

# Stand der Normungsinitiative: „Zustandsüberwachung und -diagnostik von Strukturen“

Andreas SCHNABEL<sup>1</sup>, Martin BACH<sup>2</sup>, Anna-Lena DREISBACH<sup>3</sup>, Falk HILLE<sup>4</sup>,  
Peter KRAEMER<sup>3</sup>, Jens KRIEGER<sup>5</sup>, Jens KÜHNE<sup>6</sup>, Inka MÜLLER<sup>7</sup>,  
Lars SCHUBERT<sup>1</sup>, Kilian TSCHÖKE<sup>1</sup>, Thomas VOGT<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden

<sup>2</sup> Airbus Operations GmbH, Bremen

<sup>3</sup> Universität Siegen, Siegen

<sup>4</sup> Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

<sup>5</sup> Bachmann Monitoring GmbH, Rudolstadt

<sup>6</sup> Kühne Mobilität, Seeheim-Jugenheim

<sup>7</sup> Hochschule Bochum, Bochum

<sup>8</sup> Guided Ultrasonics Ltd., Brentford

Kontakt E-Mail: kilian.tschoeke@ikts.fraunhofer.de

## Kurzfassung

Im Bereich Maschinenmonitoring (Condition Monitoring) existieren eine Vielzahl etablierter Normen. Im Gegensatz zu dort verwendeten Verfahren die sich hauptsächlich mit der Überwachung von rotierenden Maschinenkomponenten befassen, werden im Structural Health Monitoring (SHM) vorrangig Objekte mit tragenden Eigenschaften (Strukturen) überwacht. Die Verwendung eines SHM-Systems ist in technischen Anlagen und Konstruktionen sinnvoll, in denen entweder die technische Funktionsfähigkeit verbessert, Sicherheitskennwerte gewährleistet oder auch ein wirtschaftlicher Nutzen entstehen kann. Für den Entwurf und die Struktur solcher Systeme existiert bislang noch keine Norm äquivalent zur DIN ISO 17359.

Im Rahmen des präsentierten Normungsvorhabens soll eine Norm mit Übersichtscharakter entstehen, die eine Brücke zu branchenspezifischen SHM-Lösungen einerseits und weiterführende Managementsystemen andererseits schlägt. Dabei wendet sie sich an Besitzer und Betreiber, Designer, Zertifizierer und Inspektoren von Strukturen, an Dienstleister für messtechnische Lösungen sowie an Hersteller von SHM-Technologien und an Behörden.

Sie beschreibt die Rahmenbedingungen für den effizienten Einsatz von SHM und verweist auf mögliche wirtschaftliche und/oder technische Anwendungsgrenzen. In Abhängigkeit der Zielstellung des SHM werden Kriterien für ihre optimale Umsetzung genannt sowie notwendige Anforderungen an die technische Realisation der SHM-Systeme aufgeführt. Schließlich wird auch der Aspekt des Einbindens ins Projekt- bzw. Prozessmanagement betrachtet und mögliche Interaktionen aufgezeigt.



Die angestrebte Norm soll dem Anwender Richtlinien und Handlungsanweisungen zum allgemeinen Aufbau von SHM-Systemen zur Überwachung von relevanten Strukturen geben. Der Beitrag beschreibt die Motivation, Gliederung und den aktuellen Stand des Normungsvorhabens.

## DACH-Jahrestagung 2023

Andreas Schnabel, Martin Bach, Anna-Lena Dreisbach, Falk Hille, Peter Kraemer, Jens Krieger, Jens Kühne, Inka Mueller, Lars Schubert, Kilian Tschöke, Thomas Vogt

# Stand der Normungsinitiative: „Zustandsüberwachung und -diagnostik von Strukturen“

## Motivation und Bedarf

### Wandel der Wartungs- Methoden

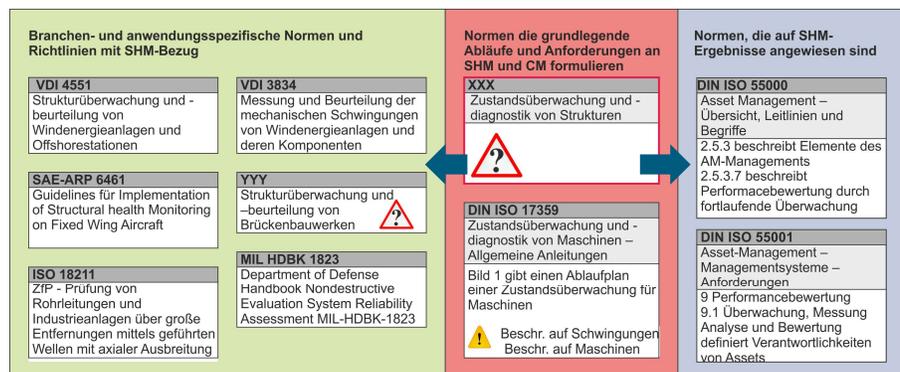
*Vorschreibend  
zeitbasiert*

*Risikobasiert*

*Zustandsbasiert*

**macht permanent  
installierte Sensorik  
notwendig**

**Neue Normenwelt für  
spezifische  
Anwendungen**



**Überwachung mit permanent installierter Sensorik wird derzeit sehr fachspezifisch genormt und es gibt Bezug auf unterschiedliche Ansätze – stark fragmentiert, es gibt aber nichts mit Übersichtscharakter, das SHM als Gesamtkonzept darstellt.**

→ Äquivalent für DIN ISO 17359 mit Übersichtscharakter für Strukturen bei breiterer methodischer Ausrichtung notwendig

## Motivation und Bedarf



- **Große Vielfalt an Zielen und Aufgabenstellungen erfordert Einordnung und Strukturierung**

- Asset Management
- Design Verification
- Schadenserkenkung und -fortschritt
- Nutzungsverlängerung
- Inspektionsplanung
- Beweissicherung
- Betriebskostensenkung
- Nachweis Mangelfreiheit
- Nachweisführung im Einzelfall
- Überwachung der Einhaltung von Lastbeschränkungen

## Ziele und Adressaten

- **Ziel der Norm:**

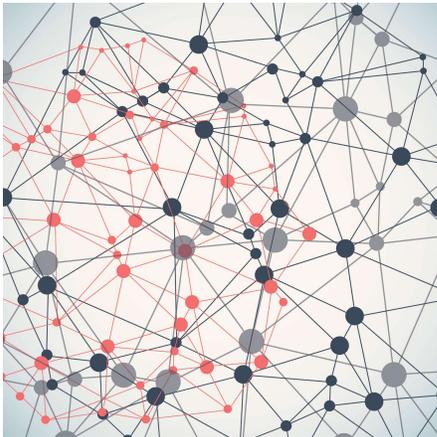
- SHM-System-Hersteller und SHM-Dienstleister können mithilfe der Norm ihr Produkt entwickeln und ihren Kunden (SHM-Anwender, Betreiber) erklären
- SHM-Anwender kann mithilfe der Norm Leistungen gezielt und standardisiert beschaffen

- **Adressaten:**

- SHM-System-Hersteller (Hardware, Software)
  - SHM-Dienstleister (Betrieb, Datenmanagement, Analyse)
  - Betreiber, Asset Manager (Maßnahmenvorschläge, Entscheidungen, Umsetzung)
  - Fachplaner (Systemplanung, Design)
  - Prüfer, Zertifizierer (Abnahmen, Prüfberichte, Gutachten)
- Definition der Notwendigkeit der Überwachung und ggf. von Randbedingungen & Zielgrößen



## Beziehungen zu bestehenden Normen



### • Allgemein

- DIN ISO 55000 und 55001 (Asset Management)
- DIN ISO 17359: beschränkt auf schwingungsbasierte Verfahren und Anwendung Maschinen

### • Spezifische Anwendungsnormen

- VDI 4551 (Windenergie)
- SAE-ARP 6461 (Fixed Wings of Aircrafts)
- DIN EN 16991 (Risk Based Inspections)
- ISO 18211 (Prüfung Rohrleitungen)
- MIL HDBK 1823 (Nondestructive Evaluation System Reliability Assessment)
- CEN/TC 138 Schallemissionsprüfung

## Aktueller Stand zum Normentwurf

### • Übergeordneter Charakter mit neutralem Wording

- Eigene allgemeine Beschreibungen
- Keine Anlehnung an DIN ISO 17359
- Derzeitige Entwicklungen, wie prediktive Ansätze

### • Autoren aus Industrie und Wissenschaft

- Branchenübergreifend und mit unterschiedlichen Erfahrungen

### • Stolpersteine: Aufbau und Wording branchenunabhängig

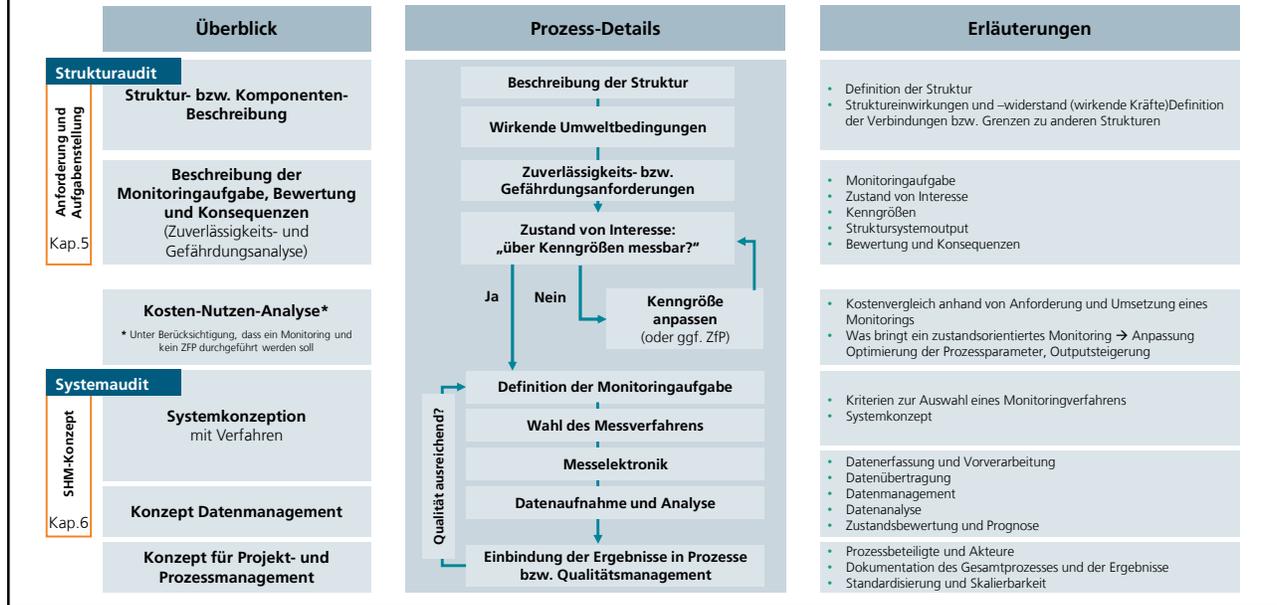
### • Verzicht auf Nennung von Beispielen für lange Gültigkeit

### • Bestehende Fachnormen wurden noch nicht vollständig auf „Kompatibilität“ geprüft

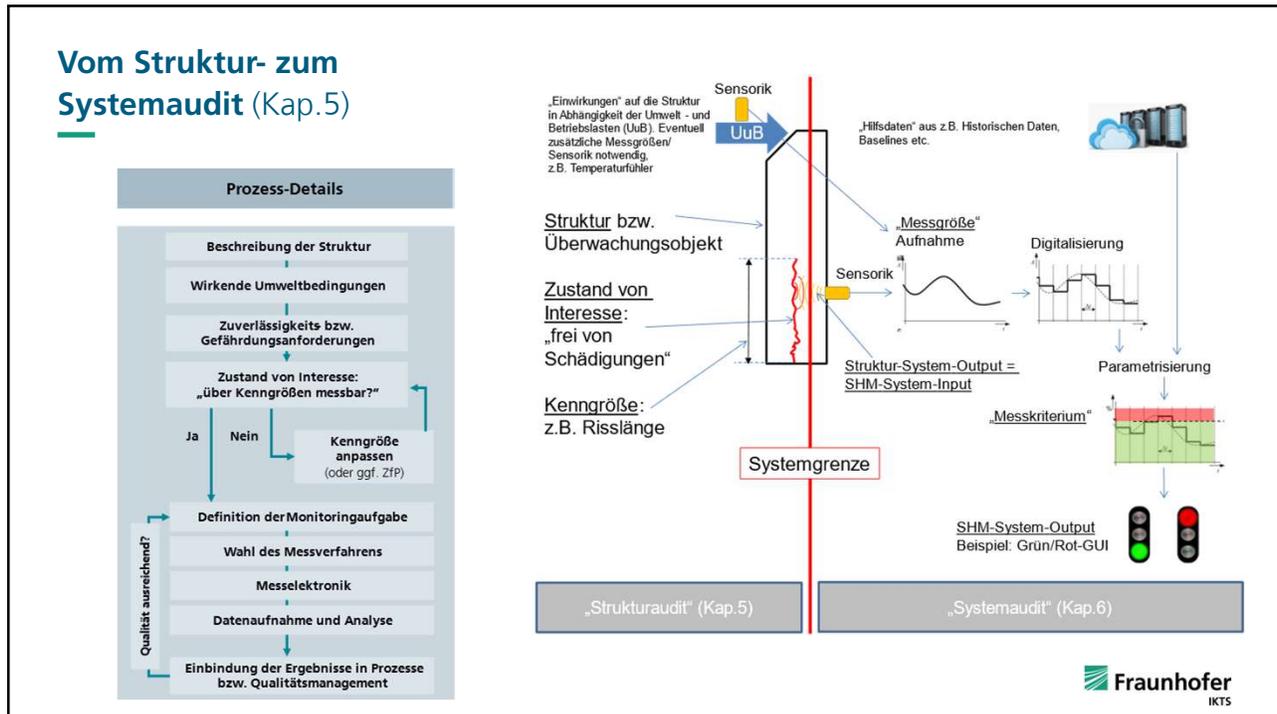
### Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	3
2. Anwendungsbereich .....	3
3. Normative Verweisungen .....	4
4. Begriffe, Definitionen und Abkürzungen .....	4
5. Strukturaudit: Anforderungen und Aufgabenstellung .....	6
6.1 Struktur- bzw. Komponentenbeschreibung .....	8
6.1.1 Definition der Struktur: Geometrie, Form und Materialien .....	8
6.1.2 Struktureinwirkungen und -widerstand .....	8
6.1.3 Definition der Verbindungen zwischen Struktur und SHM-System .....	8
6.2 Beschreibung der Monitoringaufgabe .....	8
6.2.1 Zustand von Interesse .....	9
6.2.2 Kenngrößen .....	9
6.2.3 Struktur-System-Output .....	9
6.2.4 Bewertung und Konsequenzen .....	9
6. Systemaudit .....	10
6.1 Randbedingungen, und Kriterien zur Auswahl eines Monitoringverfahrens .....	10
6.1.1 Randbedingungen bei der Auswahl eines Monitoringverfahrens .....	10
6.1.2 Kriterien zur Auswahl eines Monitoringverfahrens .....	11
6.2 Erstellung des Systemkonzepts .....	12
6.3 Informationstransfer und Schnittstellen im Gesamtsystem- „Datenkette“ .....	13
7. Einbindung von SHM im Projekt-/Prozessmanagement .....	15
7.1 Prozessbeteiligte und Akteure .....	15
7.2 Dokumentation des Gesamtprozesses und der Ergebnisse .....	15
7.3 Standardisierung und Skalierbarkeit .....	16
Anhang .....	17

# Ablaufplan zur Anwendung und Aufbau eines SHM-Systems (Kap.4)



# Vom Struktur- zum Systemaudit (Kap.5)



## Vom Struktur- zum Systemaudit (Kap.5)

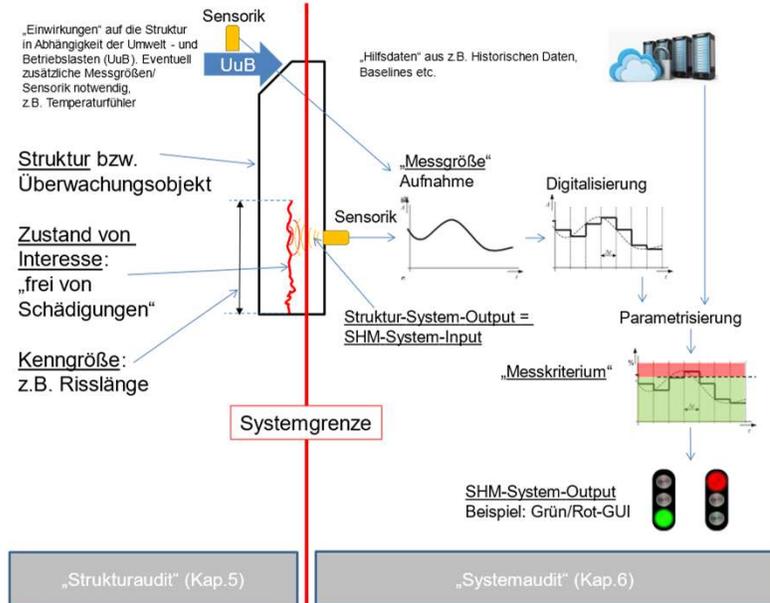
### • Struktur mit Geometrie und Anforderungen

- Beschreibung der Umwelt- und Betriebslasten
- Wahl des Zustands von Interesse und der Kenngröße
- Beachtung einer Systemzuverlässigkeits- und Gefährdungsanalyse
- Wirtschaftlichkeitsanalyse

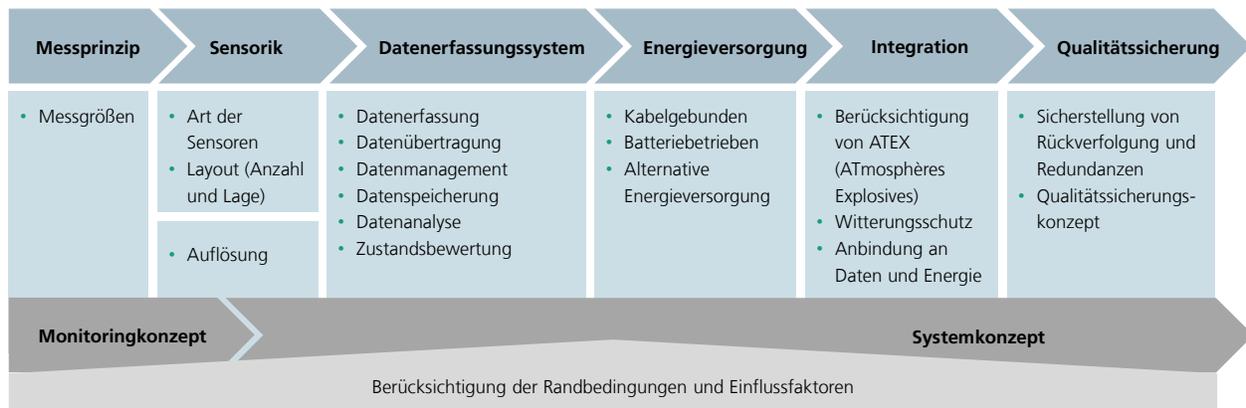
### • Systemkonzept

- Randbedingungen und Kriterien fürs Monitoringverfahren (lokal/global)
- Wahl der Komponenten
- Erfassung und Verarbeitung der Daten
- Analyse

### • Qualitätssicherung



## Erstellung des Systemkonzepts (Kap.6)



## Nächste Schritte

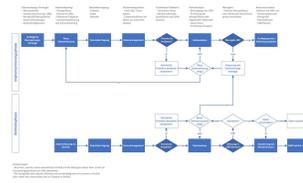
- **Erstellung der Anlagen mit Tabellen und Übersichten**

- Anwendungsbeispiele für Zustand von Interesse (Kap. 5.2.1)
- Aspekte der Wirtschaftlichkeitsbewertung (Kap. 5.2.4.2)
- Kriterien zur Auswahl eines Monitoringverfahrens (Kap. 6.1.2)
- Darstellung der Datenkette zwischen Implementierungs- und Betriebsphase (Kap. 6.3)

- **Abstimmung mit dem DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)**

**Anwendungsgebiete**  
 Einflüsse von anderen Gebieten: **Zustand von Interesse** • **Wärmeverlust**, **Luftqualität** • **Störgeräusche**, **Zustand von Interesse** • **Brand**, **Schichtübergang**

Maßnahme	Zustand von Interesse	Wärmeverlust	Luftqualität	Störgeräusche	Brand	Schichtübergang
Wärmedämmung	+	+	-	-	-	-
Luftdichtung	+	-	+	-	-	-
Wärmedämmung mit Luftdichtung	+	+	+	-	-	-
Wärmedämmung mit Luftdichtung und Störgeräuschedämmung	+	+	+	+	-	-
Wärmedämmung mit Luftdichtung, Störgeräuschedämmung und Branddämmung	+	+	+	+	+	-
Wärmedämmung mit Luftdichtung, Störgeräuschedämmung, Branddämmung und Schichtübergang	+	+	+	+	+	+



**Ansätze zur Kosten-Risiko-Analyse**

1. **Lebenszyklusansatz (Basierend auf dem Normenreihe DIN EN ISO 15687)**  
 Der Ansatz zielt auf die Berücksichtigung aller relevanten geschäftlichen, technischen und finanziellen Risiken ab, die während des gesamten Lebenszyklus eines Bauteils oder einer Anlage auftreten können. Dieser Ansatz ist besonders geeignet für komplexe Bauteile und Anlagen, die über einen langen Zeitraum hinweg betrieben werden.

2. **Objektbezogene Risikoanalyse (Objektbezogen)**  
 Objektbezogene Risikoanalyse ist ein Verfahren, bei dem die Risiken eines Bauteils oder einer Anlage basierend auf dessen spezifischen Eigenschaften und dem Kontext, in dem es eingesetzt wird, bewertet werden.

3. **Lebenszyklusansatz (Standard-Praxis-Ansatz)**  
 Dieser Ansatz wird verwendet, um die Risiken eines Bauteils oder einer Anlage über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu bewerten. Er ist besonders geeignet für Bauteile und Anlagen, die über einen langen Zeitraum hinweg betrieben werden.

4. **Kosten-Risiko-Analyse**  
 Kosten-Risiko-Analyse ist ein Verfahren, bei dem die Risiken eines Bauteils oder einer Anlage basierend auf den Kosten, die für die Herstellung, den Betrieb und die Wartung des Bauteils oder der Anlage anfallen, bewertet werden.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



# Kontakt

---



Fraunhofer-Institut für Keramische  
Technologien und Systeme IKTS

**Dr. rer. nat. Kilian Tschöke**  
Zustandsüberwachung & Prüfdienstleistungen  
Gruppenleiter: Modellbasierte Datenbewertung  
Tel. +49 351 88815 - 575  
[Kilian.tschoeke@ikts.fraunhofer.de](mailto:Kilian.tschoeke@ikts.fraunhofer.de)

**Andreas Schnabel**  
Zustandsüberwachung & Prüfdienstleistungen  
Tel. +49 351 88815 - 685  
[andreas.schnabel@ikts.fraunhofer.de](mailto:andreas.schnabel@ikts.fraunhofer.de)