

Zustandsüberwachung von Komponenten durch mobile Schwingungsüberwachung

Autoren:

Taschke, Thomas

Wich-Schwarz, Stefan

BTB-Jansky GmbH

Gerlingerstraße 151

71229 Leonberg

Tel.: 0 71 52/30 87-0

FAX: 0 71 52/30 87-22

e-mail: btb@btbjansky.com

Internet: www.btbjansky.com

Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH

Im Steinbruch

74382 Neckarwestheim

Tel.: 0 71 33/13-34 30

FAX: 0 71 33/13-24 26

e-mail: Stefan.Wich-Schwarz@gkn.de

Internet: www.gkn-gmbh.de

1. Zusammenfassung

Schwingungsmessungen als Instrument zur Überwachung und Bewertung von Maschinen- und Lagerzuständen bei rotierenden Aggregaten sind heute Stand der Technik. Die vereinfachte Version der Schwingungsmessungen, die Verfolgung von Schwingungskennwerten wie Schwinggeschwindigkeit v_{eff} in mm/s und Lagerzustandskenngrößen, wird heute in jeder kleinen Schmiede angewendet. Die Aussagekraft dieser Vorgehensweise ist allerdings stark begrenzt und somit nur bedingt für eine Bewertung von Maschinen- und Lagerzuständen geeignet.

Um tiefere Einblicke in den Zustand der Maschinen und Anlagen zu erhalten, sind Messsysteme erforderlich, die neben der reinen Kennwertverfolgung über eine Reihe von Diagnosemöglichkeiten verfügen. Mit Hilfe dieser Diagnoseverfahren, wie zum Beispiel Frequenzanalysen oder Hüllkurvendemodulationen ist es möglich die Schwingungsursachen, die im Bereich der Maschinen oder Lager entstanden sind, rechtzeitig zu erkennen und zu bewerten.

Alle derzeit auf dem Markt befindlichen Messsysteme, die den Anforderungen eines Diagnosesystems gerecht werden, zeigen bei der eigentlichen Messwerterfassung kaum größere Unterschiede. Bei der dazugehörigen Auswertesoftware sieht es jedoch ganz anders aus. Hier lohnt sich ein größerer Aufwand für die Auswahl der geeigneten Software, da deutliche Unterschiede zwischen den angebotenen Produkten vorliegen.

Vor Auswahl eines Messsystems sollte jedoch ein Nutzungskonzept für eine Schwingungsüberwachung vorliegen. Darin muss klar festgelegt werden, welche Ziele wie erreicht werden sollen. Ohne diese klare Zuordnung ist von der Einführung einer Schwingungsüberwachung abzuraten, da die Messaufgaben im täglichen Geschäft untergehen und somit eine Maschinenüberwachung nicht mehr gegeben ist.

In diesem Beitrag wird über Erfahrungen beim Einsatz mobiler Schwingungsmessungen beim Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar und der BTB-Jansky GmbH berichtet.

2. Schwingungsüberwachung und ihre Möglichkeiten

Die einfachste und sehr häufig angewendete Schwingungsüberwachung stellt die Trendverfolgung sogenannter Schwingungskenngrößen dar. Zu den Schwingungskenngrößen zählen dabei:

- V_{eff} Schwinggeschwindigkeit gemäß DIN10816 oder VDI 2056
- S_{max} Schwingweg gemäß DIN10816 oder VDI 2059
- a_{rms} Schwingbeschleunigung gemäß DIN10816 oder VDI 2056
- verschiedene Wälzlagerkenngrößen wie z. B. BCU, dBm oder Spike Energy

Das Prinzip dieser Überwachung beruht darauf, den Trendverlauf der entsprechenden Kenngröße zu verfolgen und mittels Alarmgrenzen abzusichern. Um eine Bewertung späterer Veränderungen im Trendverlauf durchführen zu können, wird empfohlen, bei Beginn einer Überwachungskampagne an der Maschine eine Basismessung (Fingerprint) mit verschiedenen Analyseverfahren vorzunehmen. Bei Veränderungen im Trendverlauf der Kenngrößen können dann die aktuellen Analysenmessungen mit der Basismessung verglichen und somit bestimmte Schwingungsursachen erkannt werden, siehe dazu **Abbildung 1**.

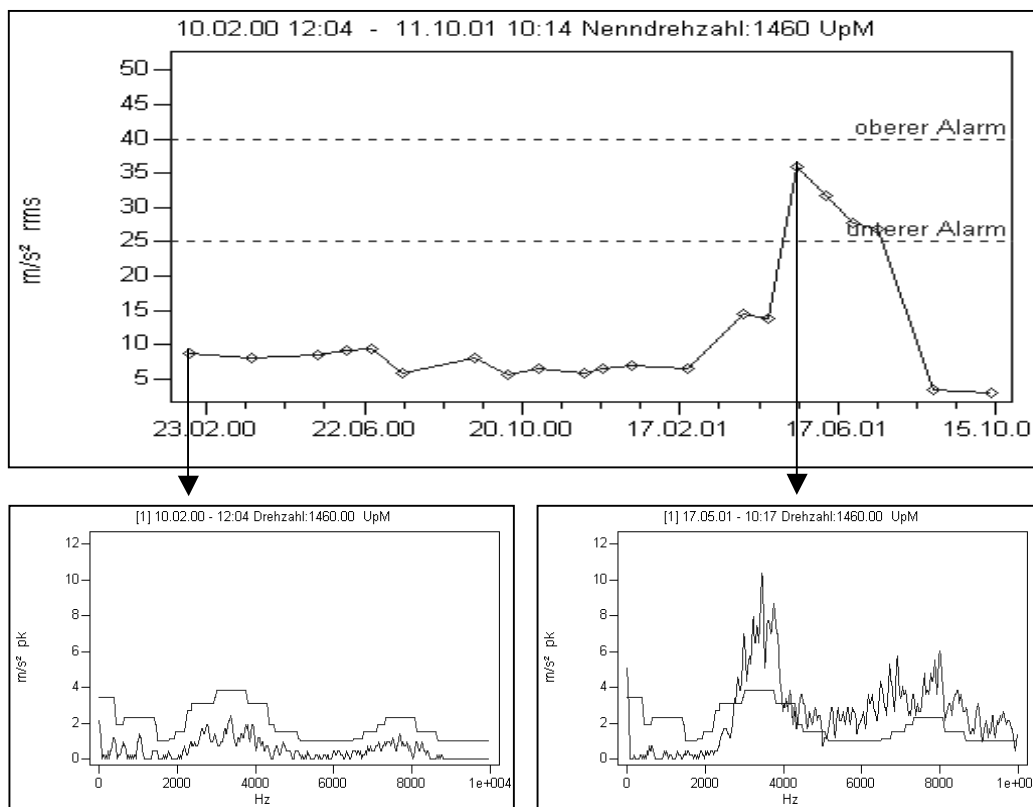


Abbildung 1: Überwachung des Maschinenzustandes durch Verfolgung der Schwingungskennwerte mit Basisspektrum und Analysespektrum.

Bei der Schwingungsüberwachung ist es unerlässlich, die betriebsspezifischen Kenngrößen wie Druck, Last, Fördermenge und Drehzahl mit zu verfolgen. Dadurch können die aufgenommenen Schwingungskenngrößen gleichen Betriebsbedingungen zugeordnet werden (Klassifizierung), um somit Messwerte gleicher Klassen miteinander zu vergleichen. Mit Hilfe dieses Überwachungsverfahrens lassen sich die Lagerzustände und der Maschinenzustand global überwachen, ein Maschinenschutz gegen Ausfall kann damit gesichert werden.

Der Nachteil dieser Überwachungsart liegt im sehr begrenzten diagnostischen Wert der Messungen. Bestimmte Maschinenfehler oder Lagerschäden lassen sich mit einer einfachen Betrachtung der Schwingungskenngrößen nicht erkennen, weil ihr Auftreten nur geringe Auswirkungen auf die Messgröße (z. B. der Schwinggeschwindigkeit) hat, bzw. von anderen Schwingungsanteilen wie z. B. einer vorhandenen Unwuchtschwingung überdeckt werden.

Weiterhin ist es schwierig, geeignete Alarmgrenzen für die Überwachung der Kenngrößen zu finden, da unterschiedliche Maschinenfehler auch unterschiedliche Auswirkungen im Schwingungsbild hervorrufen. Außenringschäden und Schmierprobleme bei Wälzlagern erzeugen beispielsweise deutlich höhere Messwerte bei der Schwingbeschleunigung und den einzelnen Lagerkennwerten als ein auftretender Innenring- oder Wälzkörperschaden. Infolgedessen müssten eigentlich zu den verschiedenen Schadensursachen eigene Alarmgrenzen festgelegt werden. Da dies jedoch nicht praktikabel ist, sollte, neben der Überwachung der Schwingungskenngrößen verschiedene Analyseverfahren ebenfalls periodisch durchgeführt werden. Zu den Analyseverfahren zählen unter anderem:

- Frequenzanalyse
- Hüllkurvenanalyse
- Zeitsignale
- Frequenzbandüberwachung
- Cepstrum (inverse Fouriertransformation zum Erkennen von Periodizitäten im Frequenzbereich, wie sie bei Wälzlagerschäden oder Getriebe Problemen auftreten)

Durch dieses erweiterte Überwachungsverfahren ist es möglich, auch kleinste Veränderungen beim Maschinen- und Lagerzustand zu erkennen und die Schwingungsursache zu diagnostizieren noch bevor sich eine Grenzwertverletzung bei der reinen Kenngrößenmessung bemerkbar macht. **Abbildung 2** zeigt an einem Beispiel, dass die auftretenden Riemenschwingungen nur in der Frequenzanalyse zu erkennen waren und nicht bei der Kennwertverfolgung.

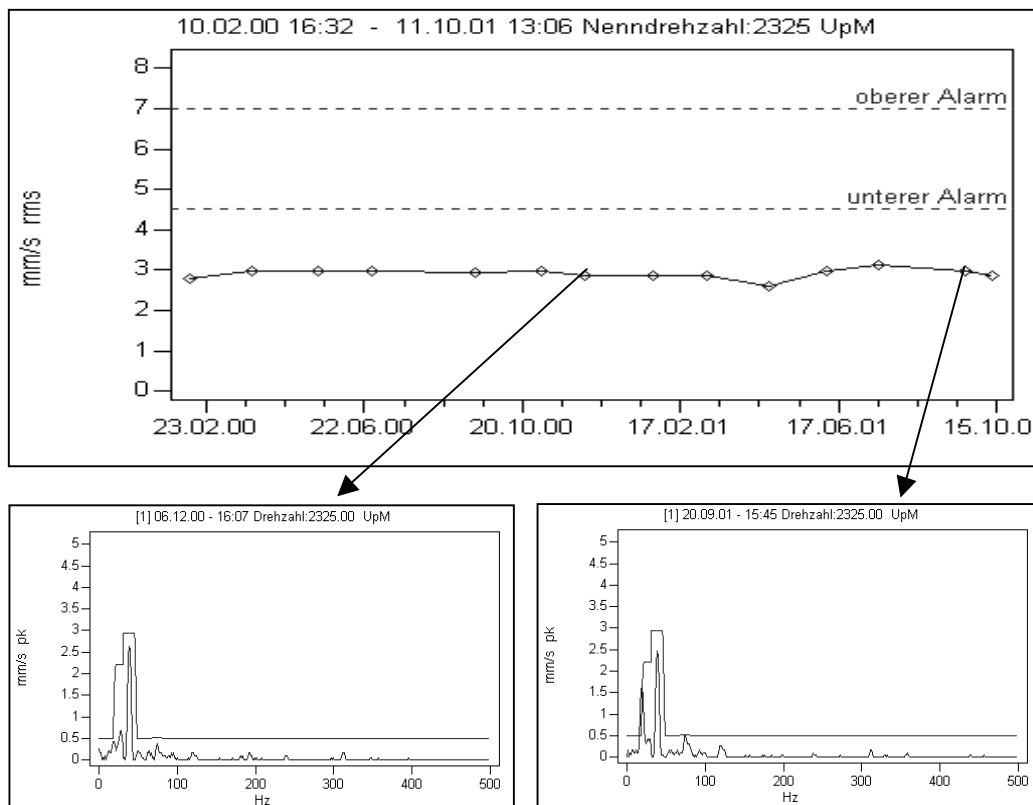


Abbildung 2: Überwachung des Maschinenzustandes durch Verfolgung der Schwingungskennwerte und periodischen Frequenzanalysen.

Die Vorgehensweise der Kennwertverfolgung mit zusätzlicher Anwendung von Analyseverfahren gewährleistet, dass möglichst viele Maschinendefekte frühzeitig erkannt und ursachenbezogen behoben werden können. Größere Folgeschäden oder gar ein Komplettausfall der Maschinen werden vermieden und die Instandhaltungsmaßnahmen sind langfristig planbar. So können beispielsweise Reserveaggregate unmittelbar vor Ihrem Einsatz gewartet und geprüft werden.

Die Erweiterung der Kennwertverfolgung um die periodische Anwendung von geeigneten Analyseverfahren bietet die Möglichkeit, die Schwingungsüberwachung, über den Maschinenschutz hinaus, als Instrument zur Einführung und Anwendung von zustandsorientierter Instandhaltung einzusetzen.

3. Messsysteme für die Schwingungsüberwachung

Um den Anforderungen einer erweiterten Schwingungsüberwachung gerecht zu werden, bedarf es eines Messsystems das in der Lage ist, Kenngrößen als Messwerte zu erfassen und geeignete Analyseverfahren durchzuführen. Dazu ist eine Messsoftware erforderlich, die Messdaten speichert und verwaltet sowie darüber hinaus Unterstützung beim Erstellen, Bewerten und Analysieren der Schwingungsmessungen anbietet. Bei den auf dem Markt befindlichen Messpaketen sind die Messgeräte (Datensammler & Maschinenanalysator) und das Messprinzip ziemlich gleich. Deutliche Unterschiede gibt es dagegen bei der entsprechenden Messsoftware. In dieser Hinsicht lohnt es sich die Messsysteme genauestens zu prüfen. Sicherlich kann man als Neueinsteiger die wirklich wichtigen Eigenschaften, die eine Auswertesoftware mitbringen sollte, nur schwer erkennen. Einige Schwachpunkte lassen sich aber im Vorfeld herausfiltern, wenn man die verschiedenen Systeme miteinander vergleicht. Bei der Auswahl eines geeigneten Messsystems sollten aber nicht nur die einzelnen Anbieter miteinander verglichen werden, es ist auch sehr empfehlenswert sich von verschiedenen Anwendern beraten zu lassen. Diese haben langjährige Erfahrungen und wissen auf welche Eigenschaften man bei der Auswahl eines Messsystems zu achten hat.

Vorsicht bei den sogenannten Expertensystemen, die oftmals angepriesen werden. Diese Systeme können sehr hilfreich bei der Bewertung von Schwingungsmessungen sein. Sie funktionieren aber nur dann, wenn vom Anwender alle erforderlichen Einstellungen im System gepflegt wurden. Ohne technische Angaben, ohne gültige Messungen, ohne die richtigen Messverfahren und -parameter usw. kann auch das beste Expertensystem nicht arbeiten.

4. Nutzungskonzeption für die Schwingungsüberwachung

Neben der Auswahl eines geeigneten Messsystems ist von jedem Anwender unbedingt ein entsprechendes Nutzungskonzept zu erstellen. In diesem Konzept sollten vor Beginn aller Überwachungsmaßnahmen einige grundlegende Fakten hinterfragt und beantwortet werden. Dazu zählen folgende Punkte:

1. Welche Maschinen sollen überhaupt überwacht werden und welche Ziele werden mit der Überwachung verfolgt (Kosten/Nutzen)?
2. Ist die Überwachung Online oder Offline durchzuführen?
3. Wird die Überwachung durch Eigenpersonal oder Fremdpersonal durchgeführt?

Ohne die vorherige Beantwortung dieser Fragen sollte von der Einführung einer Schwingungsüberwachung abgesehen werden, da es hierbei nur zu erhöhten Kosten und einem Scheitern der Maschinenüberwachung kommen wird.

Für die Auswahl von zu überwachenden Maschinen sind drei Hauptanwendungskriterien ausschlaggebend:

- Gewährleistung der Produktionssicherheit
- Wechsel der Instandhaltungsstrategie von zeitorientiert auf zustandsorientiert
- Erfüllung von Schutzfunktion oder Einsatz bei Sonderfällen

4.1 Gewährleistung der Produktionssicherheit

Diese Kategorie umfasst alle Maschinen, unabhängig von ihrer Größe, deren Ausfall zu einer Produktionsbeeinträchtigung oder gar zum Produktionsstillstand führen können.

Hier lässt sich der Nutzen einer Schwingungsüberwachung und der damit verbundenen zustandsorientierten Instandhaltung sehr schnell durch die Anzahl der vermiedenen Produktionsausfälle nachweisen. An diesen Maschinen sollte der Überwachungszyklus einer Offlinemessung nicht größer als 6 Wochen gewählt werden, um rechtzeitig auf Veränderungen beim Maschinen- und Lagerzustand reagieren zu können. Notwendige Instandhaltungsmaßnahmen können somit frühzeitig geplant und ursachenbezogen durchgeführt werden.

4.2 Wechsel der Instandhaltungsstrategie von zeitorientiert auf zustandsabhängig

Bei diesem Anwendungskriterium sind die Maschinen auf ihr bisheriges Instandhaltungsintervall und auf die Instandhaltungskosten zu prüfen. Diese beiden Kennwerte sind Hauptkriterium für die Auswahl der Maschinen, an denen es sich aus Kostengründen lohnt, einen Wechsel der Instandhaltungsstrategie vorzunehmen. In den **Diagrammen 1 - 3** sind Kostenanalysen für drei verschiedene Instandhaltungsvarianten dargestellt. Diese Instandhaltungsvarianten unterscheiden sich wie folgt:

1. Variante 1 mit einem IH-Intervall von 4 Jahren und IH-Kosten von 5 TDM.
2. Variante 2 mit einem IH-Intervall von 4 Jahren und IH-Kosten von 10 TDM.
3. Variante 3 mit einem IH-Intervall von 2 Jahren und IH-Kosten von 5 TDM.

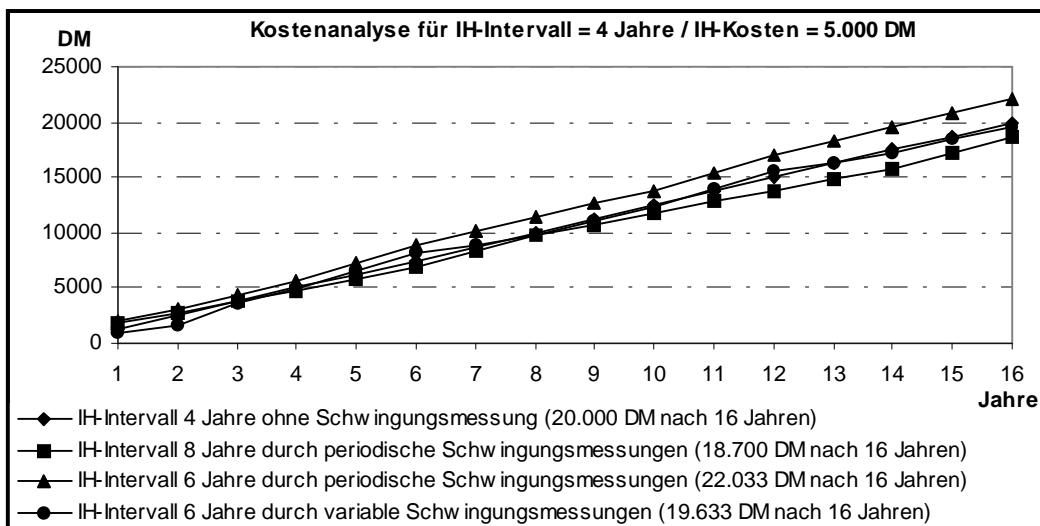


Diagramm 1: Kostenanalyse für Instandhaltungsvariante 1

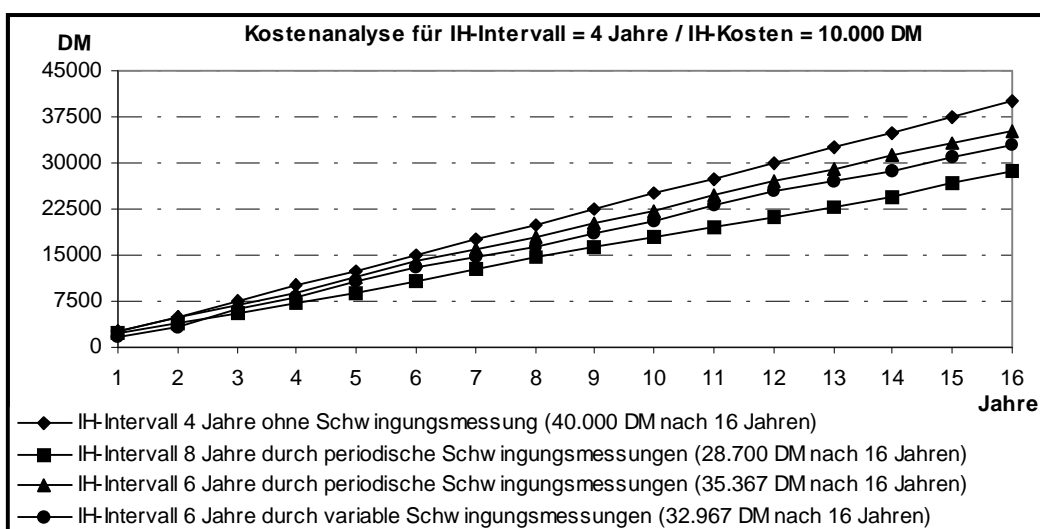


Diagramm 2: Kostenanalyse für Instandhaltungsvariante 2

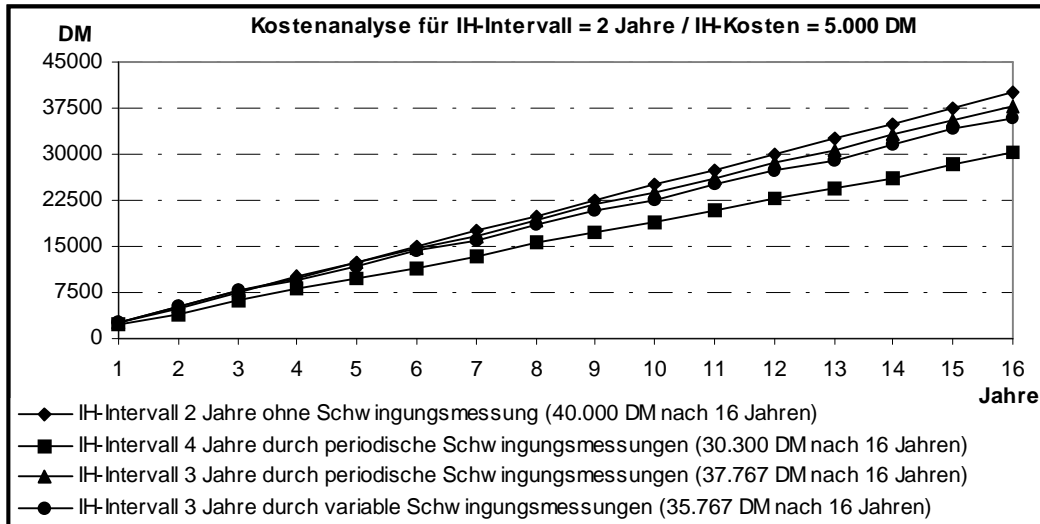


Diagramm 3: Kostenanalyse für Instandhaltungsvariante 3

In den Diagrammen wurde dem vorhandenen Kostenverlauf der herkömmlichen, zeitorientierten Instandhaltungsmaßnahme (für die Darstellung wurde mit spezifischen jährlichen Kosten gerechnet) drei mögliche Kostenverläufe gegenübergestellt, die sich bei der Einführung einer Schwingungsüberwachung zur zustandsorientierten Instandhaltung einstellen könnten. Diese drei Kostenverläufe stellen die Ausgaben für die Schwingungsmessungen und für die Instandhaltungsmaßnahme als spezifische jährliche Kosten dar. Sie unterscheiden sich wie folgt:

- Verdopplung des bisherigen Instandhaltungsintervalls (Intervall x 2) durch periodische Schwingungsüberwachung.
- Verlängerung des bisherigen Instandhaltungsintervalls (Intervall + Intervall/2) durch periodische Schwingungsüberwachung.
- Verlängerung des bisherigen Instandhaltungsintervalls (Intervall + Intervall/2) durch variable Schwingungsüberwachung.

Unter **periodischen Schwingungsmessungen** ist dabei eine regelmäßige Mess- und Bewertungstätigkeit zu verstehen. Der gewählte Messzyklus liegt im Bereich zwischen 6 - 12 Wochen also 4 - 8 Messungen pro Jahr, je nach Maschinenzustand. Für eine Basismessung an einer einfachen Maschine (Pumpe und Gebläse mit Antrieb) ist mit einem Aufwand von ca. 4 h zu rechnen. Für eine Wiederholungsmessung mit Bewertung der Messergebnisse wird dabei ein Aufwand von ca. 1 h benötigt. Zum Inhalt der Basis- und Wiederholungsmessung siehe **Anhang 1**.

Unter **variablen Schwingungsmessungen** versteht man die Anpassung der Messzyklen an die vorhandenen Instandhaltungsintervalle. So ist bei einem gewählten zeitorientierten Instandhaltungsintervall von 4 Jahren davon auszugehen, dass dieses Intervall auf betriebliche Erfahrungen (Austausch vor einsetzendem Verschleiß) beruht. Diese Erfahrungen werden bei der Schwingungsmessung berücksichtigt und es wird dementsprechend erst im Jahr vor der planmäßigen Instandhaltungsmaßnahme mit den periodischen Schwingungsmessungen begonnen. Diese werden nun wiederum periodisch weitergeführt bis die Instandhaltungsmaßnahme erforderlich wird. Nach der Durchführung der Instandhaltungsmaßnahme werden 2 - 3 Schwingungsmessungen zur Kontrolle der Wirksamkeit der Maßnahme und zur Prüfung auf eventuelle Montagefehler durchgeführt. Sind dabei keine Veränderungen im Schwingverhalten festzustellen, kann nun wiederum davon ausgegangen werden, dass die Maschine entsprechend dem gewählten zeitorientierten Instandhaltungsintervall von 4 Jahren verfügbar ist. Die periodischen Schwingungsmessungen werden daraufhin eingestellt und erst ein Jahr vor Ablauf des Instandhaltungsintervalls wieder aufgenommen.

Für die durchgeführte Kostenanalyse wurde angenommen, dass im Jahr unmittelbar vor und im Jahr der Instandhaltungsmaßnahme ein erhöhter Messaufwand von 8 Messungen erforderlich wurde. In den anderen Jahren wurden 4 Messungen zur Kontrolle des Maschinenzustandes durchgeführt. Die in den Diagrammen 1 - 3 erstellten Kostenanalysen zeigen, dass

- durch ein Verdoppeln des Instandhaltungsintervalls mittels periodisch durchgeführter Schwingungsmessungen deutliche Kostenersparnisse zu erzielen sind. Je größer dabei die Instandhaltungskosten sind und je kleiner das Instandhaltungsintervall ist, umso größer ist der zu erzielende Kostenvorteil.
- durch ein Verlängern des Instandhaltungsintervalls ($\text{Intervall} + \text{Intervall}/2$) mittels periodisch durchgeführter Schwingungsmessungen Kostenersparnisse nur dann zu erzielen sind, wenn die Instandhaltungsmaßnahme selbst sehr hohe Kosten verursacht oder sehr häufig durchgeführt wird. In den gezeigten Fällen konnte nur bei den Instandhaltungsvarianten 2 und 3 ein Kostenvorteil erzielt werden.
- durch ein Verlängern des Instandhaltungsintervalls ($\text{Intervall} + \text{Intervall}/2$) mittels variabel durchgeführter Schwingungsmessungen Kostenersparnisse zu erzielen sind. Auch hier gilt wieder, dass je höher die Instandhaltungskosten sind und je kleiner das Instandhaltungsintervall ist, umso größer ist der zu erzielende Kostenvorteil.

Diese Betrachtungen zeigen, dass es sinnvoll ist, sich vor Einsatz einer Schwingungsüberwachung zu überlegen, welcher Nutzen daraus gezogen werden kann. Es zeigt sich beispielsweise, dass bei einer Instandhaltungsmaßnahme die nach der Variante 1 durchgeführt wird (siehe Diagramm 1) ein Kostenvorteil nur dann entsteht, wenn es gelingt das Instandhaltungsintervall zu verdoppeln. Alle anderen Varianten zeigen in diesem speziellen Fall nur sehr geringe bzw. keine Kostenvorteile. Hier ist die ständige Information über den tatsächlichen Maschinen- und Lagerzustand als Vorzug der Schwingungsüberwachung zu erwähnen.

4.3 Erfüllung von Schutzfunktion oder Einsatz bei Sonderfällen

Alle Maschinen deren Ausfall keinen Einfluss auf die Produktion hat, die aber aus Schutzgründen überwacht werden sollen. Zu diesen Kriterien zählen:

- Maschinenschutz
- Abnahmemessungen
- Personenschutz
- Umweltschutz, usw.

Auch hier liegen die wirtschaftlichen Vorteile der Schwingungsmessung klar auf der Hand. Durch das frühzeitige Erkennen und Beseitigen von kleineren Maschinenfehlern, wie z. B. einem Lager Schaden, lassen sich häufig größere Folgeschäden (brennender Motor oder Wellenschaden infolge Lagerverschleiß) vermeiden. An diesen Maschinen sollte der Überwachungszyklus einer Offlinemessung nicht größer als 12 Wochen gewählt werden, um die Schutzfunktionen zu sichern.

4.4 Offline- oder Onlinemessungen

Offlinemessungen werden mit Handmessgeräten, überwiegend für die Messungen von Lagergehäuseschwingungen, durchgeführt. Die Datenerfassung läuft dabei nach individuell vom Anwender festgelegten Zeitabständen periodisch oder sporadisch, im Zuge von Diagnosemessungen ab. Die aufgenommenen Messwerte können direkt vor Ort abgelesen und bewertet werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit die Messwerte zwischenzuspeichern und für eine spätere Bewertung an einen PC mit entsprechender Auswertesoftware zu übergeben. Bei dieser Art der Messungen sind besonders die relevanten Betriebsbedingungen zu beachten.

Onlinemessungen können in permanente Messungen und in intermittierende Messungen unterschieden werden. Sie werden mit festinstallierten Messaufnehmern und Messgeräten durchgeführt. Bei der permanenten Messung lassen sich mittels modernen Überwachungssystemen zeitgleich mehrere Analysen des gleichen Messsignals durchführen.

Bei Aufzeichnung der vorhandenen Betriebsbedingungen können dabei die Messungen definierten Betriebsbedingungen zugeordnet werden und sind somit miteinander vergleichbar. Diese Überwachungssysteme können sehr schnell auf Signalveränderungen reagieren und werden vorwiegend für Turbinen oder in schwer zugänglichen Bereichen eingesetzt. Bei den intermittierenden Messungen handelt es sich zwar auch um eine Art permanenter Überwachung, allerdings erfolgen hier die Schwingungsmessungen an den einzelnen Messkanälen nacheinander. Dabei ergeben sich Überwachungslücken, die von der Anzahl der vorhandenen Messstellen (oder vom Anwender vorgegebener Zeitintervalle) abhängig sind.

Die Installationskosten für eine Onlineüberwachung in intermittierender Form belaufen sich auf ca. 2.000 DM/Messkanal. Für eine permanente Überwachung ist mit 4.000 DM/Messkanal zu rechnen.

Aus unserer Sicht, siehe dazu **Abbildung 3**, empfiehlt sich für die Kraftwerkskomponenten die Zuordnung von Online- oder Offlinemessungen, entsprechend der VDI 3841. Sollen Online- und Offlinemessungen durchgeführt werden, ist dies bei der Auswahl des Messsystems zu beachten.

Komponenten	Drehzahl	Leistung	Überwachungsart
Kraftwerksturbosätze	generell	generell	Online ¹⁾
Industrieturbosätze			
Strömungsmaschinen mit Gleitlager	< 3000	< 3 MW	Offline oder Online ²⁾
		>3 MW	Online ¹⁾
	≥ 3000	generell	Online ¹⁾
Strömungsmaschinen mit Wälzlager	< 3000	< 3 MW	Offline oder Online ²⁾
		≥ 3 MW	Online ¹⁾
	≥ 3000	generell	Online ¹⁾
Elektrische Maschinen mit Gleitlager	≤ 3000	1-3 MW	Offline oder Online ²⁾
		> 3 MW	Online ¹⁾
	≤ 6000	< 1 MW	Offline oder Online ²⁾
		≥ 1 MW	Online ¹⁾
	> 6000	generell	Online ¹⁾
Elektrische Maschinen mit Wälzlager	≤ 3000	1-3 MW	Offline oder Online ²⁾
		> 3 MW	Online ¹⁾
	> 3000	< 1 MW	Offline oder Online ²⁾
		≥ 1 MW	Online ¹⁾
Ventilatoren/Lüfter	generell	generell	Offline oder Online ²⁾
Kreiselpumpen			
Mühlen/Rührwerke			
Getriebe			

Online ¹⁾ permanente Überwachung

Online ²⁾ intermittierende Überwachung, der Offlinemessung vorzuziehen, wenn Schutzfunktionen erforderlich werden oder Maschine nicht begehbar ist.

Abbildung 3: Empfehlung für den Einsatz Online- oder Offlinemessungen

4.5 Eigenpersonal/Fremdpersonal

Vor der Entscheidung ob Eigenpersonal oder Fremdpersonal für die Schwingungsüberwachung zum Einsatz kommt, sollte man sich mit dem zu erwartenden Arbeitsumfang der Schwingungsüberwachung vertraut machen. **Abbildung 4** beinhaltet den Zeitaufwand einer Schwingungsüberwachung mittels Offlinemessung.

Maschinentyp	Zeitaufwand Erstmessung	Zeitaufwand Wiederholungsmessung
Einfache Maschinen (z. B. Pumpen oder Ventilatoren mit Antriebsmotor unter stabilen Betriebsbedingungen)	4h ^{*)}	1h ^{*)}
Komplexe Maschinen (Speisewasserpumpen, Verdichter usw. oder einfache Maschinen mit häufig wechselnden Betriebsbedingungen)	8-16h ^{*)}	2h ^{*)}

^{*)} zu beachten ist immer, dass die angegebenen Zeiten alle betroffenen Betriebsmittel (Motor und Pumpe) beinhalten

Abbildung 4: Zeitaufwand für Erst- und Wiederholungsmessungen

Der Umfang und Inhalt einer Basis- und Wiederholungsmessung ist dem Anhang 1 zu entnehmen. Nimmt man einen Maschinenpool von 50 Maschinen einfachen Typs ergibt sich für die Aufnahme ins Überwachungsprogramm ein Erstaufwand von 200 h. Für die periodischen Überwachungsmessungen käme ein Zeitaufwand von 200 - 400 h/Jahr je nach Überwachungszyklus von 4 - 8 Messungen/Jahr dazu.

Ist der Arbeitsumfang bekannt, kann nunmehr die Frage der Durchführung beantwortet werden. Dafür wurden in der **Abbildung 5** einige Überlegungspunkte zusammengetragen.

Durchführende	Vorteile	Nachteile
Eigenpersonal (wobei zu klären ist ob der Zeitaufwand überhaupt getragen werden kann)	<ul style="list-style-type: none"> Anlagen- und Verfahrenkenntnisse Verfügbarkeit geringe Eigenkosten 	<ul style="list-style-type: none"> geringe Qualifizierung Anschaffungskosten Ausbildungskosten
Fremdpersonal	<ul style="list-style-type: none"> beste Qualifikation hohe Qualität hohe Erfahrungswerte Messungen und Bewertungen aus einer Hand unabhängige Bewertungen neueste Messsysteme 	<ul style="list-style-type: none"> geringe Anlagen- und Verfahrenkenntnisse höhere Kosten Know-how Verlust für die Anlage

Abbildung 5: Empfehlung für den Einsatz von Eigen- oder Fremdpersonal

Wurde für den Einsatz von Eigenpersonal entschieden, ist für das Funktionieren der Maschinenüberwachung ein Ablaufplan zu erstellen, der folgende Fragen beantwortet:

- Wer misst, bewertet und pflegt die Messeinstellungen?
- Wie werden die Messungen ins tägliche Geschäft eingebunden (Betriebssystem)?
- Wie werden die Bewertungen abgelegt (Zugänglich für alle Betroffenen)?
- Wie ist der Informationsfluss bei Alarmmeldungen (Störmeldung)?

Die **Abbildung 6** beinhaltet einen Vorschlag, wie eine solche Ablauforganisation aussehen könnte. Ohne diese Organisation kommt es schnell dazu, dass die Messaufgaben im täglichen Geschäft untergehen und somit die Maschinenüberwachung nicht mehr gesichert werden kann. Einen wesentlichen Bestandteil dieser Ablauforganisation stellt eine Messanweisung dar. In ihr muss eindeutig beschrieben werden, wie die Schwingungsmessungen durchgeführt werden sollen und was bei auftretenden Problemen zu tun ist.

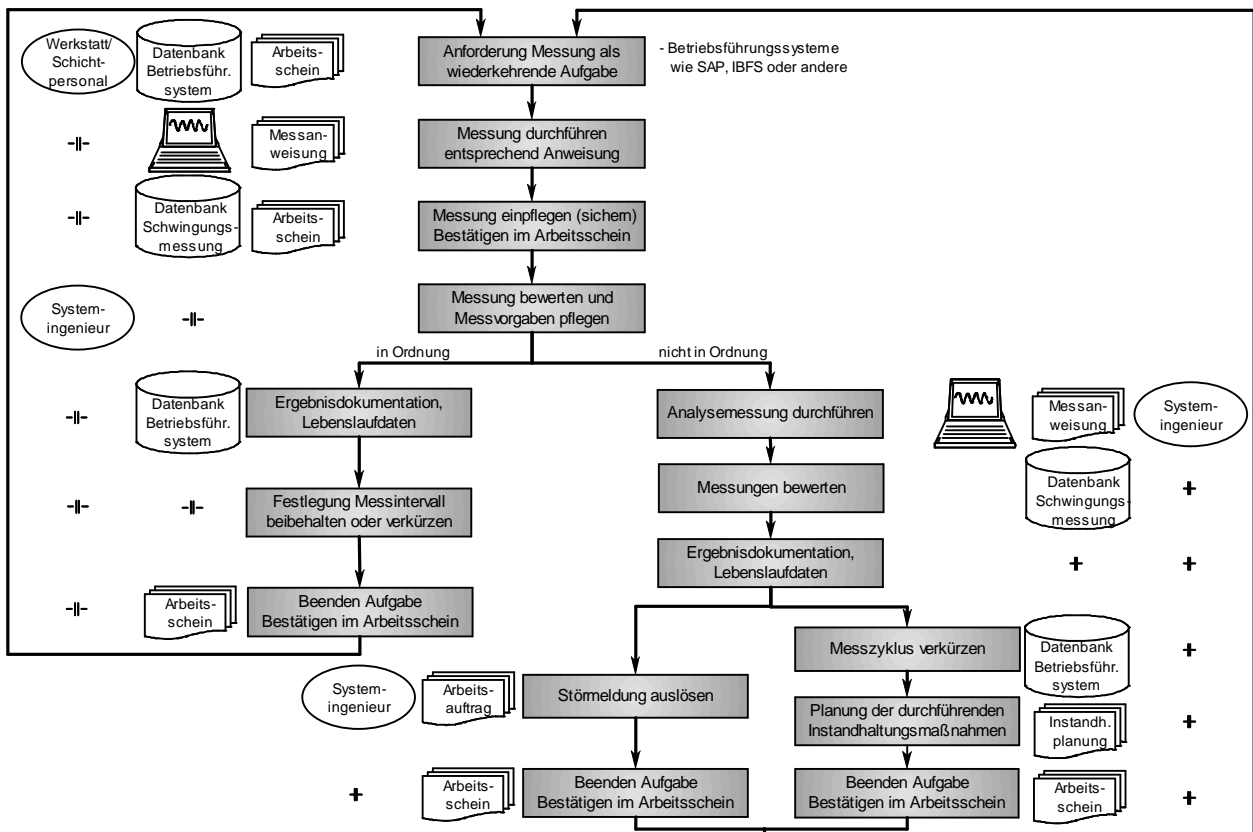
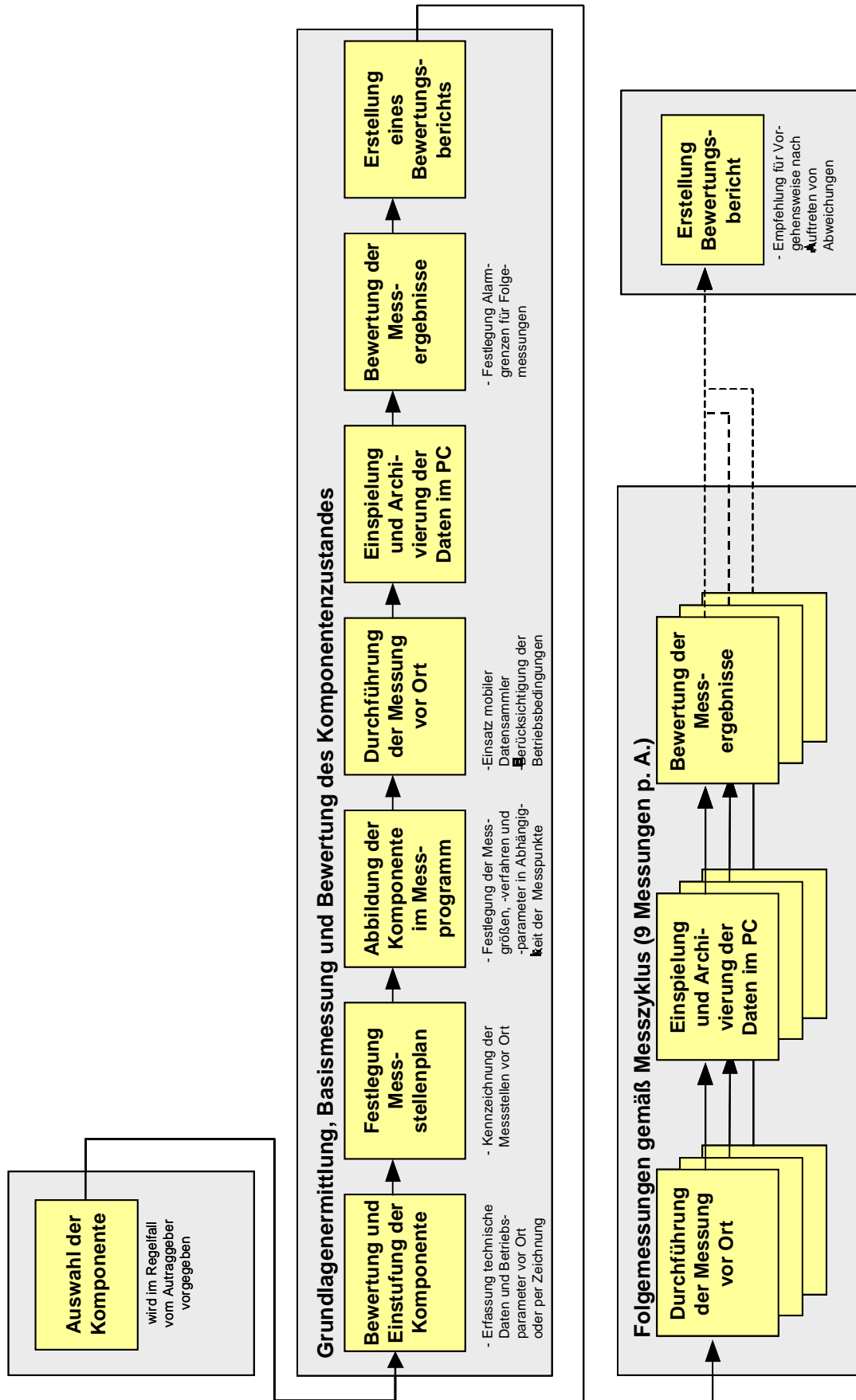


Abbildung 6: Ablauforganisation Schwingungsmessung mit Angaben von Zuständigkeit und benötigter Formulare/Unterlagen

5. Schlussfolgerungen

In technischen Bereichen obliegt es der Instandhaltung, die Nutzung aller Ressourcen zu verbessern. Das bezieht sich sowohl auf die Ausnutzung der Abnutzungsvorräte als auch auf die Verfahren zur Bestimmung der Anlagenzustände. Nur genaue Kenntnisse der Anlagenzustände ermöglichen ressourcenschonende und damit wirtschaftliche Entscheidungen bei der Instandhaltung.

Die betriebsbegleitende Schwingungsüberwachung stellt ein weit verbreitetes Instrument zur Bestimmung der Anlagenzustände dar. Mit ihrer Hilfe werden Instandhalter in die Lage versetzt, Maschinen zustandsorientiert und nicht wie bisher zeitabhängig zu warten. Voraussetzungen dafür stellt aber ein vorher definiertes Nutzungskonzept dar, in dem die Ziele und der Weg dorthin klar definiert werden.



Anhang 1: Ablauf von zyklischen Schwingungsmessungen