

Einfluss der Propellereigenschaften auf die Wasserschallabstrahlung eines Schiffes am Beispiel des Forschungsschiffes Planet

Anton Homm

Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen – WTD 71, Akustikzentrum; 24340 Eckernförde, Deutschland, Email: AntonHomm@bwb.org

Einleitung

Das gemeinsame Forschungsschiff „Planet“ der Wehrtechnischen Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen – WTD 71, Eckernförde und der Forschungsanstalt der Bundeswehr für Wasserschall und Geophysik – FWG, Kiel, wurde speziell für die Durchführung akustischer Forschungsaufgaben und Messungen entwickelt und soll daher hohen Anforderungen an die Wasserschallabstrahlung genügen. Die Planet wurde mehrfach dynamischen Vermessungen bei der hydroakustischen Messstelle der WTD 71 in Aschau unterzogen. Dabei wurden jeweils Überläufe mit verschiedenen, durch die Prüfspezifikation vorgegebenen Fahrtzuständen gemessen. Da die geforderten Schallpegel nicht eingehalten wurden, kam es zu diversen Modifikationen an den Propellern, überwiegend an der Austrittskante (Antisingkanten) bis zu einem kompletten Neuentwurf mit hochdämpfendem Werkstoff. Die Auswirkungen der Modifikationen auf die Wasserschallabstrahlung des Schiffes werden anhand einiger ausgewählter Beispiele präsentiert.



Abbildung 1: Forschungsschiff Planet, in SWATH-Bauweise (Small Water Area Twin Hull)

Hydroakustische Messstelle Aschau

Die WTD 71 betreibt in Aschau in der Eckernförder Bucht die einzige hydroakustische Flachwassermessstelle der Bundesrepublik Deutschland. Dort sind 4 verschiedene Messplätze mit insgesamt 20 fest installierten Hydrophonen eingerichtet. Für dynamische und stationäre Vermessungen von Überwasserschiffen werden die Messplätze I und II eingesetzt. Die Hydrophone befinden sich auf einem Dreibein in ca. 20 m Wassertiefe in einem Abstand von etwa 1 m über dem Meeresgrund. In diesem Artikel werden nur die Überlaufmessungen betrachtet, weil nur hier die Eigenschaften der Propeller zum Tragen kommen.



Abbildung 2: Antisingkante mit eingefrästen „Taschen“ an der Austrittskante des Propellerflügels

Planet

Abbildung 1 zeigt die „Planet“, eins der modernsten Forschungsschiffe der Bundesrepublik Deutschland. Um Beeinträchtigungen der akustischen Forschungsarbeiten durch Seegang so weit wie möglich zu minimieren, wurde das Schiff als SWATH (Small Water Area Twin Hull) gebaut. Diese besondere Bauweise und die hohen Anforderungen an die akustische Abstrahlung des Schiffes erforderten auch ein besonderes Design der Propeller. Der Entwurf der Propeller erfolgte bei der Schiffbau Versuchsanstalt Potsdam (SVA). Bereits bei den ersten Probefahrten der Planet wurde jedoch ausgeprägtes Propellersingen (durch Strömung angeregte Resonanzschwingungen des Propellers) festgestellt. Durch eine spezielle Ausformung der Austrittskante (Antisingkante, Abb. 2) konnte dies zunächst abgestellt werden [1].

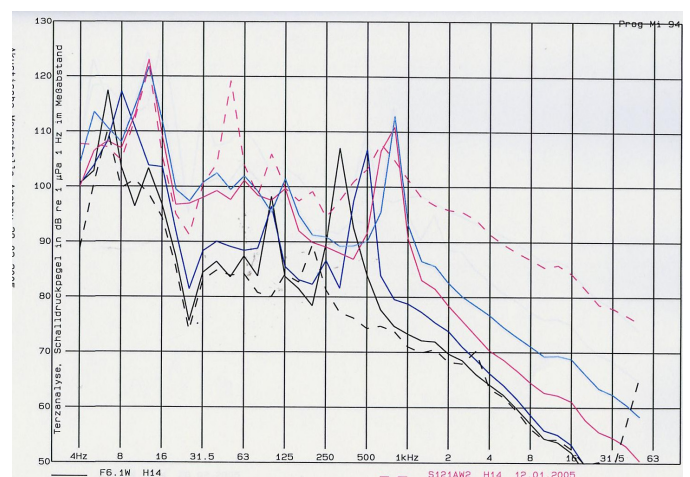


Abbildung 3: Terzspektren mit Propellersingen im Frequenzbereich zwischen 250 Hz und 1 kHz, Pegel bis zu 112 dB [re 1µPa 1 Hz 1m].

Akustische Vermessung

Die ersten dynamischen Vermessungen der Planet ließen jedoch ein anderes Problem zutage treten. Der Kavitationseinsatz lag bereits bei wesentlich niedrigerer Geschwindigkeit (8 kn) als in der Spezifikation gefordert. Erst durch weitergehende Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass die spezielle Ausformung der Antisingkante im Bereich der Flügelspitzen für die vorzeitige Kavitation verantwortlich war. Durch diverse Modifikationen an der Austrittskante gelang es zwar schließlich die vorzeitige Kavitation zu vermeiden, jedoch auf Kosten von erneutem Propellersingen. Abbildung 3 zeigt ein Terzspektrum dieser Vermessungen im Frequenzbereich von 2 Hz bis 63 kHz. Die Singfrequenzen der Propeller sind drehzahlabhängig und liegen zwischen 250 Hz und 1 kHz. Singen trat bei allen gemessenen Drehzahlen auf. Die Pegelmaxima liegen bei ca 112 dB [re 1µPa 1 Hz 1m]. Die geschilderte Problematik führte letztlich dazu, dass man sich zum Neuentwurf der Propeller entschloss und die neuen Propeller in einem anderen hochdämpfenden Material gefertigt werden, das die Wahrscheinlichkeit des Rückkopplungseffekts beim Propellersingen deutlich reduziert.

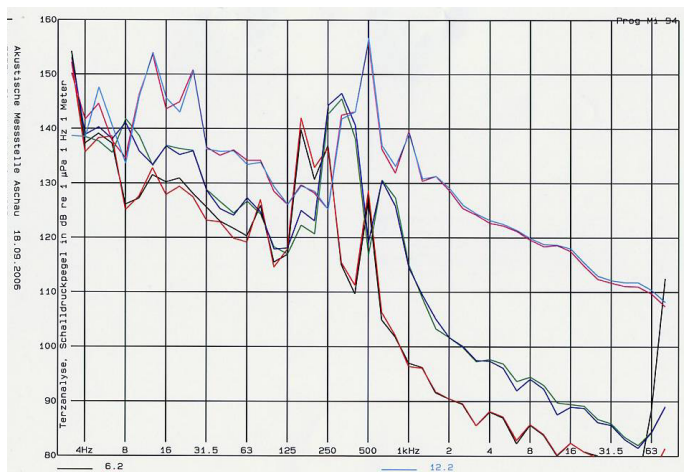


Abbildung 4: Terzspektrum der beschichteten Propeller; Propellersingen im Frequenzbereich zwischen 125 Hz und 500 Hz, Pegel bis zu 156 dB [re 1µPa 1 Hz 1m].

Beschichtung der Propeller

In einem Forschungsvorhaben der WTD 71 werden Schiffspropeller zum Schutz vor organischem Bewuchs mit einer sehr glatten Silikonbeschichtung versehen. Diese Art der Beschichtung wurde bei der SVA Potsdam am Modellpropeller der Planet auf Auswirkungen auf die Akustik untersucht. Im Laborversuch traten in erster Linie geringfügige positive Effekte hinsichtlich eines Hinauszögerns der Kavitationseinsatzgeschwindigkeit auf. Um einen zuverlässigen Vergleich von Untersuchungen im Modellmaßstab und der Großausführung zu haben, entschloss man sich, die Propeller der Planet ebenfalls zu beschichten und die akustischen Auswirkungen experimentell zu untersuchen. Abbildung 4 zeigt das

überraschende Ergebnis dieser Vermessung. Nach wie vor trat Propellersingen bei allen gefahrenen Drehzahlen in Erscheinung. Die Singfrequenzen hatten sich jedoch verschoben. Bei allen Singfrequenzen waren deutlich höhere Pegel zu beobachten. Die maximalen Pegel lagen bei bis zu 156 dB [re 1µPa 1 Hz 1m] und damit um 44 dB (!) höher als bei den Propellern ohne Beschichtung. Die Beschichtung führt also zu einer deutlichen Verstärkung des Propellersingens. Einen negativen Effekt in dieser Größenordnung hatte man nicht erwartet. Auch vor der Planet waren schon Propeller beschichtet und akustisch vermessen worden, wobei keine Verschlechterung der Akustik zu beobachten war. Das liegt vermutlich daran, dass die vorher beschichteten Propeller im gesamten untersuchten Geschwindigkeitsbereich Kavitation zeigten. Kavitation und Propellersingen treten im Allgemeinen nicht gemeinsam auf, weil durch Kavitationsblasen die Umströmung der Profile so stark gestört wird, dass die Selbsterregung der Eigenschwingungen der Propellerblätter nicht zustande kommt und damit kein Propellersingen auftreten kann.

Fazit

Das beobachtete Phänomen ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass durch die Glätte der aufgetragenen Beschichtung die turbulente Grenzschicht auf den Propellerflügeln beeinflusst wird und somit eine „Homogenisierung“ der Umströmung des Propellerblattes geschieht. Ein bereits vorhandener „Lock-in-Effekt“ zwischen Strömung und dynamischen Eigenschaften des Propellerblattes wird dadurch noch verstärkt und es kommt zu einer Verstärkung des Resonanzeffektes. Es bleibt zu klären, ob durch dieses Phänomen nur ein bereits vorhandenes Propellersingen verstärkt wird, oder ob es auch möglich ist, dass ein ursprünglich nicht singender Propeller zum Singen angeregt wird.

Literatur

- [1] Noise Problems of Ship Propellers, D. Wittekind und H. Tamminga, Workshop für physikalische Akustik, Bad Honnef, 2005
- [2] Fluid – Structure Interaction for Marine Propellers, Reinhard Schulze, Workshop für physikalische Akustik, Bad Honnef, 2005
- [3] Unstable propeller vibration, Andreas Müller, Workshop für physikalische Akustik, Bad Honnef, 2005