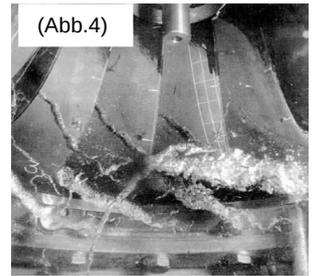
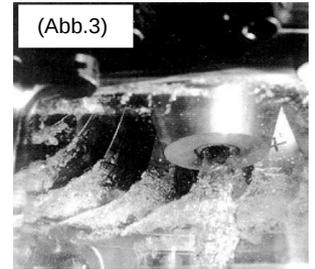
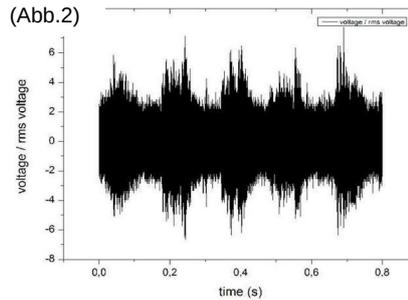
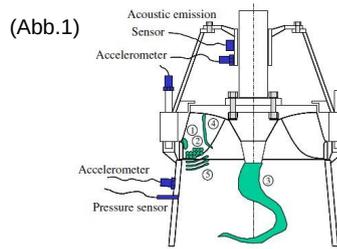


Kavitation in Turbinen

Kavitation tritt in Turbinen in vielfältigen Formen auf. Die fluidynamische Auslegung von Turbinen ist hochentwickelt. Ähnlich wie bei Pumpen gibt es eine Kennzahl, die das Einsetzen der Kavitation anzeigt. Allerdings sind die Erscheinungsformen der Kavitation an Turbinen wesentlich vielfältiger, da die Bauformen im Gegensatz zu Abwasserpumpen nicht so kompakt sind.

Ein probates Mittel zur Identifizierung von kavitierenden Strukturen sind Körperschallsensoren, die am Turbinengehäuse befestigt werden. Die Turbinenschaufel passieren die Sensorposition mit der Drehzahl.

(Abb. 1) Positionierung von AE-Sensoren. (Abb. 2) Rohdatenstream (Abtastrate 4 Msa/s). (Abb. 3 u. 4) Kavitationserscheinungen an einer Francis Testturbinen in verschiedenen Betriebspunkten.

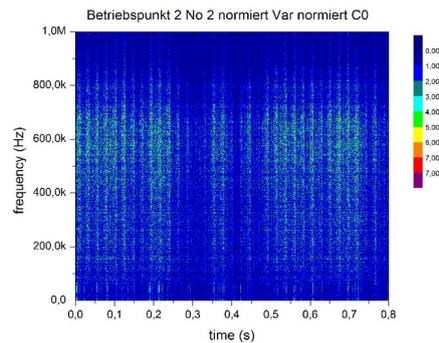


Erfassung von Kavitation mit Körperschall

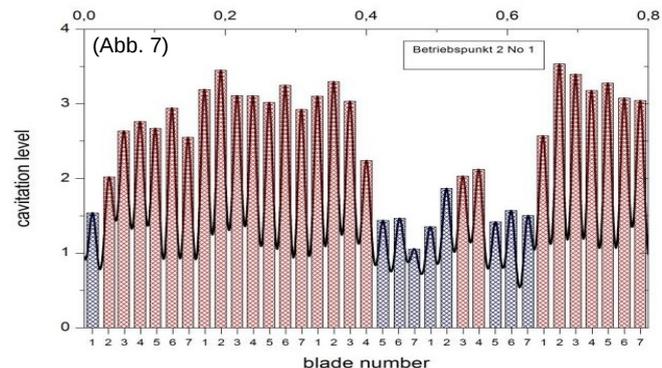
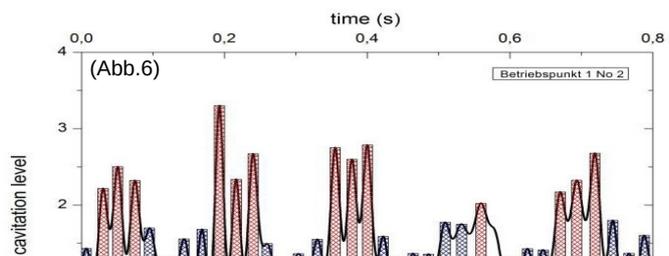
Mit Einsetzen der Kavitation kommt es zur Bildung von Kavitationsblasen an den Strömungsabrisskanten der Laufräder. Dabei bilden sich Blasenfelder, die an den Laufradschaufeln anhaften und den Sensor mit der Drehzahl frequenz passieren.

Der Sensor verfügt über eine hohe Frequenzbandbreite und Signaldynamik. Die Signale wurden mit einem Hochpassfilter (100 kHz) gefiltert, sodass ein akustisches Fenster für das durch die Blasenimplosionen entstehende hochfrequente Kavitationsrauschen entsteht. Die Daten werden im Frequenzraum ausgewertet. Abb. 5 zeigt die akustischen Schatten der an den Schaufeln anhaftenden Blasenfelder. Wenn die Kavitationsintensität steigt, wachsen die Blasenfelder zusammen.

Bis heute gibt es kein absolutes Maß für die Kavitationsintensität. Um dennoch ein relatives Maß der Kavitationsintensität zu erhalten wurden die normierten Spektrogrammdateien (Abb. 5) mathematisch bearbeitet (Faltung und Mittelung) und eine effektive Kennzahl zur relativen Quantifizierung der Kavitationsintensität gebildet. Die Unterschiede in der relativen Kavitationsintensität ist in den beiden Betriebspunkten deutlich zu erkennen.



(Abb. 5) Normiertes Spektrogramm des Zeit-signal. Deutlich erkennbar die akustischen Schatten der Turbinenschaufeln.



Kavitationsintensitätslevel an den Turbinenschaufeln in zwei verschiedenen Betriebspunkten. Abb. 6 Geringe Kavitationsneigung. Abb. 7. Hohe Kavitationsneigung.

Fazit

Das akustische Verfahren bietet die Möglichkeit, mit einem nichtinvasiven Verfahren die Kavitationsintensität in Strömungsmaschinen zu charakterisieren und damit auch im Hinblick auf die Kavitationsdynamik präzise Aussagen machen zu können. Das Verfahren eignet sich gleichermaßen für Entwicklungs- /Auslegungszwecke wie auch für das Monitoring von Turbinen im laufenden Betrieb.