

Seminar
Betriebsauswuchten von Rotoren
Grundlagen der Schwingungsmessung an Maschinen
und des Auswuchtens von Rotoren im eingebauten Zustand

Weshalb Betriebsauswuchten ?

Mechanische Schwingungen sind eine meist unerwünschte und störende Erscheinung an Maschinen. Sie beeinträchtigen die Lebensdauer, die Funktion und die Betriebssicherheit von Maschinen. Sie können zum vorzeitigen Verschleiß der Lager, zu Ermüdungs- und Gewaltbrüchen, zum Lösen von Schraubverbindungen, zu Wellenverformungen, Fundamentschäden und letztendlich zum ungeplanten Maschinen- und Produktionsausfall führen.



Erfahrungsgemäß sind die Ursachen der Schwingungen in über 50% aller Fälle auf Unwuchten der rotierenden Teile von Maschinen zurückzuführen.

Rotoren werden während der Fertigung auf Auswuchtmaschinen ausgewuchtet. Durch betriebsbedingte Einflüsse, wie z.B. Drehzahl, Verschleiß, Korrosion, Erosion, Verschmutzung und thermische Verformung kann sich der Auswuchtzustand während des Betriebes jedoch verschlechtern und die zulässigen Grenzwerte überschreiten.

Die Folge sind umlaufende Fliehkräfte, die die Lager, das Maschinengehäuse und die Fundamente zu rotorfrequenter Schwingungen anregen.

Zur Abhilfe müssen die Rotoren nachgewuchtet werden. Dies kann entweder auf einer Auswuchtmaschine oder im Betriebszustand mit Hilfe von tragbaren Auswuchtgeräten erfolgen. Man spricht dann vom „Betriebsauswuchten“.

Die Vorteile des Betriebsauswuchtens

Das Auswuchten im Betriebszustand bietet den Vorteil, dass die Maschine nicht demontiert und der Rotor nicht ausgebaut und nicht zu einer Auswuchtmaschine transportiert werden muss.

Mit einem Auswuchtgerät lassen sich die statische und die dynamische Unwucht von Rotoren mit meist geringem Aufwand im eingebauten Zustand ermitteln und ausgleichen.

Der sich hierdurch ergebende wirtschaftliche Nutzen ist in der Regel beträchtlich und kann zu beachtlichen Kosteneinsparungen führen.

Das Betriebsauswuchten ist deshalb ein weit verbreitetes und bewährtes Verfahren, das vor allem bei der Inbetriebnahme, bei der Instandhaltung, im Service, im Prüffeld und bei der Entwicklung von Maschinen eingesetzt wird.

Seminarinhalte

Das Seminar erläutert die Theorie und die Praxis des Betriebsauswuchtens von Rotoren. Breiter Raum wird den Grundlagen der Auswuchttechnik und der Schwingungsmesstechnik gewidmet, da deren Kenntnis für ein gezieltes, zeitsparendes Auswuchten unabdingbar ist.

Es beschreibt die anzuwendenden Mess- und Auswertverfahren, gibt Hilfestellung und Empfehlungen zur Lösung von Auswuchtproblemen und erläutert moderne rechnergestützte Software-Werkzeuge.

Eingehend wird die Frage beantwortet, wie genau ausgewuchtet werden muss. Hierzu werden die Bewertungsverfahren, die einschlägigen Normen und die empfohlenen Grenzwerte ausführlich dargestellt und erläutert.

Seminarziele

Das Ziel des Seminars ist es, das Betriebsauswuchten, seinen Nutzen und seine Kostenvorteile einem möglichst großen Kreis von Praktikern zu erschließen.

Es soll das notwendige Wissen zur erfolgreichen Durchführung des Betriebsauswuchtens vermitteln, mit modernen Auswuchtwerkzeugen vertraut machen, Fragen beantworten und die immer noch verbreitete Angst vor dem Auswuchten nehmen.

Das Seminarprogramm

1. Tag

Weshalb Betriebsauswuchten?

- Ursachen und Folgen der Unwucht
- Auswuchten unter Betriebsbedingungen

Auswuchtverfahren

- Auswuchten und Schwingungen

Grundlagen der mechanischen Schwingungen

- Periodische Schwingungen
- Nichtperiodische Schwingungen
- Darstellungsformen für Schwingungen
- Kenngrößen mechanischer Schwingungen
- Lager- und Wellenschwingungen

Absolute Lagerschwingungen

- Lagerschwingungs-Aufnehmer
- Ankopplung der Aufnehmer
- Messorte und Messrichtungen
- Messgrößen und Normen
- Messung und Bewertung der absoluten Lagerschwingungen
- Bewertung nach DIN ISO 10816
- Abnahmemessungen nach DIN EN 60034-14

Relative und absolute Wellenschwingungen

- Mechanik der Wellenschwingungen
- Kinetische Wellenbahn und Biegelinien
- Wellenschwingungs-Aufnehmer
- Montage der berührungslosen Aufnehmer
- Messorte und Messrichtungen
- Messspur und Runout
- Referenzgeber
- Messgrößen und Normen
- Messung und Bewertung der Wellenschwingungen
- Bewertung nach DIN ISO 7919
- Bewertung nach DIN ISO 7919 und DIN ISO 10816

Grundlagen der Auswuchttechnik

- Die Wirkung der Unwucht
- Unwuchtarten
- Statische und quasi-statische Unwucht
- Momentenunwucht
- Dynamische Unwucht
- Auswuchtverfahren für starre Rotoren

Besonderheiten des Betriebsauswuchtens

- Beziehung zwischen Unwucht und Schwingungen

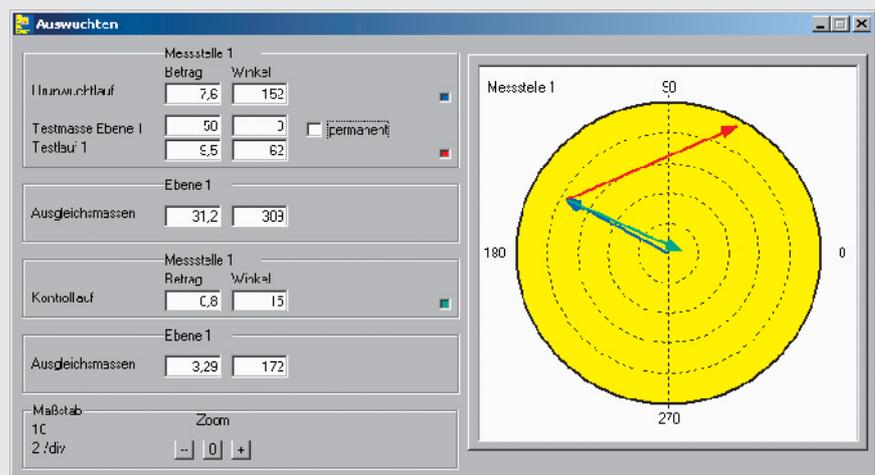
Ein-Ebenen-Auswuchten

- Vorbereitungen und Hinweise zum Auswuchten
- Ausgleichsebene, Messorte und Messrichtungen
- Ankoppeln des Schwingungsaufnehmers
- Winkel- und Drehzahlbezug
- Hinweise zur Maschinenaufstellung
- Die Bedeutung der Auswuchtdrehzahl
- Test- und Ausgleichsmassen
- Messen und Ausgleichen der statischen Unwucht
- Vorführung des Auswuchtens in einer Ebene

- Optimierungs-Auswuchten
- Nicht-reproduzierbare oder instabile Messwerte
- Nicht-lineares Verhalten
- Polar-, Komponenten-, Festmassen- und Bohr-Ausgleich
- Auswuchten mit Wellenschwingungen
- Auswuchten ohne Phasenwinkelmessung

Zwei-Ebenen-Auswuchten

- Vorbereitungen und Hinweise zum Auswuchten
- Ausgleichsebenen, Messorte und Messrichtungen
- Messen und Ausgleichen der dynamischen Unwucht
- Zwei-Ebenen-Iterationsverfahren
- Ermitteln von Unwuchtergebnisse und Momentenunwucht
- Ebenen-Transformation



2. Tag

Ein-Ebenen-Auswuchten

- Auswuchttoleranzen
- Bewertung der Auswuchtgüte nach DIN ISO 1940-1
- Bewertung der unwuchtbedingten Lagerkräfte
- Bewertung der Lagerschwingungen nach DIN ISO 10816
- Bewertung der Wellenschwingungen nach DIN ISO 7919
- Auswuchten im Wiederholungsfall
- Sonderfälle des Betriebsauswuchtens
- Grenzen des Ein-Ebenen-Auswuchtens

- Optimierungsauswuchten
- Auswuchttoleranzen
- Auswuchten im Wiederholungsfall
- Vorführung des Auswuchtens in zwei Ebenen

Mehr-Ebenen-Auswuchten

- Das Auswuchten mehrfach gelagerter starrer Rotoren
- Optimierungs-Auswuchten
- Das Auswuchten nachgiebiger Rotoren

Einführung in das Betriebsauswuchten von Turbosätzen

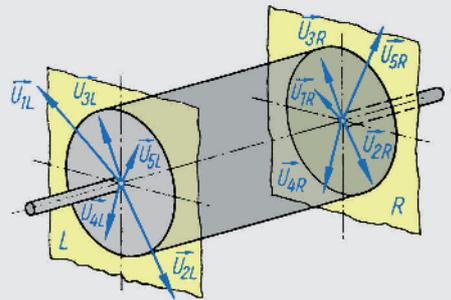
- Besonderheiten beim Auswuchten von Kraftwerksturbosätzen
- Optimierungs-Auswuchten als Lösung

Die Referenten

Dr.-Ing. Manfred Weigel

Jahrgang 1949. Seit über 30 Jahren in der Energiewirtschaft und in der Schwingungsmesstechnik tätig. Anerkannter Experte auf dem Gebiet des Betriebsauswuchtens und der Diagnose von Maschinenschwingungen mit umfangreicher praktischer Erfahrung.

Langjähriger Produktmanager für die Entwicklung und Applikation schwingungsdiagnostischer Überwachungssysteme. Führt ein Ingenieurbüro für Schwingungsmesstechnik, Beratung und Fortbildung.



Dipl.-Ing. Ulrich Olsen

Jahrgang 1941. Beschäftigt sich seit 40 Jahren mit der Konzeption, der Applikation, dem Vertrieb, der Beratung und der Schulung von Auswucht- und Schwingungsmessgeräten, von Schwingungsüberwachungsanlagen und von Diagnosesystemen.

Führt ein Ingenieurbüro für Beratung, Schulung und Vertrieb von Schwingungsdiagnose-Systemen sowie von Geräten und Software zum Betriebsauswuchten von Rotoren.

Die Veranstaltung

Das Seminar ist auf Praktiker zugeschnitten, die auf dem Gebiet des Betriebsauswuchtens von Rotoren tätig sind oder tätig werden wollen.

Es bietet Anfängern eine Einarbeitung in dieses Gebiet und liefert Fortgeschrittenen wertvolle Hinweise zum aktuellen Stand der Schwingungsmesstechnik und zum Einsatz moderner rechnergestützter Auswuchtverfahren.

Das Seminar wird als zweitägige Veranstaltung mit einer begrenzten Anzahl an Teilnehmern in ausgewählten Hotels durchgeführt.

Die Referate werden mit einer hochwertigen PowerPoint Präsentation unterstützt und vertieft. Besonderer Wert wird auf praktische Übungen und auf die Beantwortung von Fragen gelegt. Hierzu steht ausreichend Zeit zur Verfügung.

Termine, Veranstaltungsorte und Teilnehmergebühren der Hotelseminare teilen wir auf Anfrage gerne mit.

Weiterhin führen wir Hotel- und Firmenseminare zur Messung, Bewertung, Überwachung und Diagnose der Schwingungen von Kraftwerksturbinen durch. Bitte sprechen Sie uns an, falls Sie hieran interessiert sind.

Das Begleitbuch

Die Seminarteilnehmer erhalten die Referate zusätzlich als Nachschlagewerk in Buchform. Hierin sind die Grundlagen der Schwingungsmesstechnik, der Auswuchttechnik und die Praxis des Betriebsauswuchtens von Rotoren

in ein, zwei und in mehreren Ebenen ausführlich beschrieben. Ergänzend hierzu werden die für die Schwingungsmessung und für das Betriebsauswuchten relevanten Normen dargestellt und erläutert.

Das Seminarbuch weist 230 Seiten auf. Der gesamte Auswuchtteil ist zum besseren Verständnis mit Darstellungen im Farbdruck ausgestattet. Das Seminarbuch kann auch einzeln bezogen werden.

Schwingungs- und Auswucht-Seminare für die Praxis

Dr.-Ing. Manfred Weigel
Hirschhorner Strasse 32
64646 Heppenheim
Tel.: +49 (0) 6252 / 673 99 40
Ingenieurbuero.Weigel@t-online.de

Dipl.-Ing. Ulrich Olsen
Ulmenweg 17
64354 Reinheim
Tel.: +49 (0) 6162 / 911 72 90
Ingenieurbuero.Olsen@t-online.de