

WAVEosSCOPE

V 2.1

Kurzanleitung

Autor: sprut (sprut@sprut.de)

Stand: 19.05.2006

Inhalt:

1	Einleitung	2
2	Theoretische Grundlagen.....	2
2.1	Dopplereffekt.....	2
3	Vorbereitende Arbeiten	3
3.1	Tonaufzeichnung auf dem Flugplatz.....	3
3.2	Aufzeichnen einer WAV-Datei am PC	3
4	Benutzung des Programms.....	4
4.1	Laden einer WAV-Datei	4
4.2	Optionen	5
4.3	Geschwindigkeitsmessung	6
4.4	Weitergehende Analyse.....	7

Abbildungen:

Abbildung 1	Dopplereffekt	2
Abbildung 2	Windows-Audiorecorder	3
Abbildung 3	Programmfenster.....	4
Abbildung 4	Laden einer WAV-Datei.....	5
Abbildung 5	Darstellung mit Standardauflösung	5
Abbildung 7	Geschwindigkeitsmessung.....	7

1 Einleitung

Das Programm WAVEosSCOPE dient der Messung der Fluggeschwindigkeit von Modellflugzeugen mit Propellerantrieb. Dabei benutzt es den Dopplereffekt, dem die Schallwellen eines Modellflugzeugs im Vorbeiflug unterliegen.

Das Programm wurde von mir in einem ZIP-Archiv mit dem Namen SCOPE.ZIP gepackt, das folgende Dateien enthält:

- WOS21.EXE - die aktuelle Programmdatei
- MIG_29_1.WAV - eine Beispieldatei
- PAMPA.WAV - noch eine Beispieldatei
- Waveosscope21.pdf - diese Dokumentation

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Dopplereffekt

Aus der täglichen Erfahrung ist jedem bekannt, daß sich der Ton eines schnellen Autos oder eines vorbeifliegenden Modellflugzeugs verändert, wenn es an einem vorbeifährt oder vorbeifliegt. Die Ursache ist der Dopplereffekt, der den Ton eines jeden bewegten Objektes verändert.

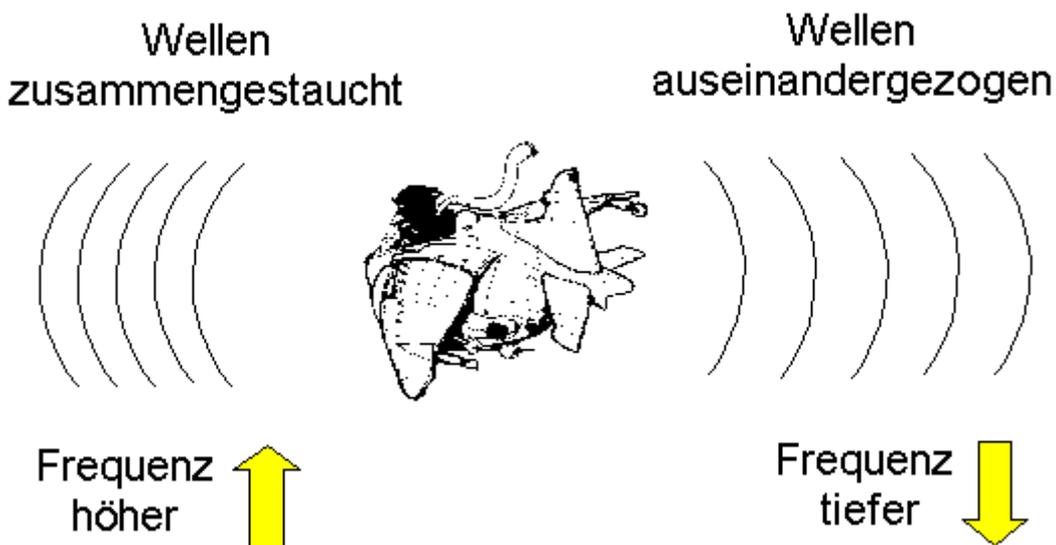


Abbildung 1 Dopplereffekt

Verursacht wird der Dopplereffekt dadurch, daß sich die Schallwellen mit einer begrenzten Geschwindigkeit durch die Luft bewegen. Bewegt sich nun auch die Schallquelle durch die Luft, so werden vor der Schallquelle die Schallwellen zusammengestaucht, was zu einem höheren Ton führt – hinter der Schallquelle werden die Wellen dagegen auseinandergezogen, was in einem tieferen Ton resultiert. Diese Tonhöhenveränderung nennt man Dopplerverschiebung.

Die Dopplerverschiebung kann man aus der Geschwindigkeit der Schallwellen, der Geschwindigkeit der Schallquelle und der Originaltonhöhe errechnen. Umgekehrt kann man die Geschwindigkeit einer Schallquelle errechnen, wenn man die Geschwindigkeit der Schallwellen in der Luft und die Dopplerverschiebung kennt.

Die Geschwindigkeit der Schallwellen in der Luft ist etwa 1300 km/h bei 15°C und steigt bzw. fällt etwas mit der Lufttemperatur. Die Dopplerverschiebung kann man ermitteln, wenn man den Ton eines sich annähernden Modellflugzeugs mit dem Ton des wegfliegenden Modellflugzeugs vergleicht. Die Differenz zwischen den beiden Tönen ist genau die doppelte Dopplerverschiebung.

WAVEosSCOPE analysiert den Frequenzverlauf bei einem Modellflugzeugvorbeiflug mit Hilfe einer FFT, und errechnet daraus die Geschwindigkeit des Modells. Dazu muß der Ton eines Modells beim Vorbeiflug aufgezeichnet werden, am besten mit einem Camcorder.

Die lauteste Schallquelle am Flugzeug ist der Motor bzw. der Propeller. Diese Schallquelle muß während der Tonaufzeichnung einen gleichbleibenden Ton erzeugen. Ansonsten wird die Messung verfälscht. Deshalb muß die Messung während eines Vorbeiflugs in konstanter Höhe und mit konstanter Motorleistung (Vollgas) erfolgen. Ein Anstechen vor dem Meßpunkt (Standort des Camcorders) oder ein Hochziehen hinter dem Meßpunkt täuschen eine zu hohe Geschwindigkeit vor, da der Motor beim Anstechen schneller als beim Hochziehen dreht. Solche Manipulationen lassen sich bei der späteren Analyse übrigens gut erkennen.

3 Vorbereitende Arbeiten

3.1 Tonaufzeichnung auf dem Flugplatz

Zur Tonaufzeichnung auf dem Flugplatz eignet sich am Besten ein Camcorder. Mit dem auszumessenden Flugmodell wird ein sauberer Vorbeiflug am Camcorderbediener durchgeführt. Das aufgezeichnete Ergebnis ist um so genauer, je dichter man dabei am Camcorder vorbeifliegt. Auf einen ausreichenden Sicherheitsabstand sollte man aber achten, ca. 15 Meter Abstand sind dicht genug.

Wichtig ist, daß der Vorbeiflug mit konstanter Motordrehzahl und konstanter Geschwindigkeit durchgeführt wird. Also sollte man bei maximaler Motordrehzahl in gleichbleibender Höhe fliegen. Ein „Anstechen“ vor dem Camcorder und ein sofortiges Hochziehen hinter dem Camcorder verfälschen die Messung. Ein solcher Fehler wird auf dem Camcorder dokumentiert und kann auch später noch erkannt werden.

Der Camcorderbediener nimmt den Vorbeiflug mit dem Camcorder auf.

3.2 Aufzeichnen einer WAV-Datei am PC

Der Audioausgang des Camcorders wird mit dem „line in“-Eingang der Soundkarte des Computers verbunden.

Der zu Windows gehörende Audio-Recorder wird gestartet, und vom Vorbeiflug ein maximal 10 Sekunden langes Tonstück aufgenommen.



Abbildung 2 Windows-Audiorecorder

Sollte trotz laufendem Camcorder nur „Stille“ aufzunehmen sein, muß im Audiomixer von Windows der „line in“ Eingang als Signalquelle für Aufnahmen ausgewählt werden.

Das aufgezeichnete Soundstück wird als WAV-Datei gespeichert. Im ‚Datei-Speichern‘-Fenster des Audiorecorders ist dabei das ‚Format‘ festzulegen: hier genügt ‚Telefonqualität‘.

4 Benutzung des Programms

Das Programm WAVEosSCOPE meldet sich beim Programmstart mit folgendem Fenster:

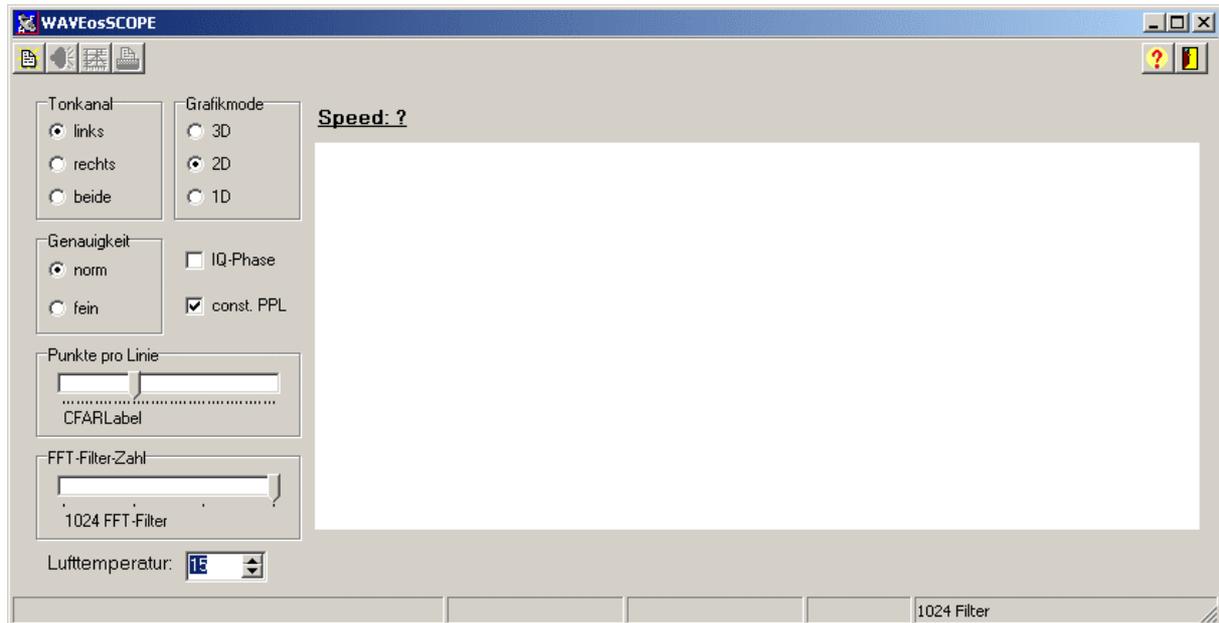


Abbildung 3 Programmfenster

Die obere Bildleiste stellt folgende Funktionen zur Verfügung:

1. Laden einer WAV-Datei
2. Abhören der geladenen WAV-Datei
3. grafische Ausgabe
4. Drucken des Programmfensters
- ...
5. Programm-Info
6. Ende

Die Funktionen 2, 3 und 4 stehen erst nach dem Laden einer Wav-Datei zur Verfügung.

Unterhalb des freien Mittelfeldes kann die Lufttemperatur eingestellt werden, die bei der Aufnahme herrschte. Es wird standardmäßig eine Temperatur von 15°C angenommen. Sollte die wirkliche Temperatur stark (>10°C) davon abgewichen haben, sollte man diesen Wert entsprechend ändern.

4.1 Laden einer WAV-Datei

Zunächst ist das zu analysierende WAV-File zu laden. Das Programm verlangt schon beim Programmstart ein WAV-File, man kann aber auch später jederzeit ein neues WAV-File laden.

Dazu klickt man das „WAV-File laden“ Bildchen an, und es öffnet sich folgendes Dialog Fenster.

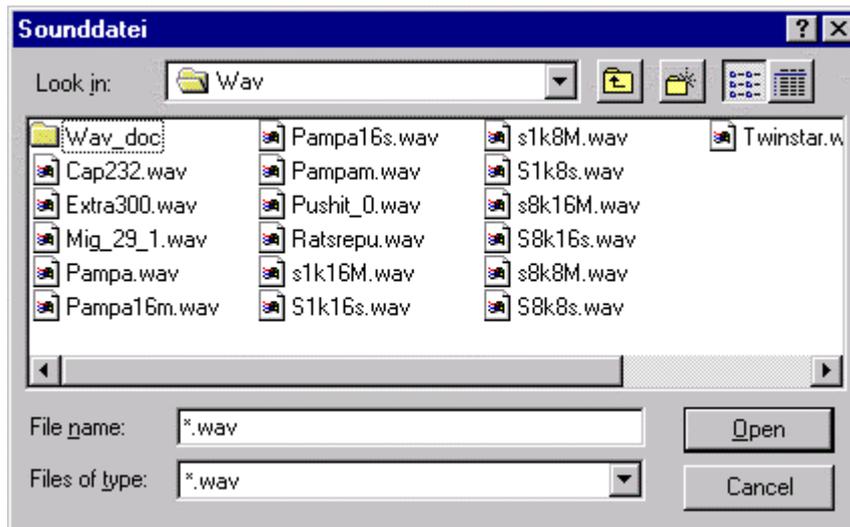


Abbildung 4 Laden einer WAV-Datei

Man wählt das zu analysierende File aus, und klickt dann auf öffnen. Das Fenster schließt sich, und im Programmhauptfenster wird automatisch eine erste Analyse der Datei angezeigt:

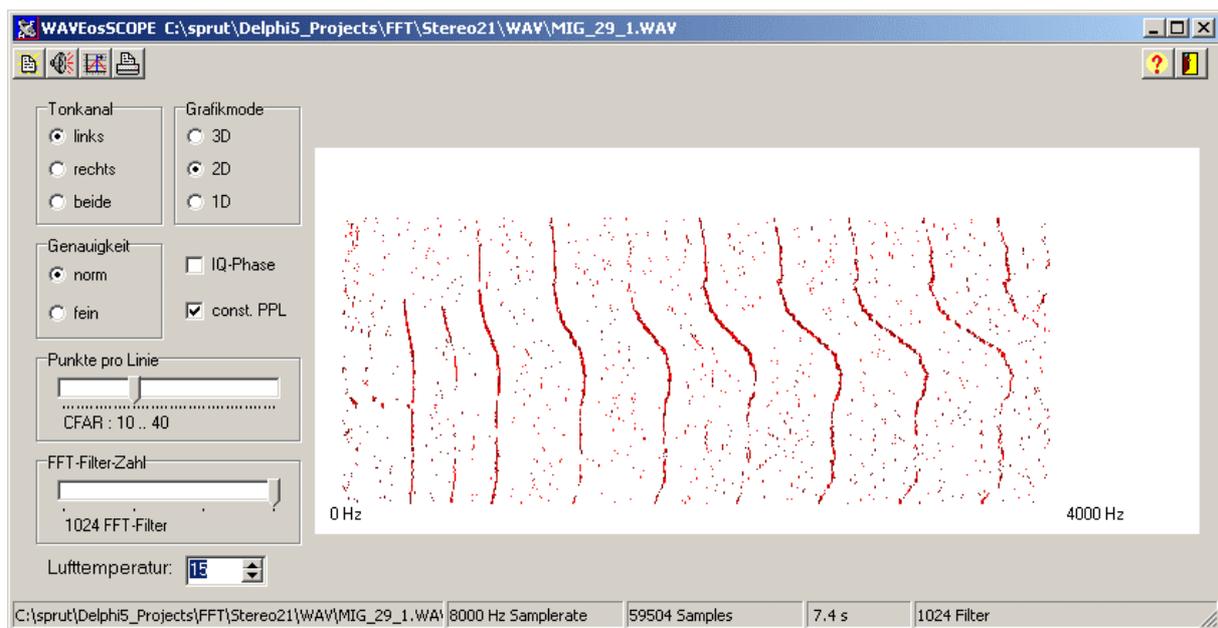


Abbildung 5 Darstellung mit Standardauflösung

Die Schlangenlinien sind ein Ergebnis des Dopplereffekts beim Vorbeiflug des Modells am Mikrofon.

An der Unterkante des Programmfensters werden Eigenschaften der WAV-Datei und die Auflösung des verwendeten Analyseverfahrens (1024 Filter) angezeigt.

4.2 Optionen

Am linken Rand des Programmfensters lassen sich verschiedene Einstellungen vornehmen.

Tonkanal:

Wenn eine Stereo-WAV-Datei verwendet wird, kann man wahlweise den rechten (in rot), den linken (in grün) oder beide Tonkanäle darstellen. Die Darstellung beider Kanäle ist hilfreich, wenn beide Mikrofone mit einem großen Abstand entlang der Flugstrecke aufgestellt wurden, und nacheinander überflogen wurden.

Grafikmode:

Das Frequenzspektrum kann dreidimensional (Wasserfall), zweidimensional (wie auf der Abbildung) oder eindimensional dargestellt werden. Für die Geschwindigkeitsbestimmung ist nur die 2-simensionale Darstellung geeignet.

Genauigkeit:

Das Frequenzspektrum kann genau (norm) oder ganz genau (fein) berechnet werden, was sich ein wenig in der Geschwindigkeit niederschlägt. Die Unterschiede sind aber nicht groß, und die norm-Einstellung ist meistens ausreichend.

IQ-Phase:

In der Grafik wird zusätzlich die Phasenlage des Signals als Farbinformation benutzt. Das ist nur eine Spielerei, und bringt in der Praxis nicht viel.

Const. PP:

Dieser Schalter steuert die grafische Darstellung, insbesondere, wie gut die Frequenzlinien zu erkennen sind.

Ist der Schalter aktiviert, dann versucht die Software in der Frequenzgrafik die Anzahl der farbigen Punkte in jeder Zeile der Frequenzgrafik in etwa konstant zu halten. Das entspricht einer schnellen post-FFT-Verstärkungsregelung. Wieviel Punkte pro Linie (PPL) sichtbar sein sollen wird am darunter liegenden Schieberegler eingestellt. Der Standardwert (10..40) hat sich als praktikabel erwiesen.

Ist der Schalter deaktiviert, dann wird ein einfacher Schwellwert verwendet, und nur starke Signale darzustellen. Die Höhe des Schwellwertes kann am darunter liegenden Schieberegler eingestellt werden.

FFT-Filter-Zahl

Hier wird die Anzahl der in der Grafik verwendeten Frequenzfilter eingestellt. (128 ... 1024). Für ein scharfes Bild sollten immer die 1024 Filter verwendet werden.

4.3 Geschwindigkeitsmessung

Man wählt eine Schlangenlinie aus, die gut zu erkennen ist, und die sich möglichst weit rechts im Grafikfenster befindet.

Mit der linken Maustaste wird ein Punkt im linken, oberen Teil der Schlangenlinie angeklickt und mit der rechten Maustaste ein Punkt auf dem rechten unteren Teil der Schlangenlinie.

Die Punkte werden vom Programm mit einer grünen bzw. roten Linie gekennzeichnet. Das Programm ermittelt die Fluggeschwindigkeit, und schreibt sie über das Grafikfenster. Hinter dem errechneten Wert erscheint die systembedingte Meßungenauigkeit.

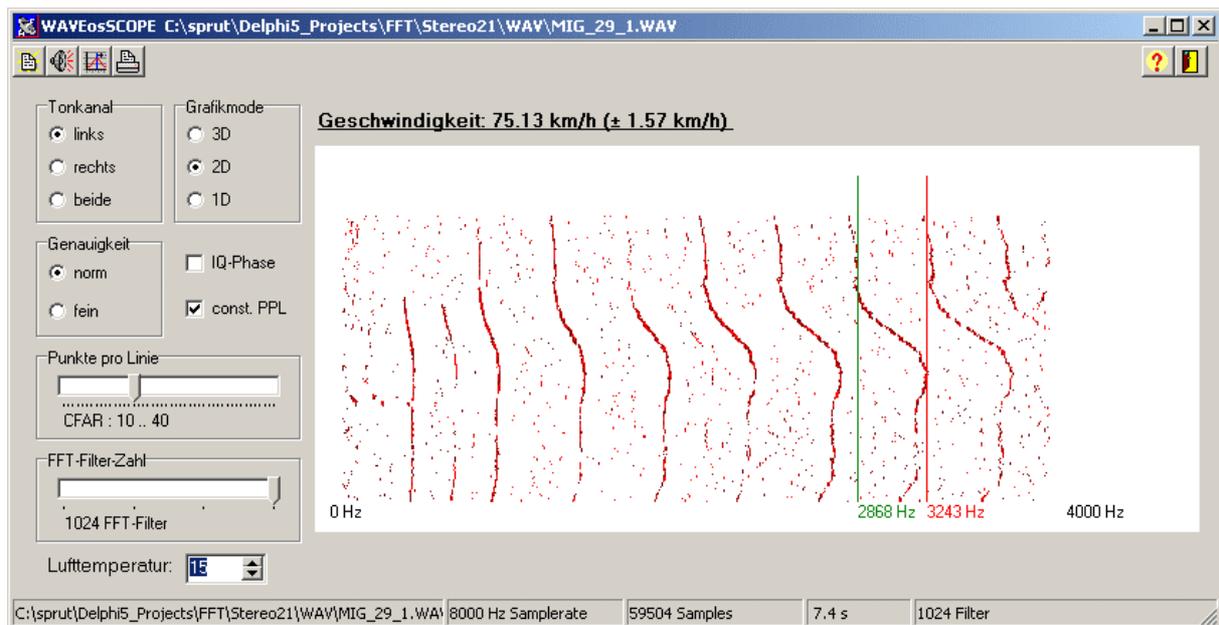


Abbildung 6 Geschwindigkeitsmessung

4.4 Weitergehende Analyse

Ein idealer Vorbeiflug beginnt am unteren Grafikrand mit einer senkrechten Linie, die dann in der Bildmitte nach links schwenkt um oben wieder gerade weiterzulaufen. Der untere Linienteil ist der Anflug, der Schwenk ist der Vorbeiflug und der obere Linienteil der Wegflug. Schwankungen in den oberen und unteren Linienteilen deuten einen ungleichmäßigen Flug an. In der Abbildung 6 erkennt man am unteren Grafikrand, daß die Linien von links kommen. Hier wurde also vor dem Vorbeiflug die Tonlage erhöht. Das ist wahrscheinlich der Zeitpunkt, an dem der Modellpilot die Motordrehzahl auf Maximum erhöht hat. So einen Zappler muß man bei der Auswertung ignorieren.

Es fällt auf, das in der grafischen Darstellung mehrere Linien mit nach links ständig zunehmenden Abständen und mit immer stärker ausgeprägtem Profil angezeigt werden. Das ist normalerweise die Frequenz des Motors oder des Propellers und ganze Vielfache dieser Frequenz. Bei einem getriebelosen Direktantrieb ist die Propellerfrequenz ein ganzes Vielfache der Motorfrequenz, deshalb fallen Motor und Propellerfrequenzen zusammen.

Ein schneller Motor dreht unter Last 15000 UPM das entspricht einer Frequenz von 250 Hz. Ein daran direkt befestigter Zweiblattpropeller erzeugt 500 Hz. Die meisten Motoren und Luftschrauben sind noch langsamer und erzeugen tiefere Grundtöne. Eine Analyse der Frequenzen bis zu 2000 Hz oder 4000 Hz ist also völlig ausreichend. WAVEosSCOPE analysiert immer bis zur halben Samplefrequenz der WAV-Datei. Deshalb ist eine Samplefrequenz von 8000 Hz bei der Aufzeichnung mit dem Windows-Audiorecorder (Telefonqualität) völlig ausreichend.