

Der Sommerfeld-Effekt

Energiesparen durch Schwingungsminimierung

Arnold Sommerfeld (1868-1951) war ein theoretischer Physiker, der vielen Ingenieuren durch seine Arbeiten über Gleitlagerungen bekannt ist (Sommerfeldzahl).

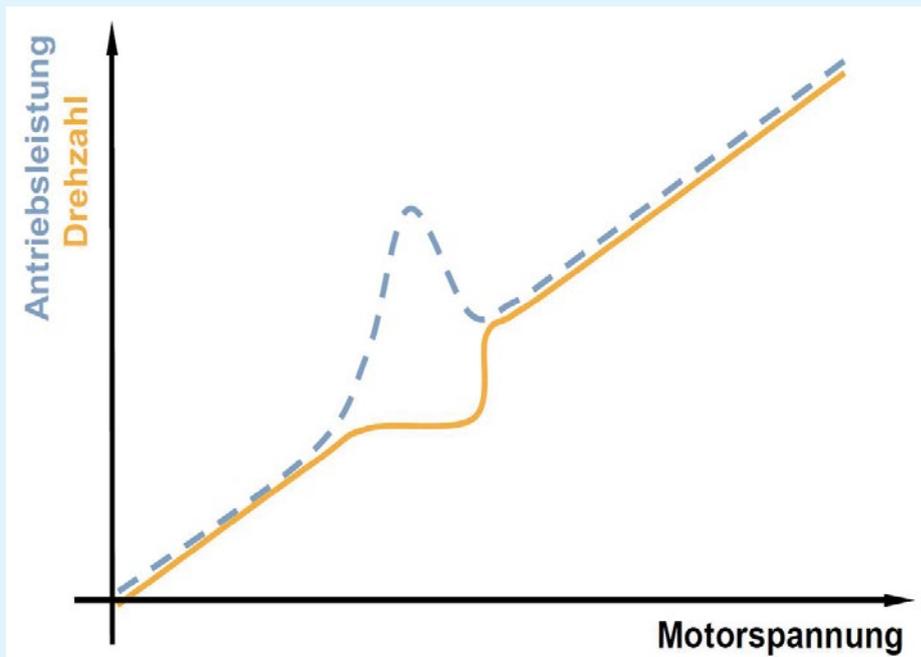
Im Jahr 1901 führte Sommerfeld einem erstaunten Fachpublikum ein kleines Experiment vor: Auf einer biegeweichen Tischplatte montierte er einen Elektromotor mit Unwucht. Diesen Motor konnte er durch einen Spannungsregler in der Drehzahl verfahren. Sommerfeld hatte die Aufstellung so gewählt, dass eine Resonanz im Anregungsbereich der Unwucht vorhanden war. Als nun die Motorspannung kontinuierlich erhöht wurde, konnte man einen besonderen Effekt beobachten (siehe Abbildung): Zunächst stiegen Drehzahl und Antriebsleistung mit der Spannung an. Im Bereich der Resonanz verharrte das System in der Drehzahl, während die Antriebsleistung überproportional anstieg. Motor und Platte begannen deutlich zu schwingen. Oberhalb der Resonanzfrequenz schien die Drehzahl sprunghaft auf ein Niveau zu wechseln, wie es ohne Resonanz erwartet werden konnte.

Der Sommerfeld-Effekt wurde von uns auch auf dem 17. Workshop Kolbenverdichter 2013 vorgeführt. Warum begeistert dieses Experiment damals wie heute die Ingenieure? Überträgt man dieses Verhalten auf eine reale technische Maschine, kann man zum einen festhalten, dass der Betrieb in einer Aufstellungsresonanz mit erhöhten mechanischen Schwingungen verbunden ist. Diese stellen eine Belastung beispielsweise für die Wellenlager dar und führen zu einem erhöhten Verschleiß. Darüber hinaus zeigt dieser Versuch deutlich, dass man das Übel erhöhter Schwingungen auch noch teuer bezahlen muss, da ein Teil der Antriebsleistung nicht in die gewünschte Rotation der Welle überführt wird, sondern der Aufrechterhaltung der Schwingung dient.

Wie deutlich dieser Nutzleistungsverlust ausfallen kann, demonstrierte eindrucksvoll ein aktuelles Projekt an einer Erdgasverdichteranlage: Ein neu errichteter Kolbenverdichter war hier auf einem Fundament aufgestellt worden, bei dem die erste Eigenfrequenz durch den Betrieb des drehzahlfesten Verdichters angeregt wurde. In der Konsequenz der erhöhten Fundamentalschwingungen wurden ganze Gebäude im Umfeld angeregt. Eine kombinierte messtechnisch-theoretische Untersuchung zeigte die Minderungsmöglichkeiten durch eine Fundamentsanierung auf. Nachdem diese abgeschlossen war, erfolgte die Bestimmung des Leistungsbedarfs des Motors vor und nach der Sanierungsmaßnahme. Bei einer Nennleistung von ca. 4,2 MW ist hier durch die Optimierung der Aufstellung ein Rückgang der erforderlichen Antriebsleistung von ca. 100 kW festgestellt worden. Auf der Grundlage von 2.000 Volllaststunden und einem angenommenen Strompreis von 150 EURO/MWh liegt der finanzielle Vorteil bei 30.000 EURO in einem Jahr.

Sollten Sie die Schwingungen am Fundament Ihrer Maschine jetzt mit anderen Augen sehen, dann rufen Sie uns gerne an.

MASCHINENDYNAMIK



Antriebsleistung und Drehzahl eines Motors mit Unwucht in Abhängigkeit der Motorspannung bei Resonanzaufstellung



Kontakt:

Dr.-Ing. Christian Jansen
Telefon: +49 5971 9710-30
c.jansen@koetter-consulting.com