



Forschungsverbundvorhaben EnOB:
**TMon – Wissenschaftliche Evaluation von Leistungen zum
Technischen Monitoring und Inbetriebnahmemanagement
(03EN1068A-C)**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Team



Dr. Stefan Plesser
Projektkoordinator, Leiter SIZ



Dipl.-Ing. Franziska Bockelmann
Projektleitung, SIZ



Prof. Dr.-Ing. Martin Becker
HBC



Valeria Ehlers
HBC



Univ.-Prof. Dr. Simone Kauffeld
TU Braunschweig



Dr. Sandra Rothenbusch
TU Braunschweig

Hintergrund und Forschungsbedarf



Herausforderungen:

- Anforderungen an Gebäude steigen (Energieeffizienz, Komfort, Flexibilität etc.)
- Komplexität der technischen Lösungen nimmt zu
- „Echte“ Nachhaltigkeit im Betrieb (nicht nur des Konzepts) muss zukünftig bewertet werden (Energiepreise, EU-Taxonomie)

Lösungsansätze:

- Technisches Monitoring, Inbetriebnahmemanagement, Zertifizierungen etc. sollen als Qualitätsmanagement-Services (QM-Services) helfen, die Gebäudeperformance zu verbessern und das Gap zwischen Konzept und Betrieb zu reduzieren

Wissenschaftliche Fragestellungen:

- Werden die neuen Qualitätsmanagementservices angewendet?
- Wie erfolgreich sind sie technisch und wirtschaftlich?
- Wo besteht Verbesserungsbedarf?

Ziele und Aufgaben des Forschungsprojekts



BREEAM[®]

Qualitätsmanagements-Services (QM-Services)

- Technisches Monitoring
- Inbetriebnahmemanagement
- Energiemanagementsysteme
- Zertifizierungen

Ziele:

- Empirische Untersuchung der Anwendung von Qualitätsmanagement-Services (QM-Services) in Deutschland
- Evaluation der Potentiale von QM-Services in Planung, Bau und Betrieb
- Entwicklung von Optimierungsvorschlägen

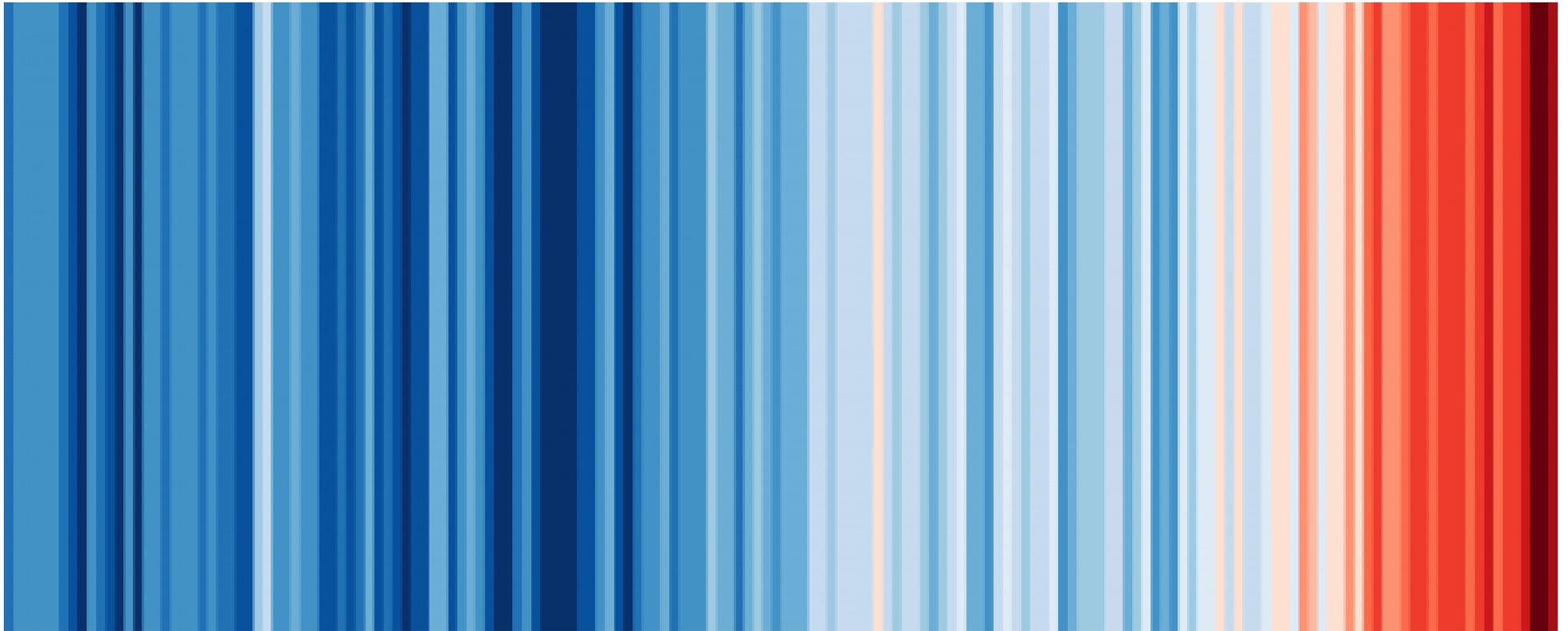
Aufgaben:

- Umfassende statistische Erfassung von QM-Services
- Evaluation von 100 Gebäuden und dort eingesetzter QM-Services
- Detaillierte Analyse
 - ✓ Leistungsbilder
 - ✓ Umsetzung
 - ✓ Technische Analyse
 - ✓ Kosten, Einsparungen, sonstige Effekte



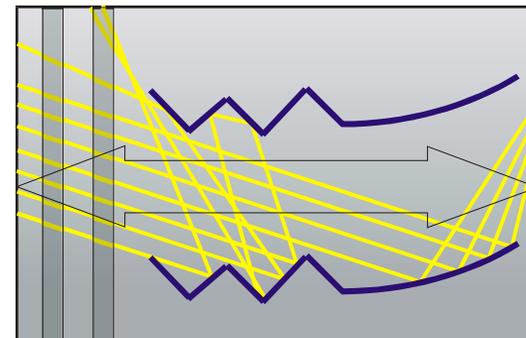
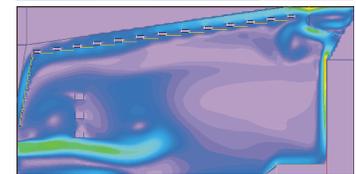
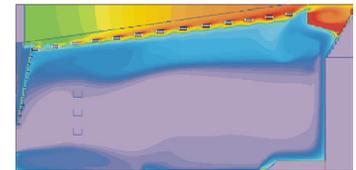
Was ist Technisches Monitoring?

Warum Qualitätsmanagement?

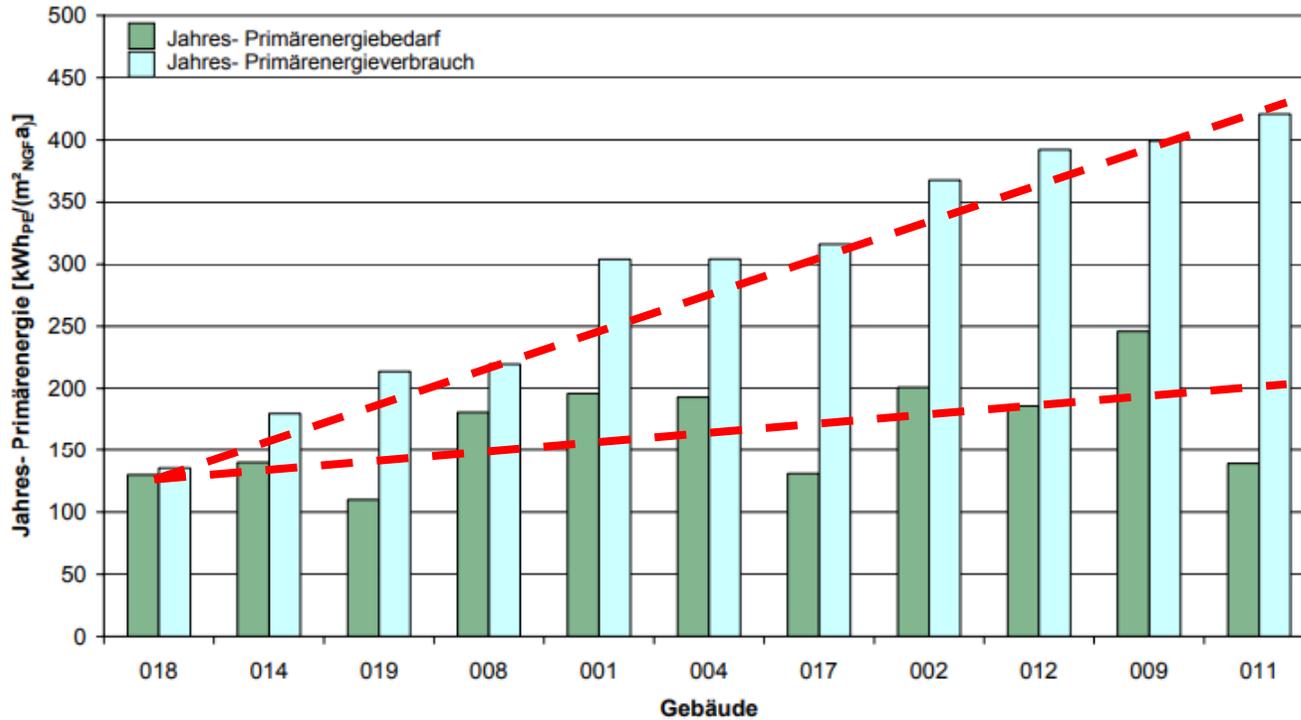


<https://www.climate-lab-book.ac.uk/2018/warming-stripes/#more-5516>

Forschung für energieoptimierte Gebäude



Warum Qualitätsmanagement?



Plesser, Bremer, Fisch: „EVA – Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude“, TU Braunschweig, 2007



Plesser, Fisch: „Monitoring für Bundesbauten“, SWD – 10.08.17.7-14.12, TU Braunschweig, 2016

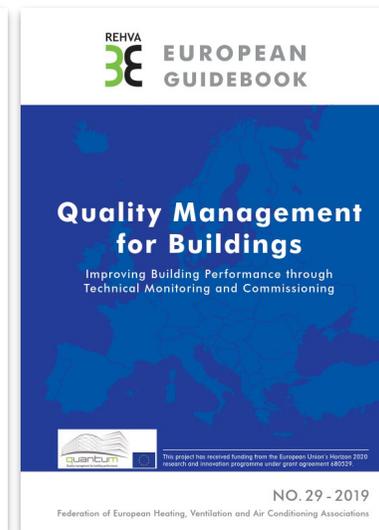
Neue Qualitätsmanagement-Services

- Technisches Monitoring
- Energetische Inspektionen
- Energie-Audits
- Energieberatung
- Nachhaltigkeitszertifizierungen
- Inbetriebnahmemanagement

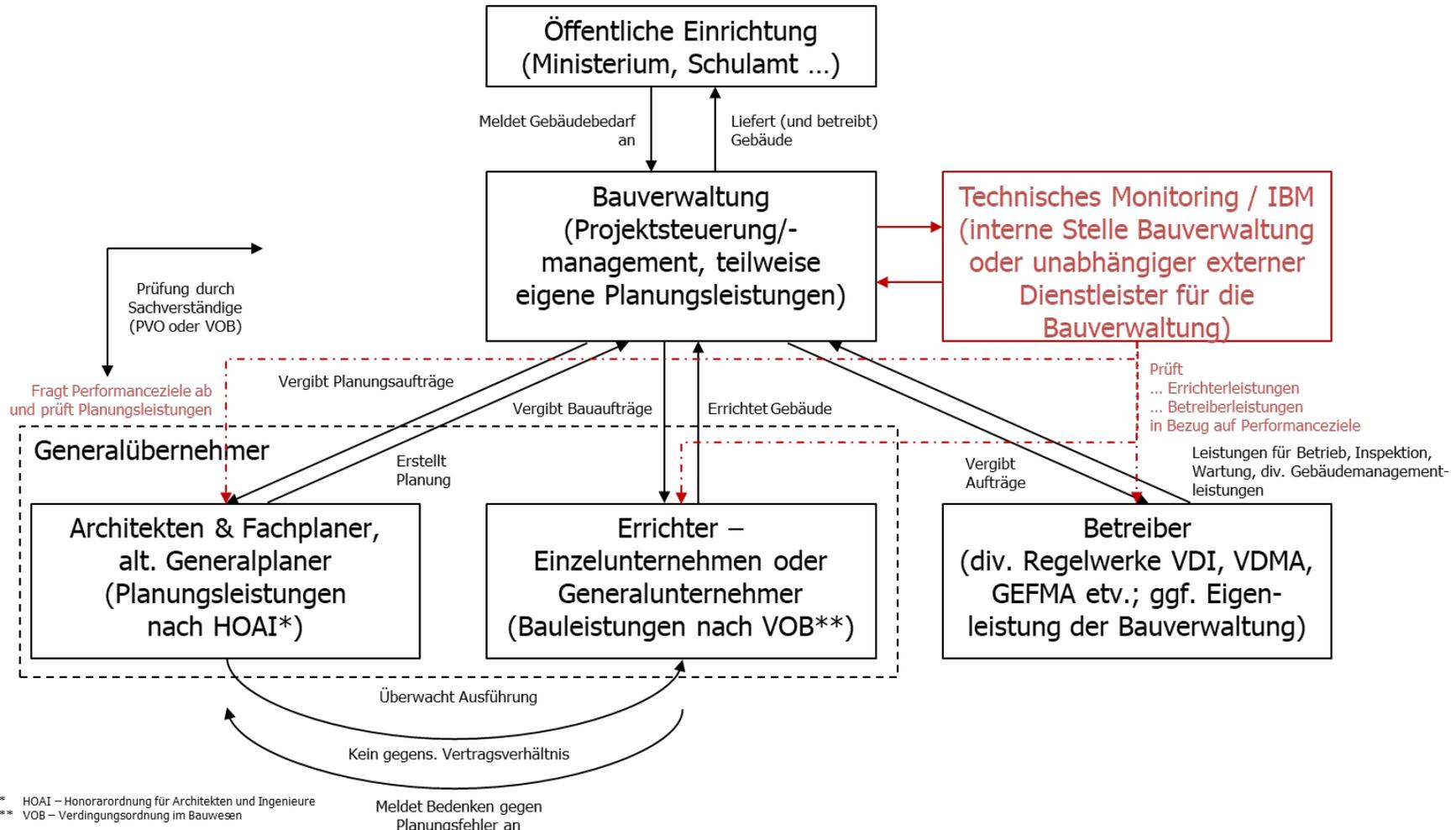


ICS 03.000.00, 01.10.01		VDI-RICHTLINIEN		Juni 2011	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE		Facility-Management Inbetriebnahmemanagement für Gebäude Methoden und Vorgehensweisen für gebäudetechnische Anlagen		VDI 6039	
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.		The German version of this guideline shall be taken as authoritative. All guarantees can be given with respect to the English translation.			
Inhalt	Seite	Contents	Page		
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2		
Einführung	2	Introduction	2		
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3		
2 Normative Verweise	4	2 Normative references	4		
3 Begriffe	4	3 Terms and definitions	4		
4 Abkürzungen	8	4 Abbreviations	8		
5 Grundlagen des Verfahrens	11	5 Basis of the method	11		
5.1 Vorteile eines Inbetriebnahmemanagements (IBM)	11	5.1 Benefits gained from commissioning management	11		
5.2 Befugnisse und Rollen des Inbetriebnahmemanagers	13	5.2 Powers and authorities of the commissioning manager	13		
5.3 Bedeutung von Akzeptanz und Übernahme im Inbetriebnahmemanagement	14	5.3 Significance of acceptance and takeover in commissioning management	14		
5.4 Inbetriebnahmemanagement im Lebenszyklus eines Gebäudes	15	5.4 Commissioning management in the life cycle of a building	15		
5.5 Inhalte und Leistungen des Inbetriebnahmemanagements	17	5.5 Scope and services of commissioning management	17		
6 Methoden im Inbetriebnahmemanagement	19	6 Methods in commissioning management	19		
6.1 Grundgliederung	19	6.1 Basic evaluation	19		
6.2 Planung des Inbetriebnahmemanagements	22	6.2 Planning of the commissioning management	22		
6.3 Durchföhrung des Inbetriebnahmemanagements	23	6.3 Performance of commissioning management	23		
6.4 Abschluss des Inbetriebnahmemanagements	24	6.4 Completion of commissioning management	24		
7 Gewerke- und Inbetriebnahmepunkte	26	7 Trade-specific commissionings and acceptance	26		
VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBD) Fachbereich Facility-Management					
VDI-Handbuch Facility-Management VDI-Handbuch Aufzugstechnik VDI-Handbuch Elektrotechnik und Gebäudetechnik VDI-Handbuch Raumlufttechnik VDI-Handbuch Raumakustik VDI-Handbuch Sanitärtechnik VDI-Handbuch Wärme- und Kälte-technik					

ICS 23.040.00, 01.10.01, 01.10.02, 01.10.03, 07.10.01		VDI-RICHTLINIEN		April 2013	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE		Facility-Management Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen		Entwurf	
Facility management – Technical monitoring of buildings and building services		Ermittelt im 2013-09-30			
		* Internationaler Standard des VDI-Fachbereichs-Entwurfstechnischer Facility-Management * Entwurf 10.11.10 * 40000 Dokument			
		* in Englisch * VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik * Fachbereich Facility-Management			
Inhalt	Seite	Inhalt	Seite		
Vorbemerkung	2	1 Lebenszyklusprozess	12		
Einführung	2	1.1 Entwicklungs- und Planungsphase	12		
1 Anwendungsbereich	2	1.2 Realisierungsphase	15		
2 Normative Verweise	3	1.3 Nutzungsphase	18		
3 Begriffe	3	1.4 Verwertungsphase	19		
4 Abkürzungen	4	2 Schlüsselbegriffe zum Inbetriebnahmemanagement und Betreiben	19		
5 Nutzen und Ziele von Monitoringssystemen	4	2.1 Betriebskonzepte (facility management/operation/planung)	19		
6 Grundlagen des technischen Monitorings	4	2.2 Inbetriebnahmemanagement	19		
6.1 Arten des technischen Monitorings (TM)	5	2.3 Betriebskonzepte	20		
6.2 Betriebskonzepte	6	10 Beteiligte und Kompetenzen	20		
6.3 Leitlinie für das technische Monitoring (TM)	7	10.1 Beteiligte	20		
6.4 Schnittstelle zwischen Gebäudetechnik (GA) und technischem Monitoring (TM)	8	10.2 Erforderliche Kompetenzen	21		
6.5 Analyse von Aufwand und Nutzen	8	Anhang A Übersicht über Werkzeuge für die Energieeffizienz (EM)	23		
6.6 Kontextanforderung	8	Anhang B Monitoring-Checklist - Beispiele	25		
6.7 Datenerhebung und -auswertung	10	101 Monitoring-Checklist - Beispiel 1	25		
6.8 Datenaufbereitung und -auswertung	11	102 Monitoring-Checklist - Beispiel 2	26		
7 Klassifizierung	12	Anhang C Beispiel einer Aufgabenbeschreibung für technisches Monitoring (TM)	29		
		Anhang D Ablaufplan-Checkliste TM	30		
		Schlüsselwort	34		
VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBD) Fachbereich Facility-Management					
VDI-Handbuch Facility-Management VDI-Handbuch Aufzugstechnik VDI-Handbuch Elektrotechnik und Gebäudetechnik VDI-Handbuch Raumlufttechnik VDI-Handbuch Raumakustik VDI-Handbuch Sanitärtechnik VDI-Handbuch Wärme- und Kälte-technik					



Was ist Technisches Monitoring?



* HOAI – Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
 ** VOB – Verdingungsordnung im Bauwesen

Meldet Bedenken gegen
 Planungsfehler an

Was ist Technisches Monitoring?

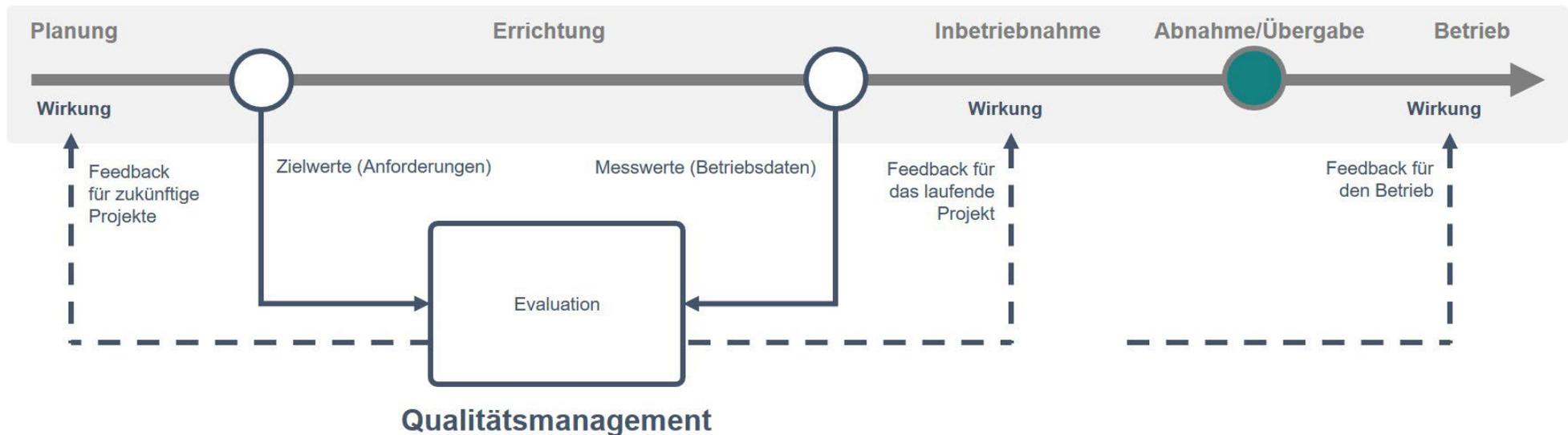
- Gebäude und gebäudetechnische Anlagen sind so komplex, dass die traditionelle Aufgabenverteilung und gegenseitige Kontrolle durch Planer - Errichter keine ausreichende Qualität mehr sichert.
- Wir brauchen eine neutrale Instanz, die Qualität prüft und dokumentiert:
 - ✓ **Spezifikation:** Ziele erfassen & Prüfmethoden definieren.
 - ✓ **Probetrieb:** Messwerte erfassen und Bewertung.
 - ✓ **Regelbetrieb:** Ziele überwachen.
- Die **AMEV Technisches Monitoring** definiert hierzu ein Leistungsbild, das wirksam, robust, wirtschaftlich und skalierbar in die Praxis eingeführt werden kann.
- Neubau und Bestand



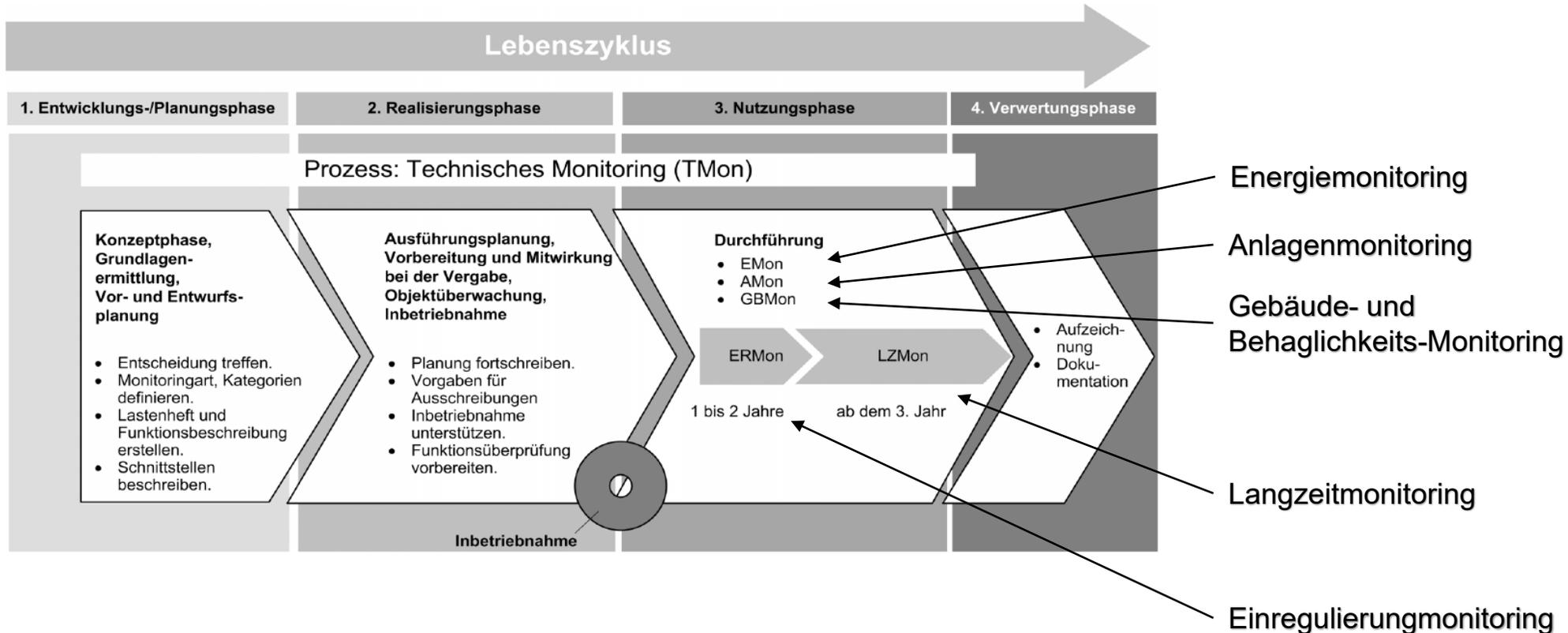
Was ist Technisches Monitoring?

Qualitätsregelkreis zur Prüfung der Abweichung eines Merkmals von einer vorgegebenen Forderung.

Projekt

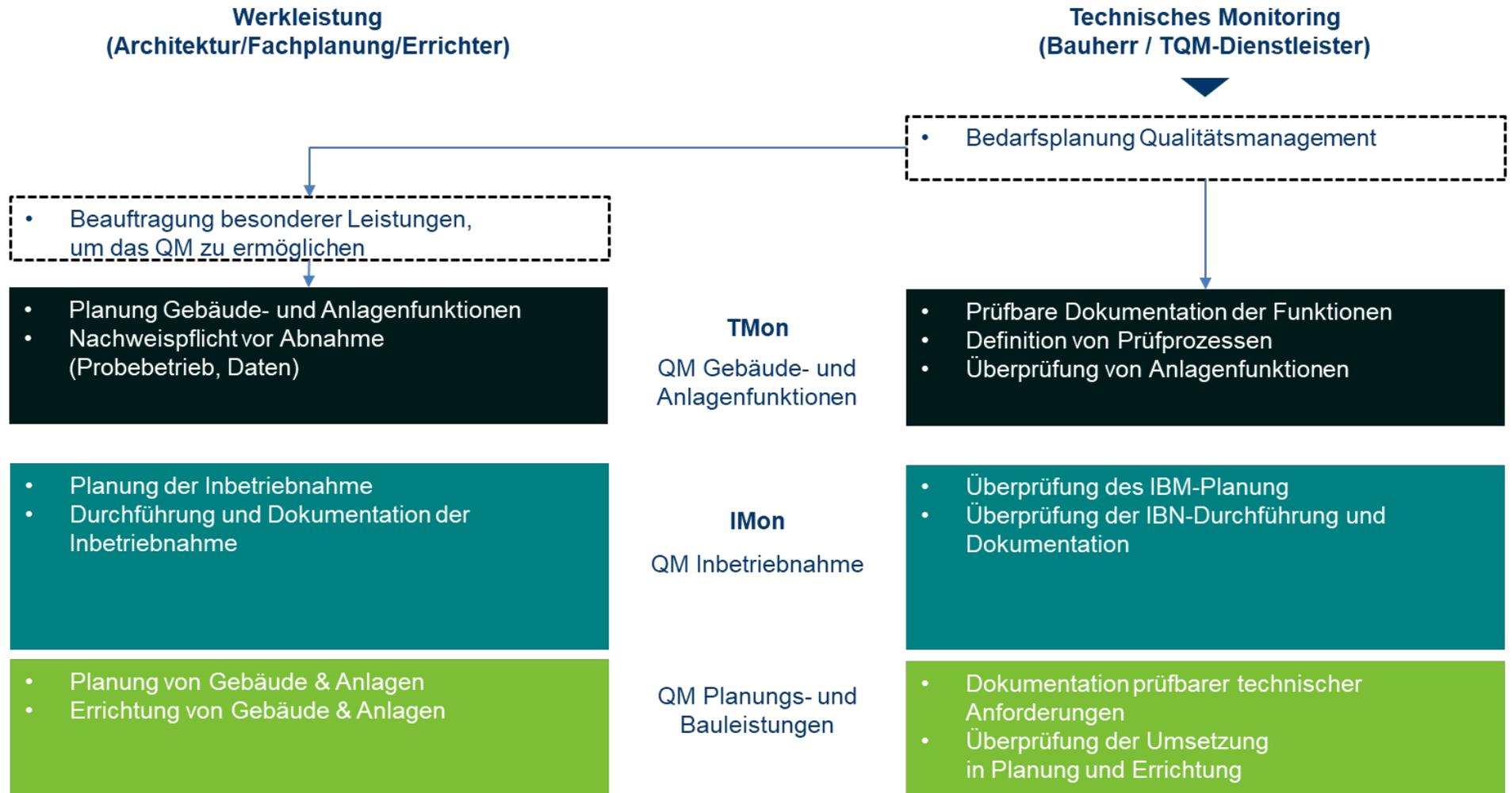


VDI 6041: Arten und Umfang des Technischen Monitorings



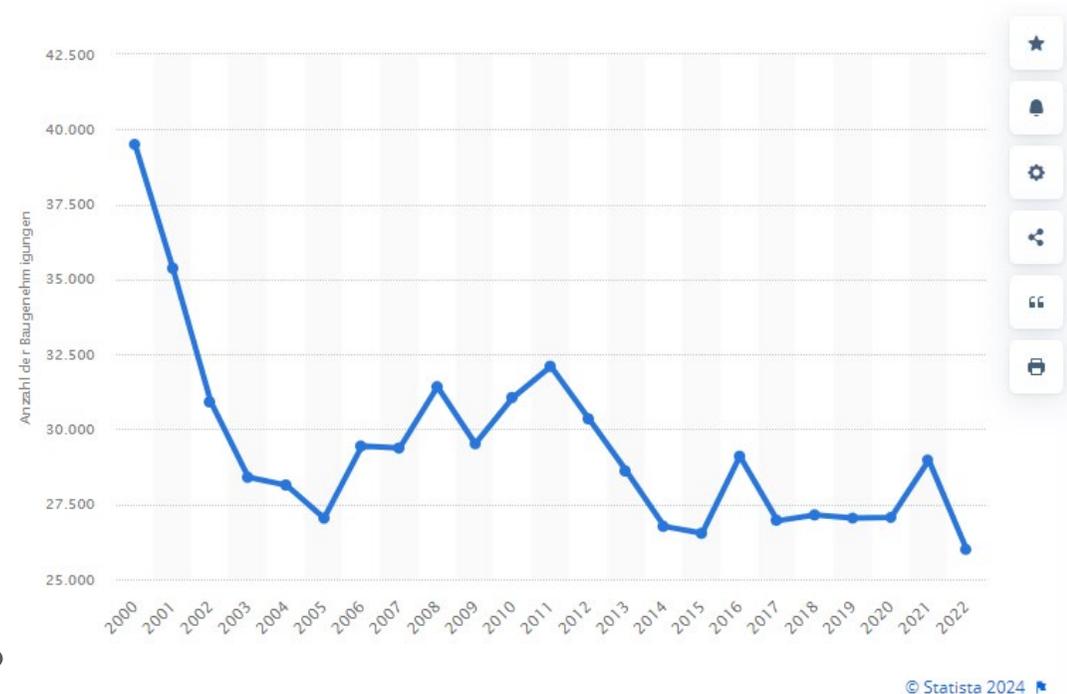
[aus: Richtlinie VDI 6041 TMon]

Abgrenzung Werkleistung und Qualitätsmanagement



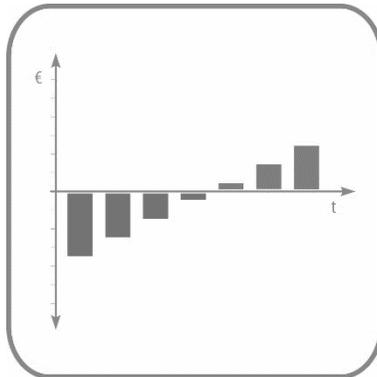
Die Herausforderung

- Gebäudebestand
 - ✓ ca. 2 Mio. Nichtwohngebäude
 - ✓ ca. 19 Mio. Wohngebäude
- Neubau (Baugenehmigungen)
 - ✓ Ca. 25.000 Nichtwohngebäude



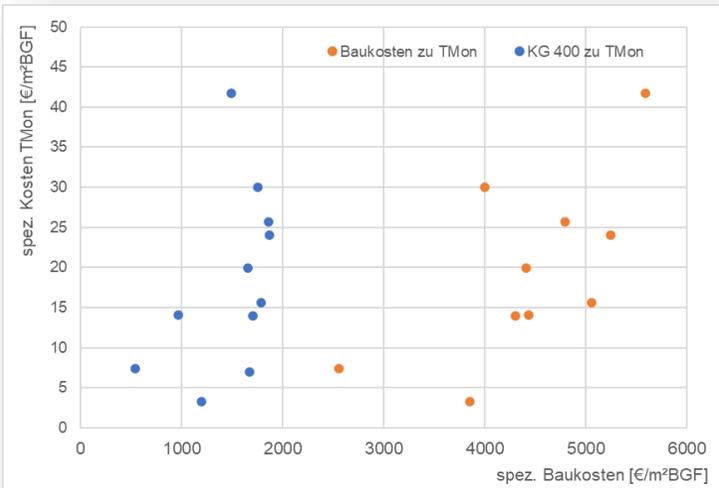
- **Funktioniert TMon in der Praxis?**

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/252813/umfrage/baugenehmigungen-fuer-neue-nichtwohngebaeude-in-deutschland/#:~:text=Im%20Jahr%202022%20wurde%20in,%2C%20Hotels%2C%20Gastst%C3%A4tten%20oder%20Fabrikgeb%C3%A4ude.>



Ergebnisse der ersten Querauswertung im Forschungsprojekt

Aktuelle Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt



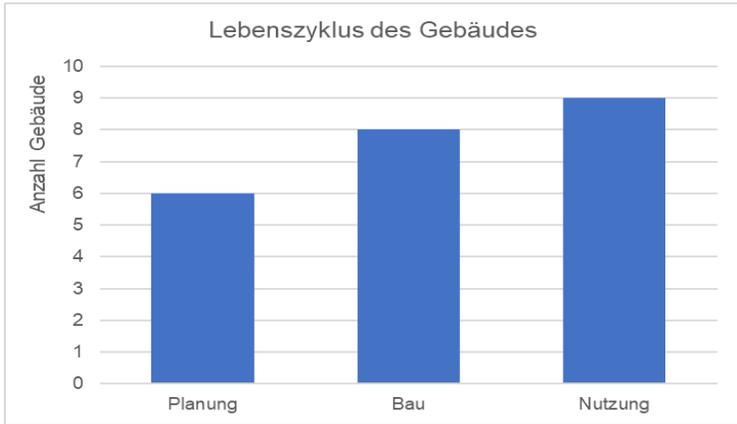
- Evaluierung der ersten 23 Projekte
 - ✓ Übersicht von Leistungsbildern
 - ✓ Mängel-/ Defizite mit Häufigkeitsskala
 - ✓ Kostenanalyse: Anteil TMon zu GBK und KG400
- 7 Workshops mit Erfahrungsaustauschforen
- Interviews mit TMon-Dienstleistern

Weitere Bearbeitung

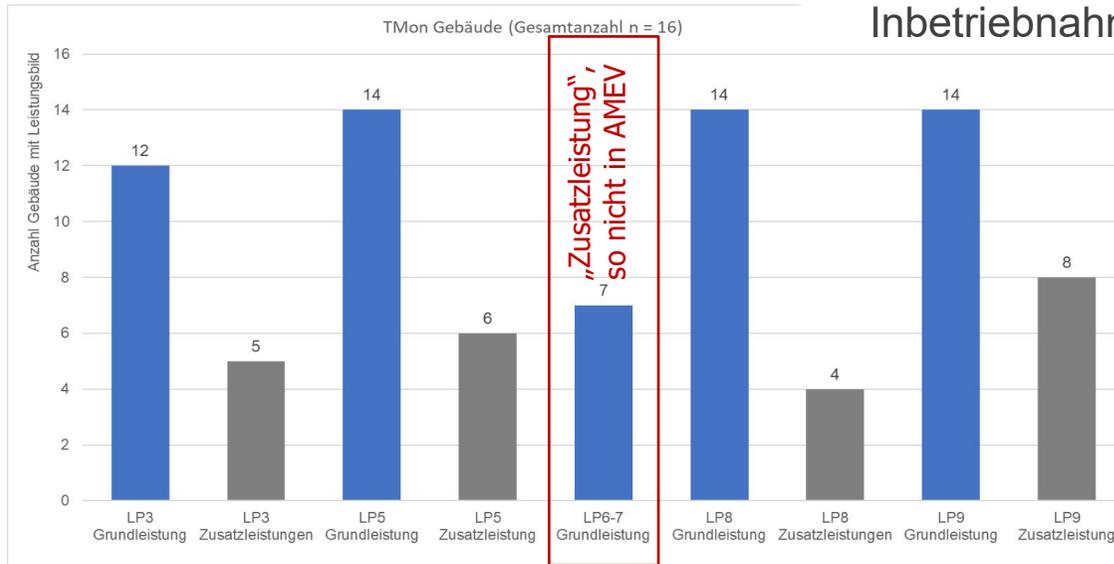
- Interviews mit Bauherren, Betreibern und TMon-Dienstleistern sowie Vertretern der wissenschaftlichen Forschung
- Mängel-/ Defizitenmatrix mit Maßnahmenkatalog
- ROI-Berechnung
- Vorschläge zur Erweiterung des AMEV-Leistungsbildes
- Mitwirkung:
 - ✓ Überarbeitung VDI 6041 TMon
 - ✓ Neues Blatt zum TMon für VDI 3814 GA

VDI-RICHTLINIEN		
ICS 25.040.99, 91.040.01, 91.140.01, 97.120	VDI 6041	April 2015
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Facility-Management Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen	Entwurf
VDI-RICHTLINIEN		
ICS 35.240.67, 97.120	VDI 3814	Januar 2019 January 2019
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Gebäudeautomation (GA) Grundlagen Building automation and control systems (BACS) Fundamentals	Blatt 1 / Part 1 Ausg. deutsch/englisch Issue German/English
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.		
The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.		

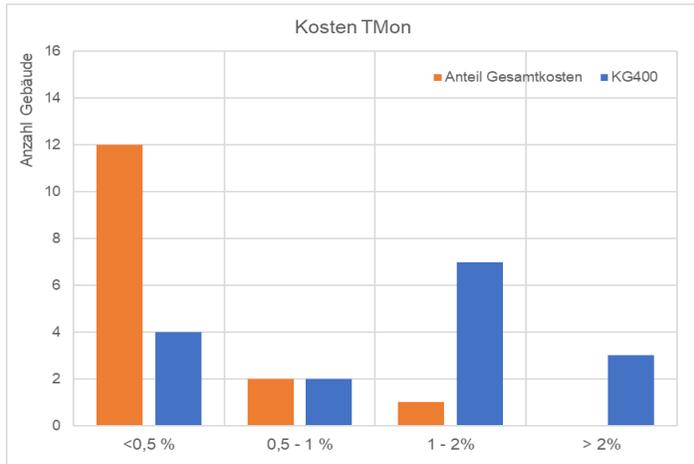
Bisherige Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt - Gebäude



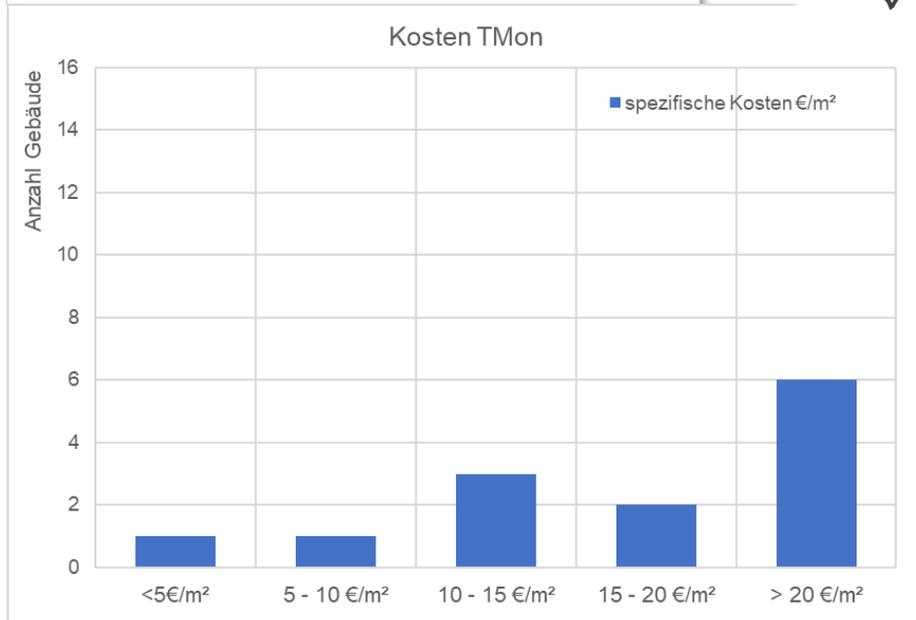
- > 75 % Neubauprojekte
- < 40 % Gebäude in Betrieb
- TF-Anteil von ca. 15 %
- AMEV Empfehlung 158 findet breite Anwendung
 - ✓ Beauftragung von Grundleistungen vorwiegend ab LP5
 - ✓ Beauftragung Zusatzleistungen bei <36% der Gebäude
- > 25 % als Gesamtauftrag für TMon und Inbetriebnahmemanagement



Bisherige Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt - Kosten



- < 0,5 % der Gesamtbaukosten werden für TMon aufgewendet
- < 2 % der Baukosten der KG 400 entsprechen dem TMon
- Gründe für Projekte mit $> 20 \text{ €/m}^2_{\text{BGF}}$ für TMon:
 - ✓ es handelt sich um Gesamtaufträge TMon + IBM
 - ✓ höherer Technisierungsgrad der Gebäude
 - ✓ evtl. zusätzliche Messtechnik miteinkalkuliert

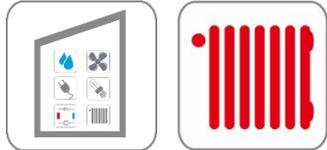


Bisherige Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt - Workshops



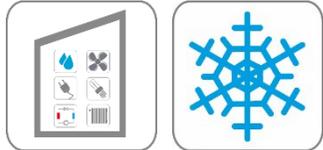
- Kompetenzentwicklung fördern
 - ✓ Verankerung in der Aus- und Weiterbildung
 - ✓ Wissensweitergabe und Erfahrungsaustausch
 - ✓ Beratung von Genehmigungsbehörden
- Verständnis und Transparenz für TMon erhöhen
 - ✓ Betreiber-/Nutzerfreundliche Aufbereitung der Daten
 - ✓ Übersicht der aktuellen Marktlage
 - ✓ Standardisierte Workflows und KPIs (Checklisten, Kataloge etc.)

Mängel und Optimierungen



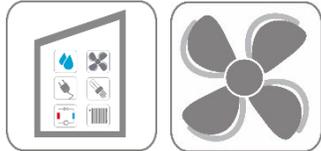
System	erkannte Mängel/Fehler	Phase
Erzeugung		
• Wärme	Betrieb WP/FW nicht abgestimmt Pufferspeicherregelung WP	Regelbetrieb
• Fernwärme	Betriebsgüte Dampfwärmetauscher im Sommer 50% max. Temperatur-Begrenzung deaktiviert	Regelbetrieb
Verteilung		
• Heizkreise	Einstellungen der Freigabegrenzen, Vorlauftemperaturen (Heizkurven) → keine bedarfsgeführte Regelung	Regelbetrieb
• Pumpen	fehlerhafte Betriebsmeldung keine Umschaltung bei redundantem System Umwälzpumpen im Dauerbetrieb	Probe-/ Regelbetrieb
• Ventile	eingeschränkte Funktion	Regelbetrieb

Mängel und Optimierungen



System	erkannte Mängel/Fehler	Phase
Erzeugung • Kälte	fehlerhafte Betriebsmeldung der KM instabile Druckwerte hohe Taktung der KM	Probe-/ Regelbetrieb
Verteilung • Kaltwasser- kreise • Pumpen	Einstellungen der Freigabegrenzen → bedarfsgeführt geringe Temperaturspreizung (Hydraulik) zu geringe Kälteleistung ineffizienter Kältebetrieb durch fehlgeplante Hydraulik Sensoren Pumpenstation liefern unplausible Werte Differenzdruck wird nicht eingehalten Dauerbetrieb ohne Anforderung	Regelbetrieb Probebetrieb

Mängel und Optimierungen



System	erkannte Mängel/Fehler	Phase
Erzeugung/ Aufbereitung	keine Regelung der Be-/Entfeuchtung Zuluft / Dauerbetrieb Befeuchtung Außenluft Be-/Entfeuchtung dauerhaft Istwert < Sollwert geringe Betriebsgüte adiabate Kühlung Nacherhitzer in Betrieb ohne Bedarf WRG in Betrieb trotz Zustand AUS	Probe-/ Regelbetrieb
Verteilung		
• Klappen	fehlerhafte Einstellung/Betriebsmeldung/-zustand defekte Klappen	Regelbetrieb
• Ventilatoren	kein Betrieb trotz Freigabe/Zeitprogramm starke Druckschwankungen Zuluft Zu niedriger VS in der Zuluft; falsch eingestellte VSR	Probe-/ Regelbetrieb
Nutzung	zu lange Laufzeiten/ fehlende Zeitprogramme Uhrzeitbedingte Überschreitung der CO ₂ -Grenzwerte Fehlende Kopplung ZU – AL (Ein-Aus)	Probe-/ Regelbetrieb

Mängel und Optimierungen



System	erkannte Mängel/Fehler	Phase
Technische Umsetzung	Freigabegrenzen, Zeitprogramme und Sollwerte werden nicht eingehalten bzw. stimmen nicht mit Funktionsbeschreibung über ein Sollwertvorgaben ohne Toleranzen	Probe-/ Regelbetrieb
	Falsche Betriebsmeldungen, Dauerläufer	
	Fehlende/fehlerhafte Datenübertragung	
	Datenpunktzuweisung falsch oder mehrdeutig; Angaben nicht plausibel	
	Unvollständige/falsche Visualisierung GLT/GA	
	Unvollständige/fehlerhafte Aufschaltung der Zähler	
Defekte Sensoren	Regelbetrieb	
Ineffektive Regelstrategien		
Keine Abwärmenutzung		
	Anzahl und Platzierung der Zähler, fehlende Messtechnik	

Mängel und Optimierungen



System	erkannte Mängel/Fehler	Phase
Organisatorische Umsetzung	<p>Unzureichende Definition von Zielkennwerten seitens des Bauherrn</p> <p>Datenzugriff oft problematisch → keine Daten, Übertragungsfehler</p> <p>Erfassung und Umsetzung des Messkonzeptes</p> <p>Missachtung AKS; keine einheitliche Bezeichnung von Messzählern</p> <p>Keine Datenübermittlung aus Anlagentests</p> <p>Falsche Bezeichnung von DP</p>	Probe-/ Regelbetrieb

Ausblick



- Wissenschaftliche Fragestellungen
 - ✓ Werden die neuen Qualitätsmanagement-Services angewendet und in welchem Umfang?
 - ✓ Wie erfolgreich sind sie technisch und wirtschaftlich?
 - ✓ Wo besteht Verbesserungsbedarf?

- Nächste Schritte :
 1. Evaluierung der technischen Umsetzung
 - ✓ Umsetzung der geforderten Leistungen
 - ✓ Berichts- und Dokumentationswesen
 - ✓ Einbindung im Lebenszyklus / Bauprozess
 2. Wirtschaftliche Betrachtung
 - ✓ Kosten-Nutzen-Vergleich

Aufruf: Projektteilnahme mit Gebäuden



- Als Eigentümer oder Betreiber mit einem oder mehreren Gebäuden
- Bereitstellung von Informationen zum Gebäude (Planung, Inbetriebnahme, Monitoring im Betrieb)
- Bei Interesse Teilnahme an Einzelinterviews

- **Weitere Informationen zum Forschungsprojekt finden Sie unter:**
www.qualitätsmanagement-für-gebäude.de
- Bei Interesse an Projektteilnahme können Sie sich unter dem o. g. Link anmelden oder die Forschungsgruppe direkt kontaktieren

Ihr Profit als Projektpartner



- Erfahrungsaustausch in Expertenworkshops
 - ✓ Laufende Rückkopplung der Forschungsergebnisse
 - ✓ Lernen Sie QM-Services aus erster Hand kennen
 - ✓ Erfahren Sie mehr über Einsatzmöglichkeiten und erfolgreiche Konzepte
- Beratende Unterstützung bei der Umsetzung und Ausführung des TMon
- Zugang zum Forum mit den neuesten Erkenntnissen zu TMon in der Praxis
- Nutzung von praktischen Tools und Leitfäden zur erfolgreichen Umsetzung des TMon
- Ihre Meinung wird gehört und durch unsere aktive Mitarbeit an Gremien weitergegeben (VDI, AMEV, GEFMA, TGA-Kongresse, Messen etc.)

Mit Ihrer aktiven Teilnahme helfen Sie uns eine große Vielfalt an Bauprojekten zu sammeln und somit eine möglichst praxisnahe Forschung in der Anwendung des TMon zu betreiben!

Gerne erwähnen wir Ihr Unternehmen als unseren Projektpartner bei Vorträgen, Workshops und weiteren Veranstaltungen

Team



siz energieplus 
steinbeis innovations zentrum



siz energieplus
an der TU Braunschweig

Dr. Stefan Plesser
Franziska Bockelmann

Hamburger Straße 277
38114 Braunschweig

Hochschule Biberach
Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)

Prof. Dr.-Ing. Martin Becker
Valeria Ehlers

Karlstrasse 11
88400 Biberach

Technische Universität Braunschweig
Institut für Psychologie
Lehrstuhl für Arbeits-, Organisations- und
Sozialpsychologie

Univ.-Prof. Dr. Simone Kauffeld
Dr. Sandra Rothenbusch

Spielmannstr. 19
38106 Braunschweig

▪ Laufzeit: 11/22 – 10/26

▪ Förderung:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

- **Weitere Informationen zum Forschungsprojekt finden Sie unter:**
www.qualitätsmanagement-für-gebäude.de
- Bei Interesse an Projektteilnahme können Sie sich unter dem o. g. Link anmelden oder die Forschungsgruppe gerne kontaktieren