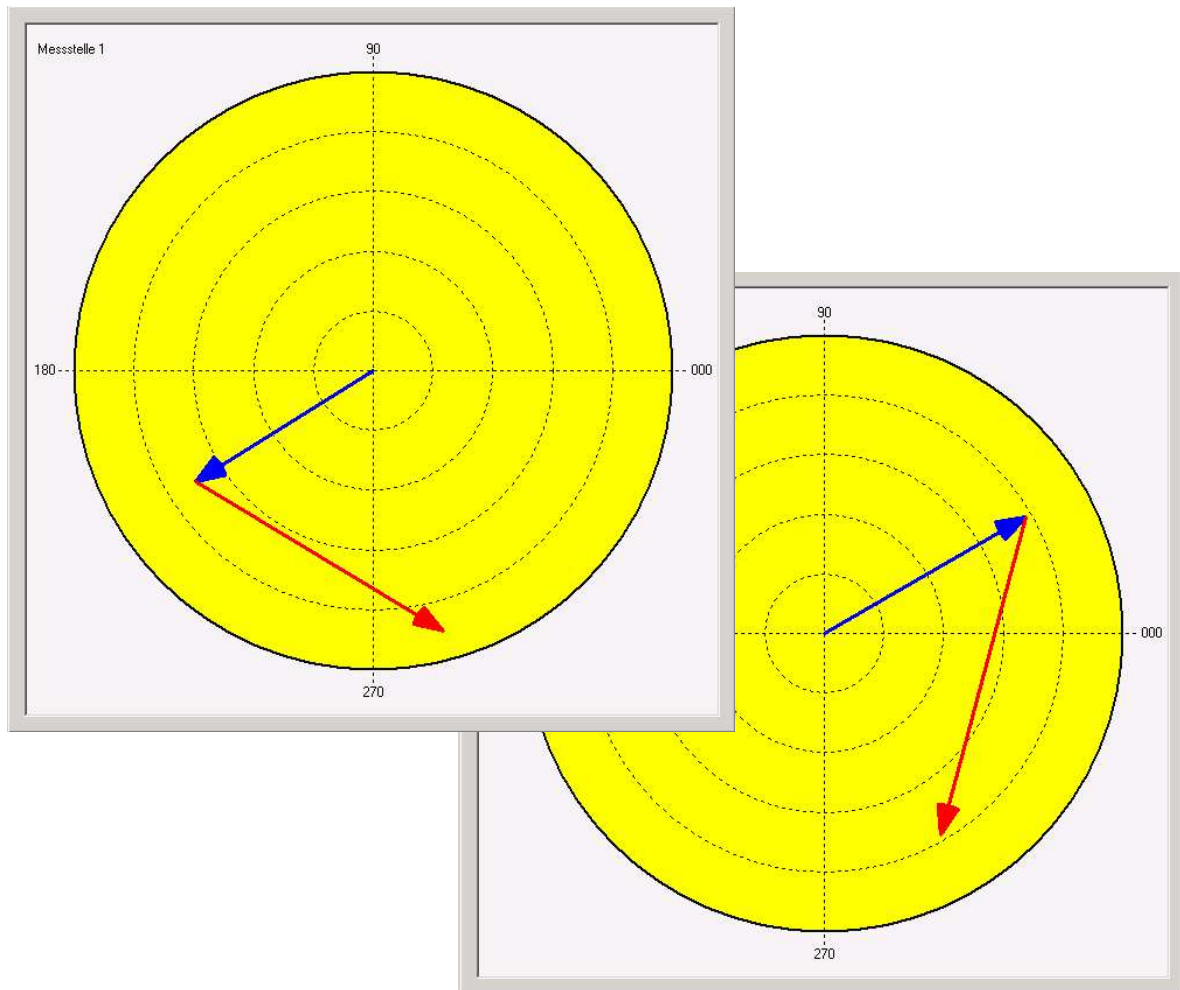


Die innovative Software für das Betriebsauswuchten von Rotoren



**Erleichtert und beschleunigt das Betriebsauswuchten
in bis zu 8 Ausgleichsebenen**

**Ermittelt die Ausgleichsmassen für Polarausgleich,
Festortausgleich und Festmassenausgleich**

**Errechnet die zulässigen Restunwuchten nach DIN ISO 1940 und erstellt
Auswuchtprotokolle**

**Bietet eine Vielzahl wertvoller Werkzeuge
für das Auswuchten und für die Schwingungsdiagnose**

Betriebsauswuchten muss kein Problem sein

Die Unwucht von Rotoren stellt die häufigste Ursache von Schwingungen an Maschinen dar. Etwa 50% aller Störungen, Fehler und Ausfälle an Maschinen können direkt oder indirekt auf diese Ursache zurückgeführt werden.

Das Betriebsauswuchten ermöglicht es, Rotoren im eingebauten Zustand kostengünstig und zeitsparend auszuwuchten. Hierbei werden meistens tragbare Auswuchtgeräte eingesetzt, die die Unwuchtschwingungen nach Betrag und Phasenlage messen. Moderne Auswuchtgeräte sind darüber hinaus mit Mikroprozessoren ausgestattet, die die für den Unwuchtausgleich erforderlichen Korrekturmassen errechnen.

Alle verfügbaren Auswuchtgeräte bieten jedoch nur in einem sehr begrenzten Umfang Hilfestellung bei der Lösung anspruchsvoller Auswuchtaufgaben, bei der Optimierung der Unwuchtschwingungen, bei der Umrechnung von Ausgleichsmassen und bei der Erstellung von kundenspezifischen Auswuchtprotokollen.

Die PC gestützte Software BALEXPART liefert für diese Aufgaben und für eine Vielzahl weiterer Auswucht- und Schwingungsprobleme die zeitgemäße und praxisgerechte Lösung. BALEXPART vereinfacht und beschleunigt das Betriebsauswuchten und führt auch bei schwierigen Auswuchtaufgaben zum Erfolg.

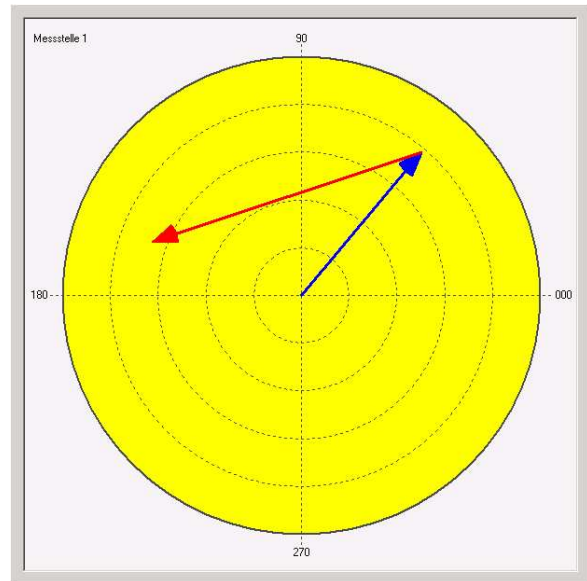
Das Auswuchten in 1 Ebene

Schmale scheibenförmige Rotoren, wie z. B. Schleifscheiben und Lüfterräder werden in der Regel nur in einer Radialebene ausgewuchtet.

Nach Eingabe der Schwingungsmesswerte des Urunwucht- und des Testlaufes errechnet BALEXPART die Ausgleichsmasse nach Betrag und Winkellage und liefert die zugehörige Polardarstellung der Unwuchtzeiger.

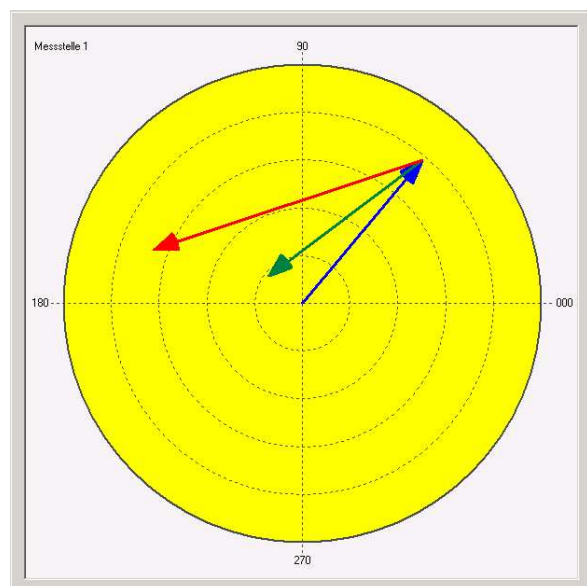
Hierbei lässt sich vorwählen, ob die Testmasse permanent am Rotor verbleiben oder nach dem Testlauf wieder entfernt werden soll und ob bei der Verwendung von berührunglosen Schwingweg - Aufnehmern der „Runout“- Fehler kompensiert werden soll.

Messstelle 1	
Betrag	Winkel
Urunwuchtlauf	7,8 50
Testmasse Ebene 1	40 0 <input type="checkbox"/> permanent
Testlauf 1	6,6 160
Ebene 1	
Ausgleichsmassen	26,4 32



Nach dem Unwuchtausgleich kann BALEXPART mit den Messwerten eines oder mehrerer Korrekturläufe zusätzliche Ausgleichsmassen zur weiteren Verbesserung des Auswuchtzustandes errechnen („Trimmen“).

Messstelle 1		
Kontrolllauf	Betrag	Winkel
	1,8	140
Ebene 1		
Ausgleichsmassen	6,09	122



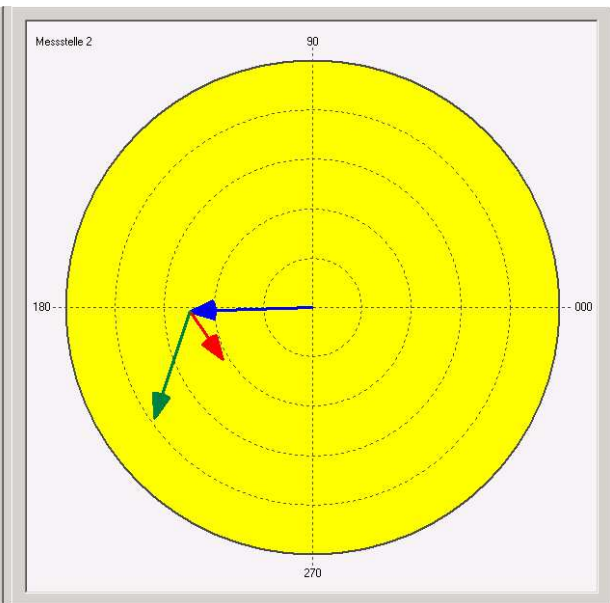
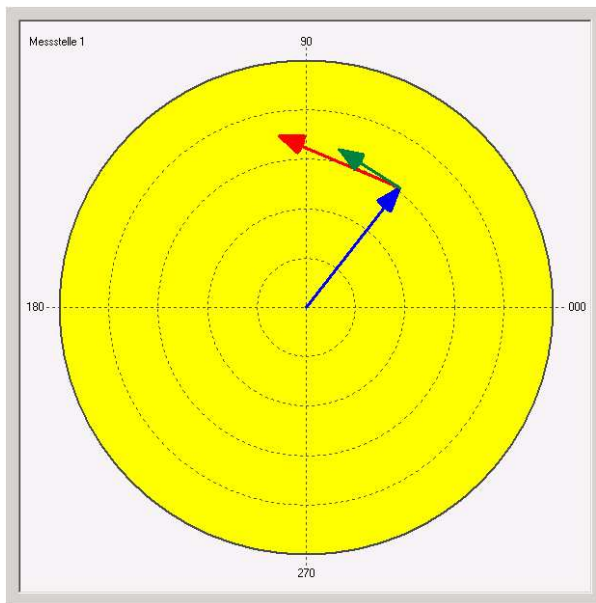
Für ein vereinfachtes Auswuchten im Wiederholungsfall lassen sich die Auswuchtdate des Rotors, die sog. Rotoreinflusskoeffizienten, in der Datenbank von BALEXPART archivieren.

Das Auswuchten in 2 Ebenen

Langgestreckte starre Rotoren, wie z. B. Walzen und Zentrifugentrommeln erfordern meistens ein Zwei-Ebenen-Auswuchten. Hierfür sind ein Urunwucht- und zwei Testläufe mit Testmassen erforderlich.

Das rechte Bild zeigt die Datenmaske von BALEXPRT zur Eingabe der Messwerte mit einem Beispiel und dem zugehörigen Ergebnis. Die entsprechenden Polardiagramme mit den Unwuchtzeigern sind untenstehend abgebildet.

	Messstelle 1		Messstelle 2	
	Betrag	Winkel	Betrag	Winkel
Urunwuchtlauf	15,3	52	12,4	182
Testmasse Ebene 1	10	0	<input type="checkbox"/> permanent	
Testlauf 1	17,5	99	10,5	210
Testmasse Ebene 2	10	0	<input type="checkbox"/> permanent	
Testlauf 2	16,3	78	19,5	215
	Ebene 1		Ebene 2	
Ausgleichsmassen	8,2	66	6,8	105



Auch beim Zwei-Ebenen-Auswuchten lassen sich wie bei allen Auswuchtaufgaben beliebig viele Korrekturläufe zur Ermittlung von Korrekturmassen zur weiteren Verbesserung des Auswuchtzustandes durchführen, der Runout-Fehler kompensieren und die Einflusskoeffizienten für ein Auswuchten im Wiederholungsfall speichern.

Liegt anstelle eines Zwei-Ebenen-Problems nur eine Ein-Ebenen-Auswuchtaufgabe vor, dann erkennt BALEXPRT dies selbsttätig und weist nach dem zweiten Testlauf mit einer Meldung darauf hin.

Ebenenhinweis

Hinweis
Das Programm hat festgestellt, dass Sie mit dem Ansetzen von nur einem Gewicht die von Ihnen unter Optionen/Einebene festgelegte Toleranz erreichen. Das anzusetzende Gewicht ist gelb hinterlegt.

Diese Meldung künftig abschalten?

Ja

Messstelle 2	
Betrag	Winkel
1,4	182
<input type="checkbox"/> permanent	
10,5	210
<input type="checkbox"/> permanent	
1,5	215
Ebene 2	
21,1	87

Bei Bedarf rechnet BALEXPRT die polar ermittelten Ausgleichsmassen in einen Festortausgleich um. Hierbei kann für jede Ausgleichsebene eine beliebige Anzahl von Festorten vorgegeben werden.

	Ebene 1		Ebene 2	
	Betrag	Ort	Betrag	Ort
Anzahl der Orte	12		8	
Auswuchten				
Ausgleichsmasse	6,58	2	4,81	2
	1,82	3	2,49	3

Die Auswuchtergebnisse können für alle Auswuchtverfahren wahlweise in Form eines Auswuchtprotokolls, in Listenform oder in grafischer Form ausgedruckt werden.

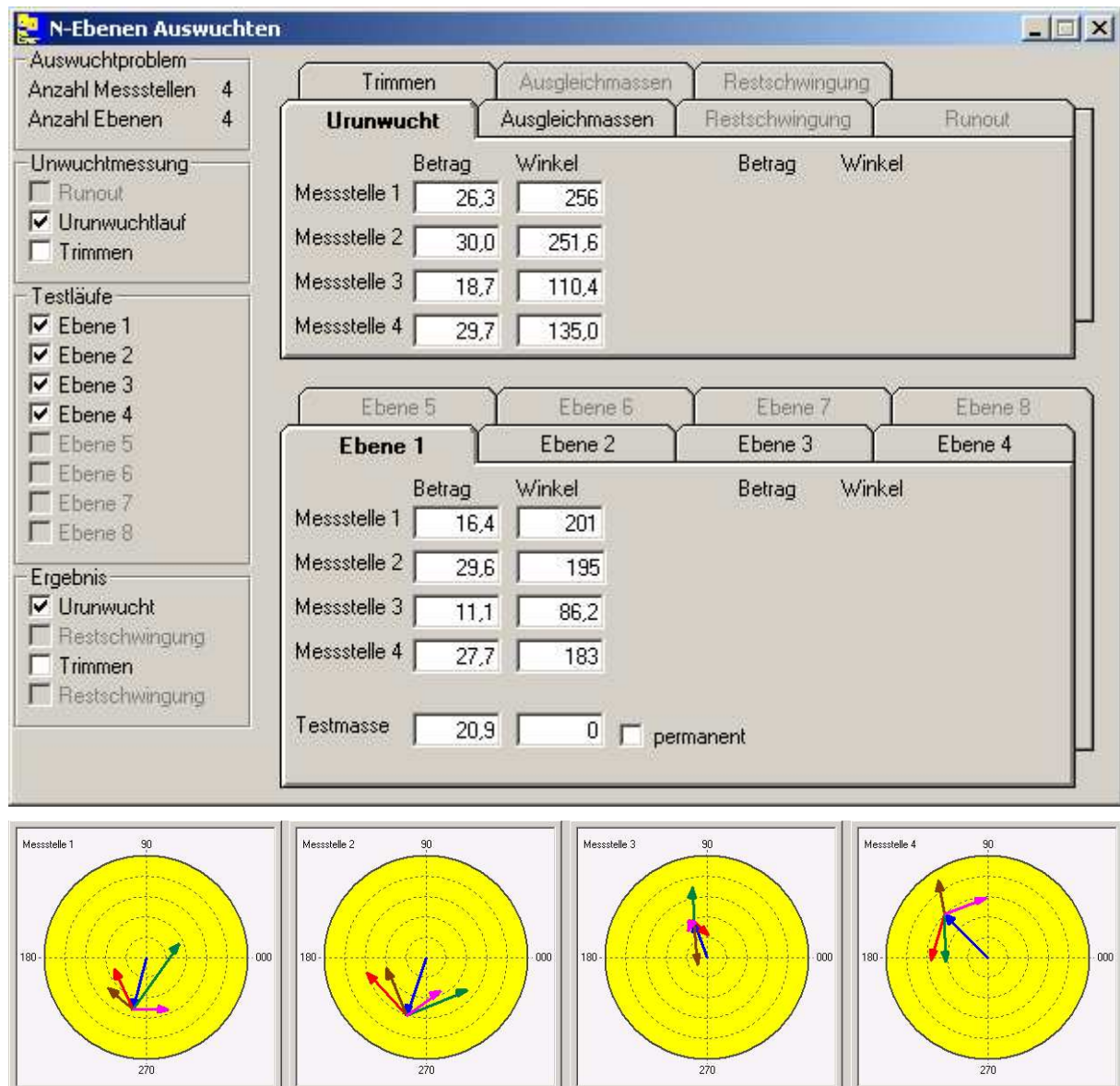
Zusätzlich steht eine Kopierfunktion zur Verfügung mit der die einzelnen Datenmasken und die Polargrafiken in die WINDOWS - Zwischenablage kopiert und zur Erstellung anwenderspezifischer Protokolle und Berichte in z. B. MS Word™ o.ä. importiert werden können.

Das Mehr-Ebenen-Auswuchten

Mehrfach gelagerte starre Rotoren und Rotorstränge, z. B. vierfach gelagerte Umformersätze und wellenelastische Rotoren, wie Papierwalzen und Turbinen, erfordern für den Unwuchtausgleich mehr als zwei Ausgleichsebenen. Bei starren Rotoren sollte die Anzahl der Ausgleichsebenen der Anzahl der Lagerstellen entsprechen. Bei wellenelastischen Rotoren sind $2 + n$ Ausgleichsebenen erforderlich, wobei n die Ordnungszahl der höchsten zu berücksichtigenden kritischen Drehzahl des Rotors ist.

BALEXPERT errechnet die Ausgleichsmassen und stellt die Unwucht-, die Einfluss- und die Ausgleichszeiger für bis zu 8 Messstellen und bis zu 8 Ausgleichsebenen in anschaulichen und leicht interpretierbaren Polarkoordinaten-Diagrammen dar.

Die untenstehende Dateneingabemaske zeigt ein Beispiel für das Auswuchten in 4 Ebenen mit den zugehörigen Polardiagrammen.



Beim Mehr-Ebenen-Auswuchten führt der Einsatz von BALEXPERT zu einer besonders weitgehenden Vereinfachung der Auswertung und

zu einer drastischen Verkürzung des Zeitaufwandes, der ansonsten zur Ermittlung der Ausgleichsmassen erforderlich ist.

Das Optimierungs-Auswuchten

Nicht immer stehen am Rotor die für ein präzises Auswuchten benötigten Ausgleichsebenen in

der theoretisch erforderlichen Anzahl zur Verfügung. Gelegentlich sind einzelne Ausgleichsebenen im Betriebszustand nicht oder nur mit hohem Aufwand zugänglich oder das Anbringen oder Entfernen von Ausgleichsmassen erweist sich in diesen Ebenen als nicht durchführbar.

In derartigen Fällen, in denen weniger Ausgleichsebenen als Schwingungsmessstellen verfügbar sind, können mit dem Optimierungsauswuchten die Schwingungen aller Lagerstellen zwar nicht vollständig beseitigt, aber minimiert werden.

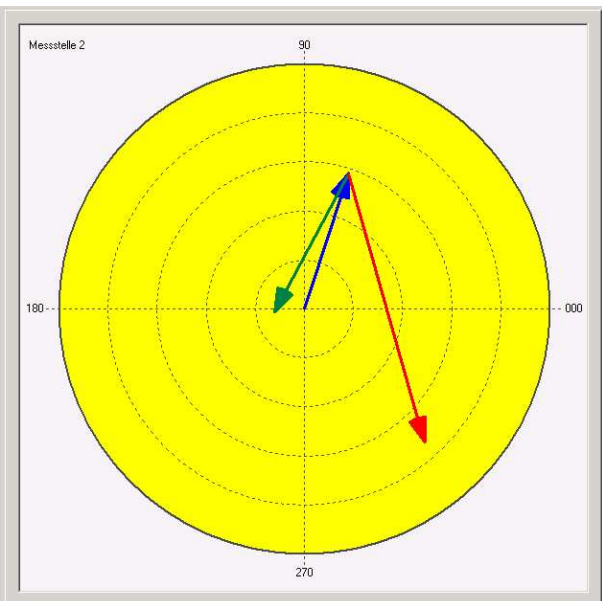
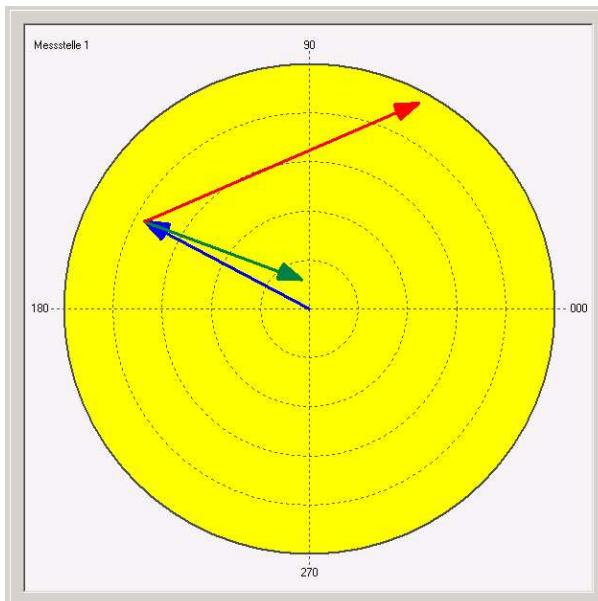
BALEXPERT bietet hierzu zahlreiche Alternativen. So können z. B. mit einer einzelnen Ausgleichsmasse in einer Ausgleichsebene

- die Schwingungen einer Lagerstelle in horizontaler und in vertikaler Richtung oder
- die Schwingungen an zwei Lagerstellen in horizontaler und/oder in vertikaler Richtung

optimiert werden.

Das untenstehende Beispiel zeigt das Optimierungsauswuchten für zwei Messstellen und eine Ausgleichsebene. Zusätzlich zu Betrag und Winkellage der Ausgleichsmasse errechnet BALEXPERT auch die zu erwartenden Restschwingungen für beide Messstellen.

	Messstelle 1		Messstelle 2	
	Betrag	Winkel	Betrag	Winkel
Urunwuchlauf	13,5	215	8,4	57
Testmasse Ebene 1	2,3	90	<input type="checkbox"/> permanent	
Testlauf 1	1,7	229	2,50	109
Restschwingung:	1,27	124	1,27	132
Maximum	1,27			
Ebene 1				
Ausgleichsmassen	2,63	97		



Maximal können die Unwuchtschwingungen von 8 Messstellen optimiert werden, wobei die Anzahl der Ausgleichsebenen zwischen 1 und 8 betragen darf. Im Extremfall lassen sich mit einer einzigen Ausgleichsmasse die Schwingungen von 8 Messstellen optimieren. Selbstverständlich wird das zu erzielende Ergebnis mit zunehmender Anzahl der verfügbaren Ausgleichsebenen besser.

Auf Seite 6 ist ein Beispiel dargestellt, das an einem mehrfach gelagerten Rotor mit 8 Messstellen und 4 Ausgleichsebenen erzielt wurde. Mit den vier errechneten Ausgleichsmassen konnten hier die Unwuchtschwingungen an allen 8 Messstellen um durchschnittlich 90% reduziert werden.

Beispiel für das Optimierungs-Auswuchten mit 8 Messstellen und 4 Ausgleichsebenen

N-Ebenen Auswuchten

Auswuchtproblem
 Anzahl Messstellen 8
 Anzahl Ebenen 4

Unwuchtmessung
 Runout
 Urunwuchtlauf
 Trimmen

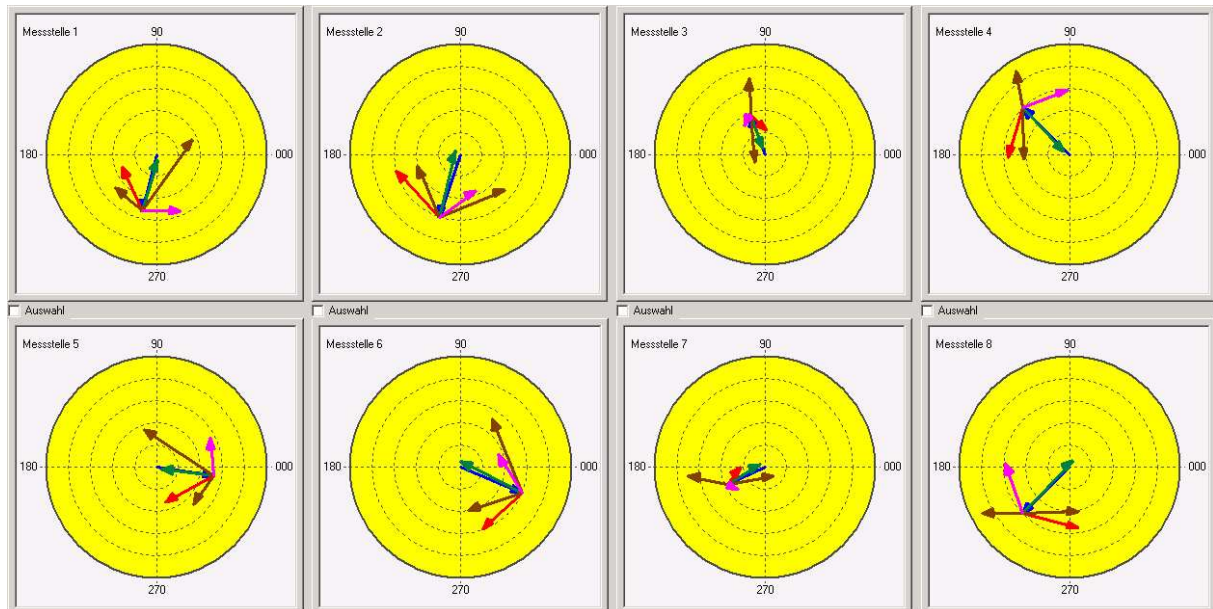
Testläufe
 Ebene 1
 Ebene 2
 Ebene 3
 Ebene 4
 Ebene 5
 Ebene 6
 Ebene 7
 Ebene 8

Ergebnis
 Urunwucht
 Restschwingung
 Trimmen
 Restschwingung

Trimmen		Ausgleichmassen		Restschwingung		
Urunwucht		Ausgleichmassen		Restschwingung		Runout
	Betrag	Winkel		Betrag	Winkel	
Messstelle 1	26,3	256	Messstelle 5	26,3	351	
Messstelle 2	30,0	251,6	Messstelle 6	30,0	337	
Messstelle 3	18,7	110,4	Messstelle 7	18,7	205	
Messstelle 4	29,7	135,0	Messstelle 8	29,7	225	

Ebene 5		Ebene 6		Ebene 7		Ebene 8	
Ebene 1		Ebene 2		Ebene 3		Ebene 4	
	Betrag	Winkel		Betrag	Winkel		
Messstelle 1	16,4	201	Messstelle 5	16,4	286		
Messstelle 2	29,6	195	Messstelle 6	29,6	290		
Messstelle 3	11,1	86,2	Messstelle 7	11,1	182		
Messstelle 4	27,7	183	Messstelle 8	27,7	278		

Testmasse permanent



Das Optimierungs-Auswuchten stellt eine zeit-sparende Alternative dar, wenn es darum geht, die Schwingungen einzelner Messstellen eines Maschinenstranges auf zulässige Werte zu

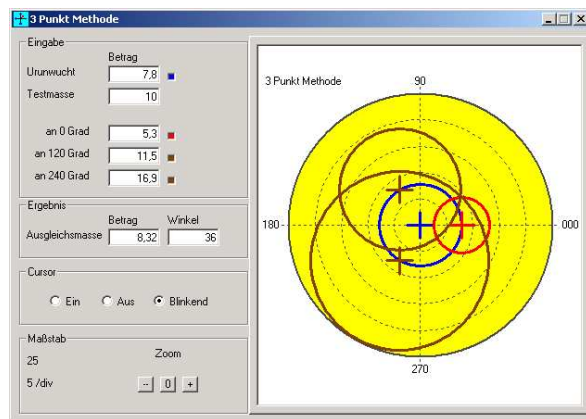
reduzieren, ohne dabei in allen Ausgleichsebenen Test- und Ausgleichmassen ansetzen zu müssen.

Das Auswuchten mit der 3-Punkt-Methode

Steht zur Messung der Unwuchtschwingungen kein phasenmessendes Gerät zur Verfügung oder lässt sich am Rotor keine Referenzmarke anbringen, dann bietet die 3-Punkt-Methode eine geeignete Lösung.

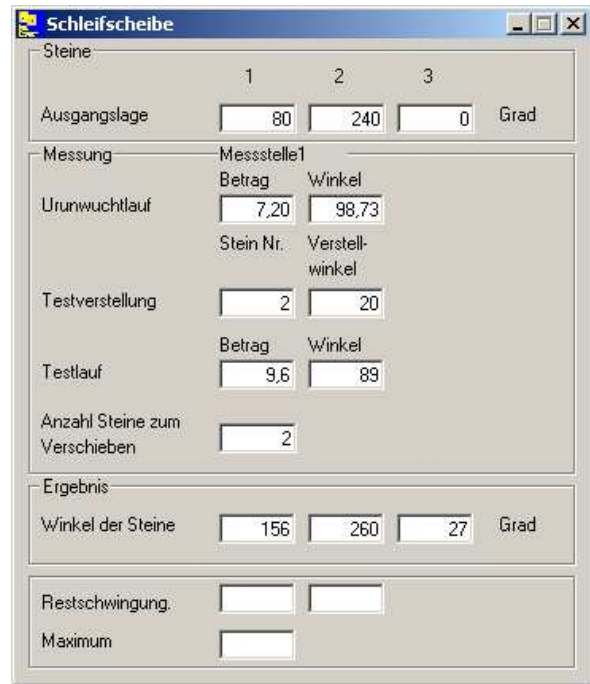
Hierbei werden 3 Testläufe mit einer jeweils um 120° oder um 90° versetzt angebrachten Testmasse ausgeführt und ausschließlich der Betrag der Unwuchtschwingungen gemessen.

BALEXPERT errechnet aus diesen Daten den Betrag und den Winkel der Ausgleichsmasse. Dieses Verfahren ist auf das Ein-Ebenen-Auswuchten beschränkt.



Das Auswuchten mit Nutensteinen

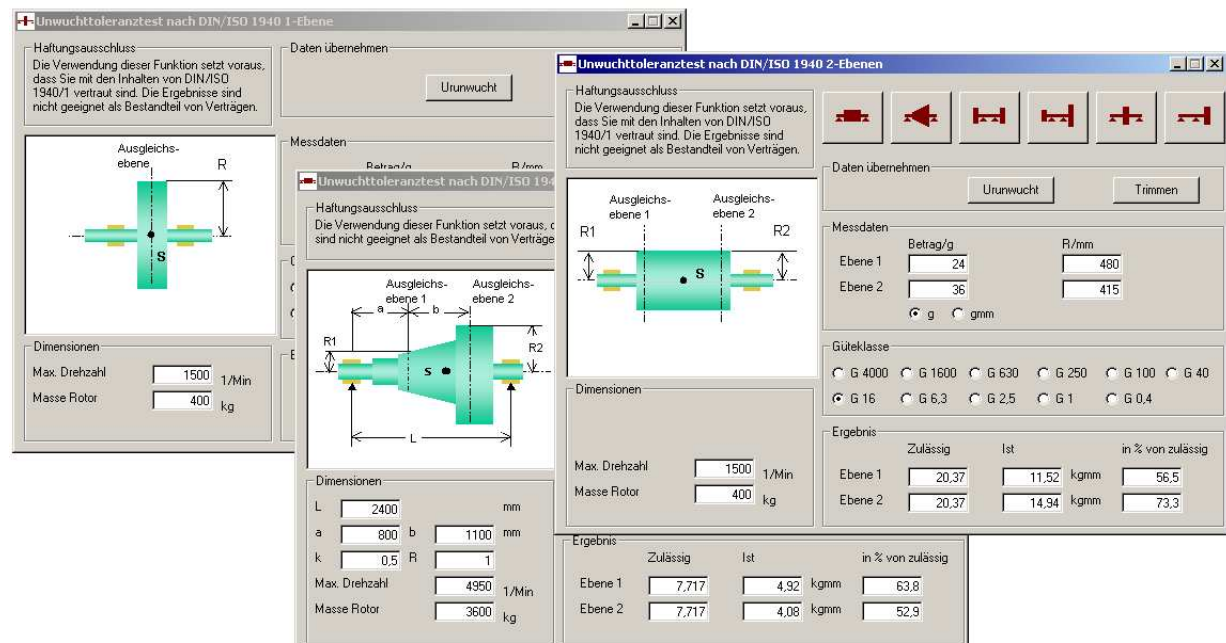
An Schleifscheiben, Turbinenrädern u.ä. Rotoren erfolgt der Unwuchtausgleich in der Regel durch Verschieben von Nutensteinen in einer Ringnut. Die neuen Positionen der Nutensteine lassen sich mit BALEXPERT schnell und einfach errechnen. Hierbei wird die Testmasse durch Verschieben eines Nutensteines ersetzt.



Toleranztest nach DIN ISO 1940

Die zulässige Restunwucht für verschiedene Gruppen starrer Rotoren ist in DIN ISO 1940 spezifiziert. BALEXPERT liefert für alle Auswucht-Gütestufen die Zahlenwerte der maximal zulässigen spezifischen Restunwucht, und zwar sowohl für das Auswuchten in einer als auch in

zwei Ebenen. Es erstellt weiterhin einen Vergleich der erzielten Auswuchtgüte mit der zulässigen Restunwucht und nimmt damit dem Auswuchtspezialisten das Nachschlagen in der Norm und das Umrechnen der Restunwucht auf die Ausgleichsebenen ab.

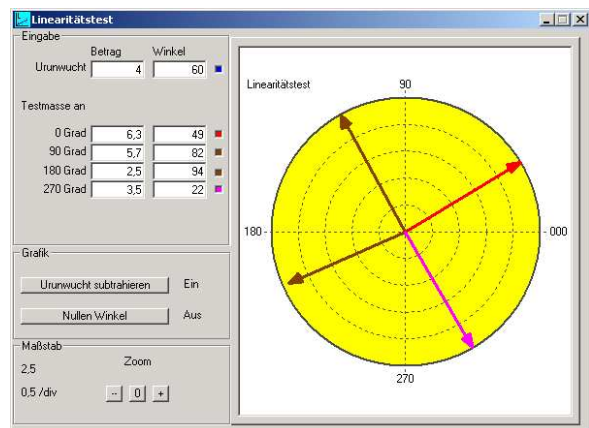


Linearitätstest

Beim Betriebsauswuchten von Rotoren wird ein linearer Zusammenhang zwischen der Unwucht und den Lager- und Wellenschwingungen vorausgesetzt. Ist dies nicht der Fall, versagt jedes mathematische Verfahren und es kann nur empirisch vorgegangen werden.

BALEXPert gestattet es, die Linearität des auszuwuchtenden Systems zu prüfen, und zwar mit vier Testläufen und einer in der Ausgleichsebene um jeweils 90° versetzten Testmasse

Bilden die Einflusszeiger der Testmassen ein rechtwinkliges Koordinatenkreuz und weisen alle Zeiger die gleiche Länge auf, wie in nebenstehender Abbildung, dann liegt ein ausreichend lineares Verhalten vor.



Technische Beschreibung

BALEXPert ist eine PC gestützte Software, die das Betriebsauswuchten von Rotoren erleichtert und beschleunigt und eine Vielzahl wertvoller Werkzeuge für das Auswuchten und für die Schwingungsdiagnose bietet. Der Lieferumfang schließt u.a. die folgenden Softwaremodule ein:

- Betriebsauswuchten von Rotoren mit bis zu 8 Messstellen und bis zu 8 Ausgleichsebenen
- Optimierungsauswuchten für bis zu 8 Messstellen und 1 bis 8 Ausgleichsebenen
- Selbsttätige Erkennung von Ein-Ebenen-Problemen
- Polardarstellung der Urunwucht, der Testzeiger und der Restunwucht für bis zu 8 Messstellen
- Kompensation von elektrischem und mechanischem Runout beim Auswuchten mit berührungslosen Schwingweg-Aufnehmern
- Betriebsauswuchten ohne Phasenwinkel-messung mit der 3-Punkt-Methode
- Betriebsauswuchten mit Nutzensteinen
- Ermitteln der Ausgleichsmassen für Polarausgleich, Festortausgleich und Festmassenausgleich
- Vektoriell Addieren und Aufteilen von Ausgleichsmassen
- Archivieren von Rotoreinflusskoeffizienten für ein vereinfachtes Auswuchten im Wiederholungsfall
- Ermitteln der zulässigen Restunwuchten nach DIN ISO 1940

- Vorschlag für Testmasse
- Linearitätstest
- Umrechnen von Schwingungskenngrößen
- Errechnen der Schadensfrequenzen von Wälzlager
- Datenbank zur Eingabe und Archivierung von bis zu 100 Wälzlager-Datensätzen
- Errechnen von Riemenfrequenzen, Getriebefrequenzen und Fliehkräften
- Druckerausgabe des Auswuchtprotokolls, der Datenmasken und der Polardiagramme

Systemvoraussetzungen

- BALEXPert ist auf allen PC's mit Pentium Prozessoren unter den Betriebssystemen WINDOWS 98 SE, ME, XP Home Edition, NT4 SP6, 2000 Professional und XP Professional lauffähig.
- Die Mindestauflösung der Anzeige beträgt 800 x 600 Pixel. Zur Ausgabe der Grafiken wird ein Farbdrucker empfohlen.

Lieferumfang

- CD-ROM mit Kopierschutzstecker und Installationsanleitung.
- Die Bedienungsanleitung und ein umfangreicher Hilfetext in deutscher Sprache sind Bestandteil der CD-ROM und können bei Bedarf aufgerufen bzw. ausgedruckt werden..

Technische Beratung, Schulung und Vertrieb:

Ingenieurbüro Olsen

D - 64354 Reinheim ◇ Ulmenweg 17

Tel: 06162 - 911 72 90 ◇ Fax: 06162 - 911 72 91 ◇ Email: Ingenieurbuero.Olsen@t-online.de