

Ausbildung und Zertifizierung von Personal zur Zustandsüberwachung und Diagnostik von Maschinen*

Prof. Dr. **J. Kolerus**

Technische Universität Wien

Obmann Fachausschuss Schwingungsüberwachung und –diagnostik

Prof. Dr. Ing. **M. Klöcker**

Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik (IPK)

Fachhochschule Köln

Dr. Renate Alijah

Sector Cert – Gesellschaft für Zertifizierung mbH.

Kurzfassung

Auf dem Sektor Zustandsüberwachung und Diagnose ist in den letzten Jahren ein anhaltender internationaler Trend zur Zertifizierung von Personal festzustellen. Basierend auf der internationalen Norm ISO 18436-2, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen – Anforderungen an die Ausbildung und Zertifizierung von Personal – Teil 2: Schwingungszustandsüberwachung und -diagnostik* wurde auf Initiative des Arbeitskreises *Schwingungsüberwachung* im NALS beschlossen, ein entsprechendes Zertifizierungssystem in Deutschland zu institutionalisieren. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Organisation eines solchen Zertifizierungssystems, über den aktuellen Stand der Arbeiten wird berichtet.

Einleitung

Schon im Einführungsvortrag war auf die internationale Normenreihe ISO 18436 betreffend die Qualifizierung und Bewertung von Personal zur Zustandsüberwachung von Maschinen hingewiesen worden [1]. Das ausgeprägte Eigenleben dieser Norm, insbesondere die dynamische Entwicklung lassen auf eine entsprechend zunehmende Bedeutung vor allem im industriellen Umfeld schließen – ein Eindruck, der sich bei Gesprächen auf internationaler Basis auf den einschlägigen ISO-Konferenzen bestätigt hat. Der zuständige Arbeitskreis NA 001-03-06-05 UA *Schwingungsüberwachung* des NALS hat aus diesem Grund beschlossen, die Schaffung eines Zertifizierungssystem nach den Vorgaben dieser Norm zu initiieren. Thema dieses Vortrages ist die Beschreibung dieses Systems gefolgt von einem Bericht

über den aktuellen Stand der Arbeiten, jedoch nicht ohne zuvor auf die Vorteile als Motivationsbasis einzugehen.

Als Vorarbeit wurden die für das Gebiet Schwingungsüberwachung die relevanten Teile der ISO 18436 als deutschsprachige DIN ISO Norm aufgelegt [2] und zwar

- Teil 1: Anforderungen an Bewertungsstellen und den Bewertungsvorgang
- Teil 2: Schwingungszustandsüberwachung
- Teil 3: Anforderungen an Ausbildungsstellen und den Ausbildungsvorgang

Zielsetzungen der Norm DIN ISO 18436

Die Zielsetzungen lassen sich in einigen Schlagzeilen zusammenfassen wie folgt:

- Definition praxisgerechter, nachvollziehbarer Anforderungen
- Berücksichtigung der verschiedenen Aspekte der Schwingungsanalyse
- Kompetenzen, gestuft in Kategorien
- Standardisierter Wissens- und Erfahrungsstand des Personals
- Objektive und vergleichbare konsistente Qualifizierungsergebnisse
- Neues, einheitliches Berufsbild

Was bedeutet Zertifizierung?

Eine Zertifizierung ist ein Verfahren, welches den Nachweis bestimmter Eigenschaften oder Fähigkeiten führen und dokumentieren soll. Im Falle der Zertifizierung von Personen wird die fachliche Befähigung des Personals bestätigt. Dokumentiertes Ergebnis einer Zertifizierung ist ein *Zertifikat*, ein Zeugnis über eine fachliche Ausbildung und eine darüber abgelegte Prüfung, wobei Ausbildung und Prüfung durch unabhängige, also neutrale Ausbildungs- und Zertifizierungsstellen erfolgen. Die Zertifizierungsstellen werden für diese Tätigkeiten durch eine übergeordnete (staatliche) Stelle akkreditiert.

Vorteile und Motivation

Erstes Ziel einer Zertifizierung ist die Sicherstellung eines einheitlichen oder genauer gesagt eines einheitlich hohen fachlichen Niveaus der zertifizierten Personen für die Durchführung der entsprechenden Aufgaben und Arbeiten.

Diese Sicherstellung liegt zunächst einmal im Interesse eines Anlagenbetreibers, der solche Leistungen in Anspruch nehmen will, sei es durch Einstellung von Fachpersonal und Durchführung der Aufgaben im eigenen Bereich, sei es durch Beauftragung eines Dienstleisters mit entsprechendem Angebot. Der angesprochene Dienstleister hingegen erhält wiederum

die Möglichkeit, seine Befähigung dokumentiert nachzuweisen und sich damit im Konkurrenzfeld entsprechend zu positionieren.

Als konkretes Beispiel, wenn auch etwas abseits vom eigentlichen Fachgebiet, sei hier das Zertifizierungssystem eines prominenten US Herstellers von Hard- und Software zitiert, der für die Arbeit mit seinen Softwareprodukten ein anspruchsvolles und sehr wirkungsvolles mehrstufiges Ausbildungs- und Prüfungssystem aufgebaut hat – die Teilnehmer können sich danach einem Zertifizierungsprozedere unterwerfen. Vor allem in Kooperation mit Alliance-Partnern kann damit sichergestellt werden, dass der Partner auch wirklich die Fähigkeit erbringt, eine bestimmte Aufgabe auf dem Gebiet der Systemintegration zu erfüllen. Das vielleicht da und dort anfänglich aufgetretene Unbehagen wegen der dadurch entstehenden Kosten wurde sehr bald durch den resultierenden Erfolg beseitigt, die genannten Kosten werden durch den Geschäftserfolg mehr als kompensiert und das in sehr kurzer Zeit.

Zielgruppen

Für welche Wirtschaftszweige ist eine Zertifizierung eigentlich interessant? Gesichtspunkte lassen sich mannigfaltig nennen. Als wichtigste Zielgruppen seien genannt

- Anlagenhersteller (After Sales Service)
- Anlagenbetreiber (Wartung und Instandhaltung)
- Dienstleister (Monitoring, Diagnose, Root Cause Failure Analysis *RCFA*)
- Versicherer
- Anlagenplaner

Historie

Schon seit längerer Zeit liegen dem NALS Arbeitskreis für Schwingungsüberwachung die einschlägigen internationalen Normen der Reihe ISO 18436 [1] über die Zertifizierung von Fachpersonal für Condition Monitoring zur Stellungnahme bzw. Abstimmung vor. Die Entwicklung dieser Norm legte die Schlussfolgerung auf eine entsprechend hohe Bedeutung nahe, eine Folgerung, die auf Besprechungen im Verlauf der Tagung des entsprechenden ISO Komitees nur bestätigt werden konnte. Auf Grund dieser Vorgaben beschloss der NALS Arbeitskreis, ein solches Zertifizierungssystem nach den Vorgaben der Norm zu initiieren. Zum besseren Verständnis soll zunächst der Aufbau eines solchen Systems beschrieben werden.

Aufbau eines Zertifizierungssystems für Personen

Die Hierarchie

Arbeitgeberzertifizierung

Zur Qualitätssicherung nach ISO 9001 ist der Nachweis zu erbringen, dass der Anbieter eines Produktes oder einer Leistung, der *Anbieter* bzw. *Auftragnehmer*, über die Arbeitsmittel verfügt, ein angebotenes Projekt durchzuführen. Im konkreten Fall erfordert dies entsprechend qualifiziertes Personal.

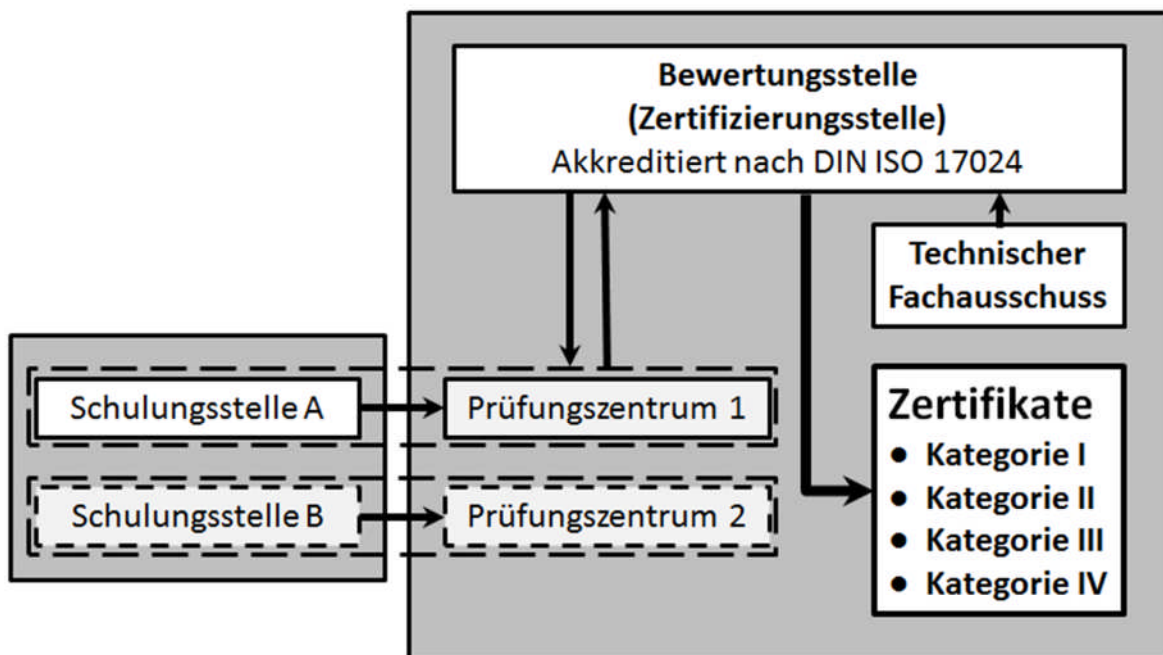


Bild 1: Organisation des Zertifizierungssystems

Die Firma hat nun zunächst die Möglichkeit, ein eigenes internes Schulungs- und Prüfungssystem aufzubauen und in das Qualitätssicherungssystem zu integrieren. Im Range mit der im Zuge dieses Beitrages noch entwickelten Hierarchie würde man von der Firma als der *First Party* sprechen, jedoch ist dieser Ausdruck nicht gebräuchlich. Vielmehr spricht man von einer *Arbeitgeberzertifizierung*. Dieses System der Arbeitgeberzertifizierung ist in den amerikanischen Ländern sehr gut bekannt, in Europa eher nicht. Wenn der Kunde diese Arbeitgeberzertifizierungen akzeptiert – d. h. wenn er die im Qualitätssicherungshandbuch beschriebene Vorgehensweise zur Qualifizierung nachlesen kann und er die entsprechenden Dokumentationen, z. B. Schulungsnachweise, Prüfungsergebnisse etc. vorfindet – ist das in Ordnung, der Auftrag kann vergeben werden.

In zunehmendem Maße wird jedoch diese Art der Zertifizierung vom Auftraggeber nicht akzeptiert, es wird stattdessen eine unabhängige Ausbildung mit Qualifizierungsnachweis ver-

langt. In manchen Bereichen wird eine Zertifizierung bereits heute unabdingbar vorausgesetzt, z. B. bei Windkraftwerken.

Second Party

Wenn der Kunde die alleinige Qualifizierung durch den Arbeitgeber nicht akzeptiert, weil ihm der interne Nachweis nicht ausreicht, geht der Anbieter zu einer Schulung bei einer von ihm unabhängigen Schulungsstelle, die dann als *Second Party* fungiert. Diese führt die Schulung nach einem vorgegebenen Programm durch und stellt darüber ein Zeugnis aus.

Auch in dieser Konfiguration könnte noch ein Interessenskonflikt gesehen werden, da die Schulungsstelle durchaus Interesse an einem positiven Abschluss der Prüfungen hat.

Third Party

Zur weiteren Objektivierung des Nachweises kann im Anschluss an die Schulung durch eine Schulungsstelle eine Prüfung und damit eine *Zertifizierung durch eine unabhängige Zertifizierungsstelle* durchgeführt werden, in der Hierarchie die so genannte *Third Party*. Diese wird ihrerseits von einer staatlich anerkannten oder aber dafür geschaffenen und allgemein anerkannten Institution akkreditiert, in Deutschland durch die *Deutsche Akkreditierungsstelle DAkkS*. Anzumerken ist, dass Schulung, Prüfung und Zertifizierung den Vorgaben der jeweiligen Norm entsprechen müssen und dass die Schulung von der Zertifizierungsstelle anerkannt sein muss. Die Zertifizierungsstelle verfügt über einen Fragenkatalog gem. ISO 18436-2, aus dem über ein Zufallssystem die Prüfungsfragen ausgewählt werden. Die Zertifizierungsgesellschaft nimmt dann die Prüfung ab, z. B. durch den durch sie zugelassenen und bestellten Prüfungsbeauftragten. Dieser bewertet die Prüfung, eine endgültige Bewertung erfolgt durch die Zertifizierungsstelle selbst.

Anmerkung: Das Organisationsschema Bild 1 zeigt getrennte Einheiten für Schulungsstelle und Prüfungszentrum, die beiden Institutionen müssen jedoch nicht zwangsläufig getrennt sein. Das tangiert jedoch nicht den Prüfungsbeauftragten – er wird von der Zertifizierungsstelle beauftragt.

Technischer Fachausschuss

Der technische Fachausschuss ist eine unabhängige Organisation, die sich mit der Erstellung und Pflege des Prüfungsfragenkataloges befasst. Dieser streng vertrauliche Katalog wird von der Zertifizierungsstelle verwaltet und zur Auswahl der Prüfungsfragen benützt. Die *Second Parties* (Schulungszentren) benötigen den Fachausschuss nicht.

Inhalte

Die Inhalte für die Ausbildung sind in der einschlägigen Norm ISO 18436 festgelegt. Diese sieht eine Ausbildung und Zertifizierung in vier Kategorien vor (Überblick):

Kategorie I

Personen dieser Kategorie sind zur Durchführung einer Reihe vordefinierter Aktivitäten zur Zustandsüberwachung qualifiziert, wobei alle Aktivitäten unter Anleitung auszuführen sind.

Mindesterfordernisse:

- Kenntnis von Grundprinzipien von Schwingungen, Maßeinheiten
- Erfassung zuverlässiger Daten mit entsprechendem Standard
- Identifizieren von Fehlern an den erfassten Daten
- Herstellen vordefinierter Messeinstellungen
- Vergleich von Einzelwerten mit vordefinierten Alarmeinstellungen

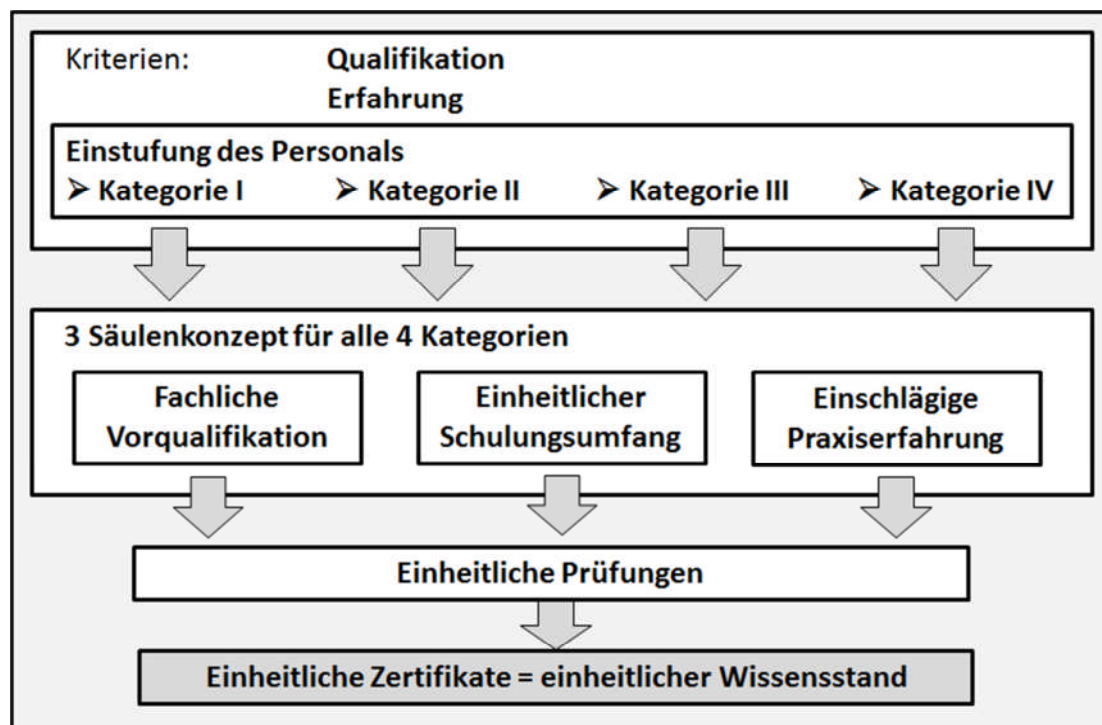


Bild 2: Kategorisierung des Personals

Kategorie II

Qualifikation von Kategorie I, zusätzlich

- Definition von Messungen und Aktivitäten für Kategorie I
- Kenntnis von grundlegenden Prinzipien der Signalanalyse

- Interpretation von Routineergebnissen in Übereinstimmung mit Spezifikationen und Normen
- Grundlegende korrektive Maßnahmen
- Führung von Personen der Kat I

Kategorie III

Qualifikation der Kategorien I und II, zusätzlich

- Entwurf und Leitung von Programmen zur routinemäßigen Zustandsüberwachung
- Vertiefte Kenntnis der Signalanalyse
- Erstdiagnosen außerhalb allgemeiner Fragestellungen
- Empfehlung von Beschränkungen für den Maschinenbetrieb, korrektive Maßnahmen
- Führung von Personen der Kategorien I und II

Kategorie IV

Alle Kenntnisse der Kategorien I - III mit der Qualifikation, Zustandsüberwachungsstrategien zu leiten und zu überprüfen, darüber hinaus

- Schwingungstheorie und Schwingungstechnik
- Mehrkanal-Signalanalysen
- Ermittlung von Eigenschwingungen und Betriebsschwingungsformen – korrektive Maßnahmen
- Fortgeschrittene Techniken zur Schwingungsanalyse, Parameteridentifikation und Fehlerdiagnose
- Rotordynamik
- Statisches und dynamisches Auswuchten
- Korrektive Maßnahmen, Konstruktionsänderungen
- ISO Leitfäden, Normen und Spezifikationen interpretieren und bewerten
- Schwingungen von Gaspulsationen (Kolbenverdichter, Schraubenkompressoren)
- Elastische Lagerungen, Fundamentprobleme

Schulungen

Die Schulungen sind nach Unterrichtszeit und nach Inhalten in der Norm strikt festgelegt. Die Schulung hat durch dafür akkreditierte Institutionen zu erfolgen. Der Besuch der Schulungen ist verpflichtend.

Prüfung

Um die Prüfung zu bestehen, muss der Prüfungskandidat die geforderte Anzahl von Punkten erreichen, d. h. eine Mindestanzahl an Fragen korrekt beantworten. Anzahl der Fragen, Prüfungsdauer und Mindestquote sind in DIN ISO 18436 festgelegt [2].

Ausbildungsanforderungen

Die Ausbildungsanforderungen für Schulung und Zertifizierung sind in DIN ISO 18436 detailliert festgelegt. Zunächst wird eine Übersicht über die Sachgebiete gegeben (

Tabelle 1), für jedes dieser Hauptthemen erfolgt eine Gliederung in Sachthemen.

Tabelle 2 zeigt einen Ausschnitt.

Tabelle 1: Ausbildungsanforderungen, Übersicht (aus DIN ISO 18436 Teil 2)

Thema	Ausbildungsstunden			
	Kat. I	Kat. II	Kat. III	Kat. IV
1 Schwingungsgrundlagen	7	5	2	4
2 Datenerfassung	9	5	3	3
3 Signalverarbeitung	2	4	3	8
4 Zustandsüberwachung	3	4	5	3
5 Fehleranalyse	5	5	10	8
6 Korrektive Maßnahmen	-	4	6	16
7 Anlagenkenntnisse	6	3	3	5
8 Abnahmeprüfungen	2	2	2	-
9 Anlagenprüfung und Diagnostik	1	2	3	6
10 Relevante Normen	-	2	2	2
11 Berichte und Dokumentation	-	1	1	1
12 Fehlerklassifikation	1	3	4	4
13 Rotor- und Lagerdynamik	-	5	6	14
14 Auswuchten	2	2	2	2
Gesamte Ausbildungsstunden	38	47	52	76

Tabelle 2: Themen (Auszug) nach DIN ISO 18436 Teil 2

	Kategorie			
	I	II	III	IV
1 Schwingungsgrundlagen				
1.1 Grundschiwingung	x	x	x	
1.2 Periode, Frequenz	x	x	x	
1.3 Amplitude (Spitze-Tal-Wert, Effektivwert)	x	x	x	
1.4 Messungen (Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung)	x	x	x	
1.5 Einheiten, Umrechnen von Einheiten	x	x	x	
1.6 Zeitbereich, Orbit und Frequenzbereich	x	x	x	
1.7 Zeiger, Modulation		x	x	x
1.8 Phase	x	x	x	x
1.9 Eigenfrequenzen, Resonanzen, kritische Drehzahlen	x	x	x	x
1.10 Kraft, Systemantwort, Dämpfung, Steifigkeit			x	x
1.11 Instabilitäten, nichtlineare Systeme			x	x
1.12 Modalformen			x	x
1.13 Wellen- und Gehäuseschwingungen	x	x		

Gegenwärtiger Stand in Deutschland

Zertifizierung

In Deutschland werden bereits heute Ausbildungen angeboten (mehrtägige Lehrgänge). Anbieter sind Dienstleister auf diesem Gebiet, zum Teil auch aus dem Kreis des Maschinenbaus. Solche Lehrgänge werden auch mit der Möglichkeit zur Zertifizierung angeboten, wobei diese bisher nur über eine ausländische Gesellschaft erfolgen kann.

Als derzeit aktive Institutionen (Zertifizierungsgesellschaften) sind zu nennen

- The British Institute for Non Destructive Testing (BINDT)
- Mobius Institute (Australien/USA)
- The Australian Institute for Non Destructive Testing (AINDT)

Aktivitäten

Vorarbeiten

Da die im Vorigen genannte Konstellation als unbefriedigend erscheinen muss, hat der NALS Arbeitskreis *Schwingungsüberwachung* auf der Sitzung im Dezember 2009 beschlos-

sen, die Installation eines deutschen Zertifizierungssystems zu initiieren. Im ersten Schritt wurde die Herausgabe der einschlägigen Normen als DIN ISO-Norm beschlossen, was eine Übersetzung ins Deutsche bedeutet. Sie sind als Entwurf veröffentlicht [2].

Fachausschuss Schwingungsüberwachung und –diagnostik

Auf Einladung des DIN wurden bekannte und anerkannte Fachleute aus dem Bereich zu einer konstituierenden Sitzung zur Gründung eines Fachausschusses eingeladen. Vertreten waren bei dieser Sitzung am 5. Mai 2010

- Die Industrie
- Dienstleistungsanbieter auf dem Fachgebiet Überwachung, Diagnose, Instandhaltung
- Fachhochschulen und Universitäten
- Zertifizierungsgesellschaften
- Versicherungen
- DIN¹ (als Gastgeber)

Zunächst wurde nach eingehender Darstellung der Sachlage und Diskussion die Gründung des Fachausschusses *einstimmig* beschlossen. Entsprechend den Vorgaben der Norm wurde ein unabhängiger Technischer Ausschuss zusammengestellt, dem die Erstellung eines Fragenkataloges basierend auf den Vorgaben von ISO 18436 Teil 2 als Basis für die Zertifizierung obliegt. Normenkonform hat dieser Ausschuss aus Mitgliedern zu bestehen, die eine Zertifizierung entsprechender Stufe besitzen, eine fünfjährige Übergangsfrist wird eingeräumt. Im Falle, dass sich mehrere Zertifizierungsgesellschaften an diesem Verfahren beteiligen wollen, werden die Ergebnisse des Technischen Ausschusses (Fragenkatalog) allen diesen Gesellschaften gleichermaßen zugänglich gemacht. Damit soll jede Konkurrenzsituation vermieden werden.

Zertifizierungsgesellschaften

Für die Akkreditierung als zuständige Zertifizierungsgesellschaft haben sich bisher drei deutsche Zertifizierungsgesellschaften beworben.

¹ Anmerkung: Der DIN hat in diesem Zusammenhang lediglich die Rolle eines Koordinators für die konstituierende Sitzung übernommen. Im Weiteren hat sich der Fachausschuss als eigenständige und unabhängige Institution etabliert. Zertifizierung zählt nicht zum Aufgabenkreis des DIN.

Schulungsunterlagen

Vom Fachausschuss wurde beschlossen, ein einheitliches Skript als verbindliche Lehr- gangsunterlage aufzulegen – einschlägige Arbeiten sind im Gange.

Fragenkatalog

Der Fachausschuss hat die Arbeiten zur Erstellung des Fragenkataloges aufgenommen.

Aufbau des Systems

Abschließend soll noch einmal die Funktionalität des gesamten Systems skizziert werden:

- Es werden Zertifizierungsgesellschaften für die Zertifizierung akkreditiert
- Schulungseinrichtungen werden durch die Zertifizierungsgesellschaften anerkannt
- Der unabhängige Fachausschuss erstellt und pflegt den Fragenkatalog
- Der Fragenkatalog wird in die Verwaltung der Zertifizierungsstellen übergeben
- Für jede Zertifizierung im Anschluss an eine Schulung wählt die Zertifizierungsstelle die geforderte Anzahl von Fragen nach einem Zufallssystem aus
- Die Fragen werden in geschlossenem Umschlag an das Prüfungszentrum übergeben. Der Prüfungsbeauftragte verteilt die Fragen und überwacht die Prüfung.
- Die Beurteilung der beantworteten Fragen erfolgt noch vor Ort durch einen von der Zertifizierungsstelle bestimmten Prüfungsbeauftragten
- Die endgültige Bewertung erfolgt durch die Zertifizierungsstelle
- Die Zertifizierungsstelle erstellt die Zertifikatsurkunden
- Erweiterung, Aktualisierung und Pflege des Fragenkatalogs erfolgen durch den Fachausschuss in Kontakt mit der Zertifizierungsstelle.
- Schulungsbeauftragte und Prüfungsbeauftragte können aus dem Kreis des Fachausschusses bestimmt werden;
- Prüfungsbeauftragte müssen unabhängig sein, d. h. sie dürfen keinen Kandidaten geschult haben oder in der gleichen Organisation arbeiten.

Zusammenfassung und Ausblick

- Es wurde hier ein Zertifizierungssystem für den deutschsprachigen Bereich vorgestellt, welches auf den zugeordneten internationalen Normen basiert
- Über Bedarf, Wirksamkeit und Funktionalität wurden eingehende Voruntersuchungen angestellt und Gespräche mit potentiellen Bedarfsträgern und Nutzern geführt
- Das System soll einen einheitlich hohen Ausbildungsgrad sicherstellen
- Das System ist ein Werkzeug systematischer Personalentwicklungsmaßnahmen

Schon bei Durchsicht der Tabellen über die gestellten Anforderungen wird sichtbar, dass sich das Niveau vom qualifizierten Routengänger (Techniker) bis zum Spezialisten erstreckt, wobei für letzteren ein hohes Ausbildungsniveau, in der Regel universitärer Bildungsstand, Voraussetzung sein wird. Anwendungen, die vor allem ein hohes Niveau zur Zustandsüberwachung und Fehlerdiagnose erfordern, sind heute schon Realität. Das sich daraus abzeichnende zukünftige Berufsbild eines Instandhaltungsingenieurs erscheint aus diese Sicht durchaus angemessen und realistisch.

Literatur

- [1] ISO 18436 - Condition monitoring and diagnostics of machines - Requirements for qualification and assessment of personnel
- Part 1: Requirements for assessment bodies and the assessment process
 - Part 2: Vibration condition monitoring and diagnostics
 - Part 3: Requirements for training bodies and the training process
 - Part 4: Field lubricant analysis
 - Part 5: Lubricant laboratory technician/analyst
 - Part 6: Acoustic emission
 - Part 7: Thermography
 - Part 8: Ultrasound
 - Part 9: Specialist of Condition Monitoring
- [2] DIN ISO 18436 Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen - Anforderungen an die Qualifizierung und Bewertung von Personal
- Teil 1: Anforderungen an Bewertungsstellen und den Bewertungsvorgang
 - Teil 2: Schwingungszustandsüberwachung
 - Teil 3: Anforderungen an Ausbildungsstellen und den Ausbildungsvorgang

Quellenhinweis:

* Erschienen in
VDI-Berichte 2151, 6. VDI-Fachtagung *Schwingungsüberwachung*, Leonberg 2011
VDI Verlag GmbH Düsseldorf 2011

ISBN 978-3-18-092151-8