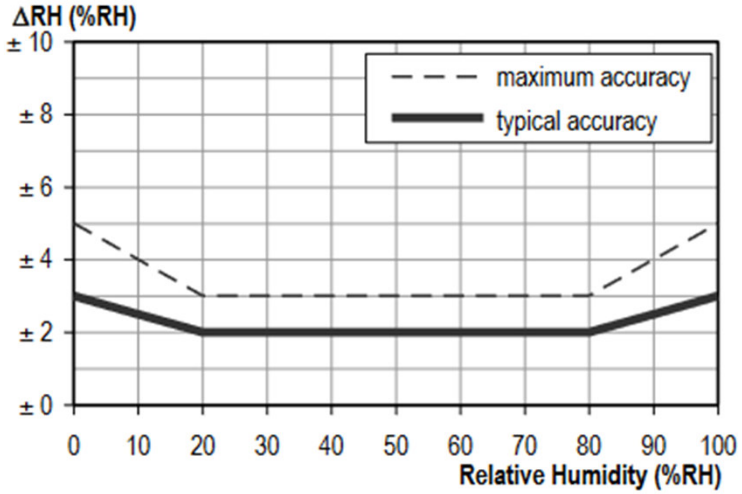
Platin-Messwiderstand
Nennwiderstand R0 von 100 Ω bei T = 0 °C

Klasse B ± 0,40 °C
Klasse A ± 0,19 °C

Mindeststandard - Messgenauigkeit der Sensoren

Messgenauigkeit der relativen Feuchte sinkt i. d. R. mit zunehmender relativer Feuchte

SHT 21
Messbereich 0-100 % r. F.
20%-80% r. F.
± 2 % r. F.



FHAD 46-C7
Messbereich 5-98 % r. F.

± 3% r. F. im Bereich 10 – 90 %
± 5% r. F. im Bereich 5 – 98 %

FHAD 36-RAx
Messbereich 0-100 % r. F.

± 1,3% r. F.

Aufgabe
Konzeption
Messung
Überwachung Messung
Aufbereitung Messdaten
Bewertung Messdaten

Mindeststandard - Positionierung der Sensoren

- Außenklima (Temperatur und rel. Luftfeuchte)
  evtl. verschiedene Himmelsrichtungen
  z. B. Nord und Süd
- Raumklima (Temperatur und rel. Luftfeuchte)
  alle Raumbereiche evtl. verschiedene Höhenlagen z. B. bei großvolumigen Objekten,…
- Mikroklima (Temperatur und rel. Luftfeuchte)
  im/am interessierenden Objekt
  z. B. im Beichtstuhl, Beichtstuhl/Wand, …..
- Nahfeldklima (Temperatur und rel. Luftfeuchte)
  am Objekt z. B. am Exponat, an der Wand,….
  Ergänzung des Nahfeldklimas durch Oberflächentemperatursensor → Taupunkt

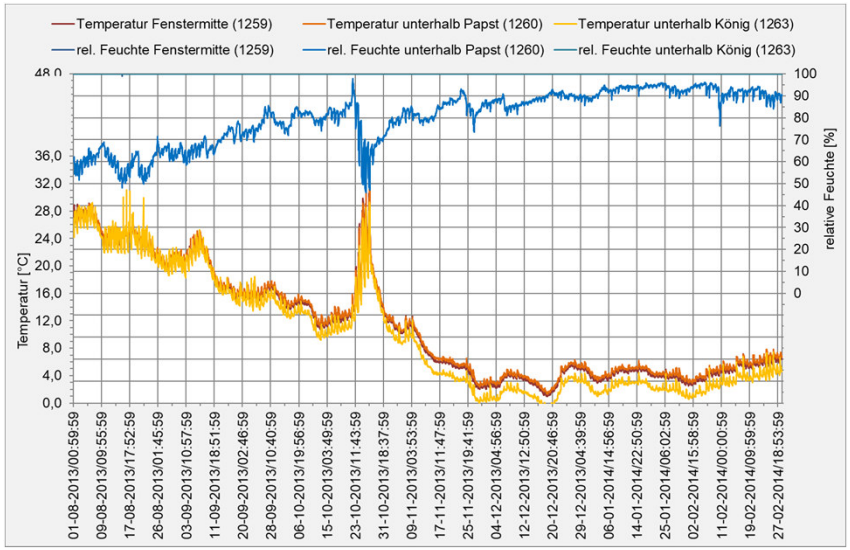

Quelle: D. Jakobs

Aufgabe
Konzeption
Messung
Überwachung Messung
Aufbereitung Messdaten
Bewertung Messdaten

Mindeststandard - Messrate (Samplingrate)

Je kürzer die Messrate, desto genauer die Daten in Bezug auf kurzfristige Ereignisse:

- Spitzenwerte
- Solare Einflüsse
- Klimaschwankungen
- Status Fenster/Türen
- Betrieb von Heizungen
- .....



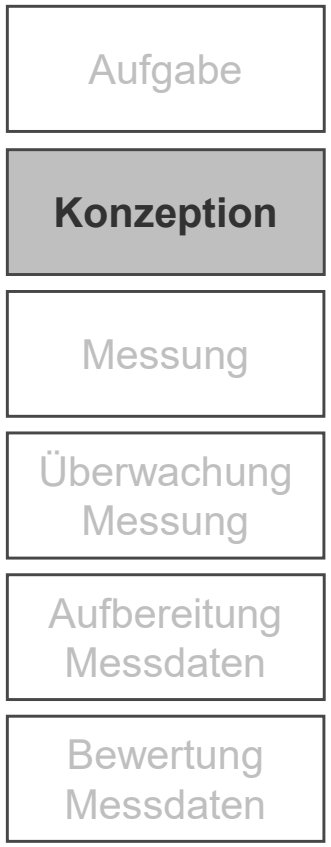
→ Messrate maximal 15 Minuten

Aufgabe
Konzeption
Messung
Überwachung Messung
Aufbereitung Messdaten
Bewertung Messdaten

Information - Wahl des Monitoringsystems

Die Wahl des Monitoringsystems ist anhängig von der Aufgabenstellung und von der Architektur des Gebäudes:

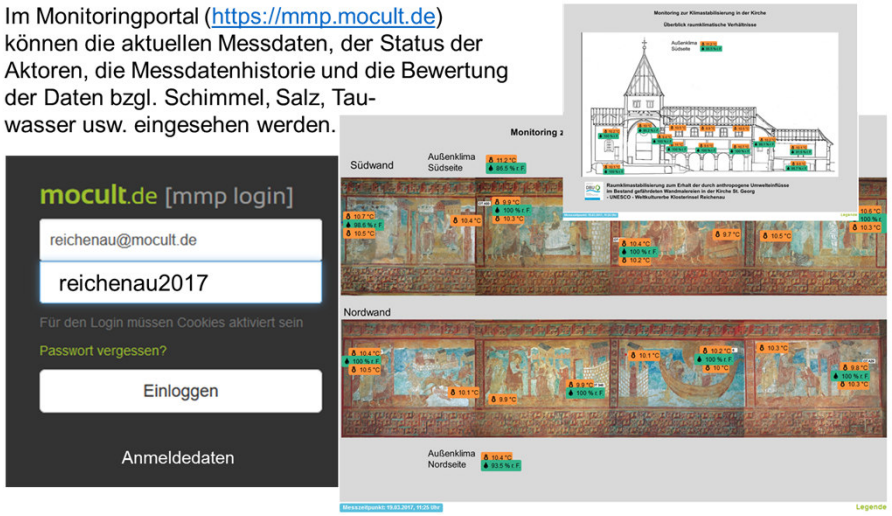
- Einzelmessgeräte (Stand-Alone Geräte)
  → Position, Stromversorgung, Batteriewechsel, zusätzliche Sensoren oft kabelgebunden, Synchronität der Messdaten
- Kabel-/busbasierte Systeme
  → Verlegung der notwendigen Kommunikationsleitung, Sensoren sind immer kabelgebunden
- Funkbasierte Systeme
  → Position, Stromversorgung, Batteriewechsel, zusätzliche Sensoren oft kabelgebunden, Synchronität der Messdaten, Funkverbindung im Gebäude



Mindeststandard - Messung

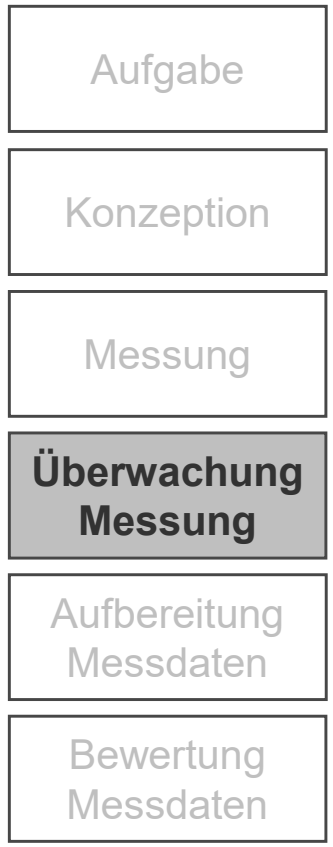
- Installation des Messsystems in erforderlicher Qualität
  → Aufgabenstellung
- **Befestigung der Sensoren an wertvollen Oberflächen sind immer von einem/r RestauratorIn auszuführen und mit dem Auftraggeber und der Denkmalpflege abzusprechen**
- Inbetriebnahme
  und Erfassung
  der Messdaten
- Archivierung Messdaten
- Evtl. Visualisierung
  Messdaten im Web

Im Monitoringportal (https://mmp.mocult.de) können die aktuellen Messdaten, der Status der Aktoren, die Messdatenhistorie und die Bewertung der Daten bzgl. Schimmel, Salz, Tauwasser usw. eingesehen werden.



Mindeststandard - Überwachung der Messung

- Überwachung der Messung und Archivierung im vereinbarten Messzeitraum
- Ggf. Ausführung von Reparaturen



Mindeststandard - Dokumentation

- Positionen und Arten der installierten Sensoren
  Dokumentation in Planunterlagen u. in Listenform
- Angabe der Messdauer
  und sich evtl. ergebende Besonderheiten
  z. B. fehlende Daten, sonstige Beeinträchtigungen, ….
- Messrate und Messgenauigkeit der Sensoren
- Randparameter
  Einflüsse die durch das Klimamonitoring nicht erfasst wurden z. B. Besucherzahlen, ….
- Bewertungsgrundlagen und Bewertungsgrößen

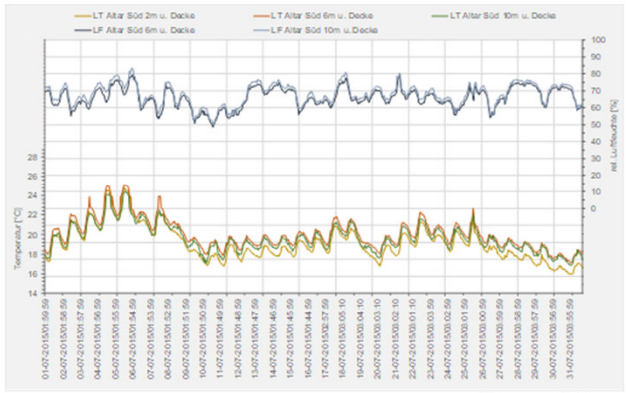
Mindesstandard - Darstellung Daten - Datendichte

Datendichte für die Erstellung von Klimadiagrammen

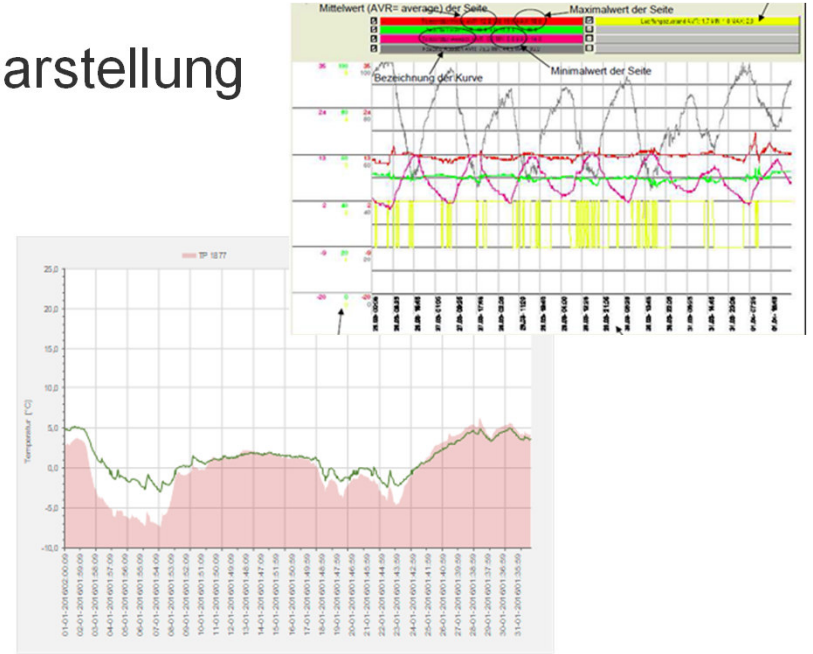
- Jahresjournale (mit reduzierten Datensätzen – Stundenwerte)
  → Überblick klimatischer Jahresgang
- Monatsjournale (mit reduzierten Datensätzen – 15-Minutenwerte)
  → Überblick saisonale klimatische Ereignisse
- Wochen- und Tagesjournale (komplette Datensätze)
  → klimatische Extremereignisse

Mindeststandard Datendarstellung - Diagramme

- Übersichtlich und an Problemstellung angepasst
- Maßstäbe müssen eindeutig sein
- Farblich Darstellung von Klimakurven muss konsistent sein
- Erklärung der Diagrammdarstellung



Raumklima



Tauwasserausfall

Empfehlungen - Bewertung der Messdaten

Beantwortung der Aufgaben- Problemstellung

- Extremereignisse
- Klimatische Kurzzeitschwankungen
- Risikopotential biogener Befall, Tauwasserausfall, Salzausblühungen, ……

→ eruieren von Zusammenhängen klimatischer Ereignisse und Randbedingungen, z. B. Witterung, Lüftungsverhalten, Heizbetrieb und/oder Einbeziehung sonstiger Untersuchungsergebnisse, …