

White Paper – GEFMA 930
Version 1.0

Gebäudebetrieb 4.0

Autor: gefma-Arbeitskreis Gebäudebetrieb 4.0
Veröffentlicht durch: gefma

Version 1.0/2026-09

Präambel

Gebäudebetrieb 4.0 – das bedeutet praxisnahe Konzepte für einen energieeffizienten, digital vernetzten und nachhaltigen Gebäudebetrieb sowie die Integration von Gebäudeautomation und Smart-Building-Technologien zur Unterstützung von digitalen Prozessen auf der Basis von durchgängigen maschinenlesbaren Datenflüssen.

Datenbasiert – Offen – Verantwortungsvoll

Vernetzte Architekturen und strukturierte Betreiberdaten bilden die Grundlage einer neuen Betriebsführungskultur für ein Betreiberkonzept 4.0 im digitalen Zeitalter.

Daten sind ein wesentlicher Bestandteil des Immobilienwertes und gehören daher grundsätzlich dem Eigentümer der Immobilie. Beauftragt dieser einen Betreiber, verwaltet und nutzt dieser die Daten im Auftrag des Eigentümers, sodass sie unabhängig von Betreiberwechseln dauerhaft dem Gebäude erhalten bleiben.

Nur eine konsequente Trennung zwischen Dateneigentum und Datennutzung schafft die Voraussetzungen für durchgängige digitale Prozesse, langfristige Datenkontinuität und einen **resilienten Gebäudebetrieb** im Sinne eines Betreiberkonzepts 4.0.

**Resilienter
Gebäudebetrieb:**
*Versorgungs-
sicherheit, Nach-
weisfähigkeit und
Krisenfestigkeit*

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	6
1 Einleitung und Zielsetzung	8
1.1 Motivation und aktuelle Herausforderungen	8
1.2 Zielsetzung und Adressaten des Whitepapers	10
1.3 Abgrenzung und methodischer Rahmen	11
2 Gebäudebetrieb 4.0 – Begriffsklärung und Zielbild	13
2.1 Definition Gebäudebetrieb 4.0	13
2.2 Systemverständnis	13
2.3 Digitale Services und Microservices	14
2.4 Die digitale, vernetzte und lebenszyklusorientierte Immobilie	14
2.5 Leitprinzipien: datenbasiert, offen, verantwortungsvoll	14
2.6 Das Betreiberkonzept als Grundlage für die Digitalisierung des Gebäudebetriebs	15
3 Technologische und methodische Grundlagen	17
3.1 Künstliche Intelligenz im Gebäudebetrieb	17
3.2 Datenräume und Datensouveränität	18
3.3 Ontologien und semantische Beschreibung von Gebäudedaten	18
3.4 Verwaltungsschale (Asset Administration Shell) und digitale Zwillinge	20
4 Domänenübergreifendes Zusammenspiel	22
4.1 Lebenszyklusbetrachtung als gemeinsamer Rahmen	22
4.2 Der Softwarearchitekt der Immobilie als neue Rolle	24
4.3 Datenübergabe vom Bau in den Betrieb	24
4.4 Betreiberverantwortung als Klammer	25
4.5 Betreiber-Datenmodell als technologische Klammer	25
5 Architektur- und Technologieanforderungen für Gebäudebetrieb 4.0	27
5.1 Backend, Datenarchitektur und Datenraum (Arbeitsgruppe A)	27
5.1.1 Ausgangslage und Zielbild der Backend-Architektur	27
5.1.2 Identifikatoren und semantische Konsistenz	29
5.1.3 Instanziierung der Verwaltungsschale im TGA-Kontext	30
5.2 Microservices, Frontend und digitale Prozessunterstützung (Arbeitsgruppe B)	31
5.2.1 Das Gebäude-OS – die Integrations- und Serviceschicht im Gebäudebetrieb 4.0	32
5.2.2 Vom Betreiber-Datenmodell zum digitalen Service	33
5.2.3 Modularität und Austauschbarkeit	33
5.2.4 Orchestrierung durchgängiger Prozesse	34
5.2.5 Frontends und rollenbezogene Nutzerinteraktion	34
5.2.6 KI-gestützte und zunehmend autonome Services	35

5.3	TGA und Herstelleranforderungen (Arbeitsgruppe C)	36
5.3.1	Funktionale und kommunikative Beschreibung der TGA	36
5.3.2	Anforderungen an die Komponenten der TGA	37
5.3.3	Operatives Zielbild: Mindeststandards, Skalierbarkeit, Offenheit und Systemengineering	38
5.4	IT-/OT- Security und sicherer Datenaustausch (Arbeitsgruppe D)	38
5.4.1	Scope und Abgrenzung der Security-Betrachtung	38
5.4.2	Regulatorischer und normativer Rahmen	39
5.4.3	Zero Trust als Leitparadigma für Gebäudebetrieb 4.0	39
5.4.4	Anforderungen an IT- und OT-Security	40
6	FM-Prozesse, Use Cases und Anwendungsszenarien (Arbeitsgruppe E)	42
6.1	Wartung und Instandhaltung (zustandsbasiert und vorausschauend)	42
6.1.1	Anwendungsbeispiel 1 – Zustandsbasierte vorausschauende Wartung	42
6.2	ESG-Reporting und Nachhaltigkeitsmanagement	43
6.2.1	Anwendungsbeispiel 2 – Nachhaltigkeitsmanagement ESG-Reporting	43
6.3	Analytics, KI-Assistenz und datenbasierte Betriebsführung	44
6.3.1	Anwendungsbeispiel 3 – Datenbasierte Betriebsführung	44
6.4	Autonome Systeme im Gebäudebetrieb	45
6.4.1	Anwendungsbeispiel 4 – Autonome Systeme im Gebäudebetrieb	45
7	Referenzarchitektur Gebäudebetrieb 4.0 im Überblick	47
8	Fazit, Ausblick und Handlungsempfehlungen	53
8.1	Zentrale Erkenntnisse	53
8.2	Handlungsempfehlungen für die Einführung	54
8.3	Verbandsübergreifende Zusammenarbeit als Voraussetzung eines ganzheitlichen Gebäudebetriebs 4.0	56
9	Literaturverzeichnis	57
9.1	Literatur und Online-Quellen	57
9.2	Normen, Richtlinien und Standards	58
	Impressum	59
	KI-Hinweis	59

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Verschiedenste Fachsysteme erzeugen Daten einer elektromotorischen Tür über den Gebäudelebenszyklus	23
Abb. 2:	Vom BIM-gestützten Bauprozess in den Gebäudebetrieb	28
Abb. 3:	Rollenbasierter Zugriff auf die AAS am Beispiel der elektromotorischen Tür	30
Abb. 4:	Ansatz eines Gebäude-OS im Gebäudebetrieb 4.0	32
Abb. 5:	Zero-Trust-Entscheidungsbaum für den Gebäudebetrieb 4.0	41
Abb. 6:	Reinigungsroboter passiert Brandschutztür	46
Abb. 7:	Gebäudebetrieb 4.0 Workshopergebnis aus dem Präsenztreffen	47
Abb. 8:	Technische Architekturskizze Gebäudebetrieb 4.0 mit Integrationslayer, Netzwerkzonen und Sicherheitsanforderungen	48
Abb. 9:	Übersicht – Installation/Ersatz eines Produktes	50
Abb. 10:	Möglichkeiten von standardisierten Daten für die verschiedenen Domänen	51

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Beispiel für Asset-Identifikatoren im konventionellen Gebäudebetrieb	29
Tab. 2:	Einführungsschritte für einen Gebäudebetrieb 4.0	55