

# **VSpectrum**

## **V1.56**

### **Kurzanleitung**

Autor: sprut (sprut@sprut.de)

Stand: 30.04.2004

#### **Inhalt:**

---

1	Einleitung .....	2
2	Theoretische Grundlagen.....	2
2.1	Dopplereffekt.....	2
3	Vorbereitende Arbeiten .....	3
3.1	Live mit dem Laptop auf dem Flugplatz .....	3
3.2	Analyse eines Videobandes zu hause .....	3
4	Benutzung des Programms.....	3
4.1	Start der Messung.....	4
4.2	Geschwindigkeitsmessung .....	5
4.3	Weitergehende Analyse .....	5

---

#### **Abbildungen:**

---

Abbildung 1	Dopplereffekt .....	2
Abbildung 2	Programmfenster.....	4
Abbildung 3	Darstellung des Sounds .....	5

---

# 1 Einleitung

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

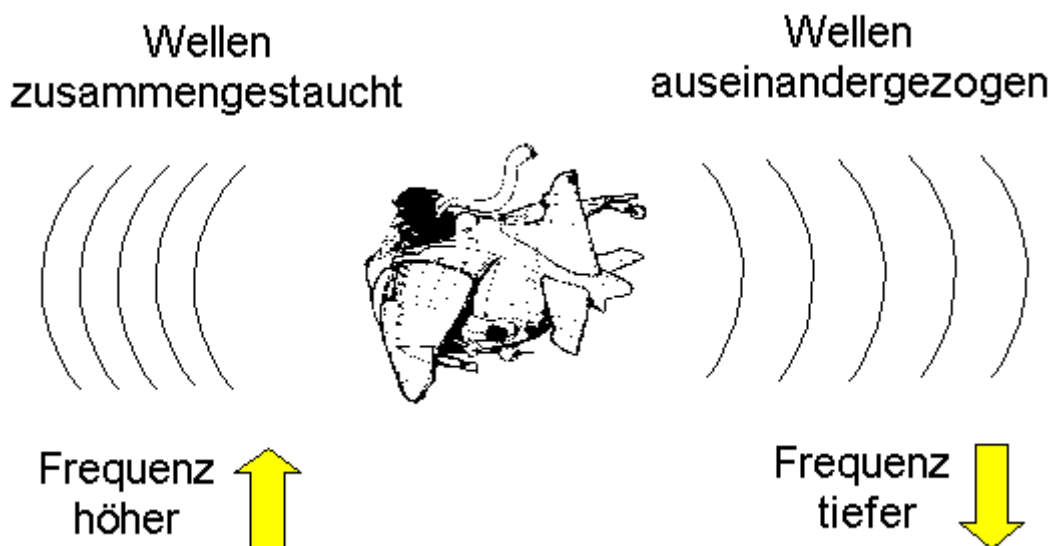
Das Programm wurde von mir in einem ZIP-Archiv mit dem namen VSPECTRUM.ZIP gepackt, das folgende Dateien enthält:

- SA156.EXE - die Programmdatei
- Vspec156.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.

VSpectrum analysiert live den Frequenzverlauf bei einem Modellflugzeugvorbeiflug mit Hilfe einer FFT, und errechnet daraus die Geschwindigkeit des Modells. Dazu muß der Ton eines Modells beim Vorbeiflug mit einem Mikrofon aufgenommen und dem PC/Laptop zugeführt werden.

Genauso gut kann der Audioausgang eines Camcorders mit dem heimischen PC verbunden werden, um die Geschwindigkeit eines Modellflugzeuges auf einer Video-Aufnahme zu messen.

### **3 Vorbereitende Arbeiten**

Egal ob man live oder mit aufgezeichnetem Sound arbeitet, eine gute Aufnahme ist wichtig.

Mit dem auszumessenden Flugmodell wird ein sauberer Vorbeiflug am Mikrofon-/Camcorder durchgeführt. Das Messergebnis wird um so genauer sein, je dichter man dabei am Mikrofon/Camcorder vorbeifliegt. Auf einen ausreichenden Sicherheitsabstand sollte man aber achten, ca. 15 Meter Abstand ist dicht genug.

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 Mikrofons/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.

#### **3.1 Live mit dem Laptop auf dem Flugplatz**

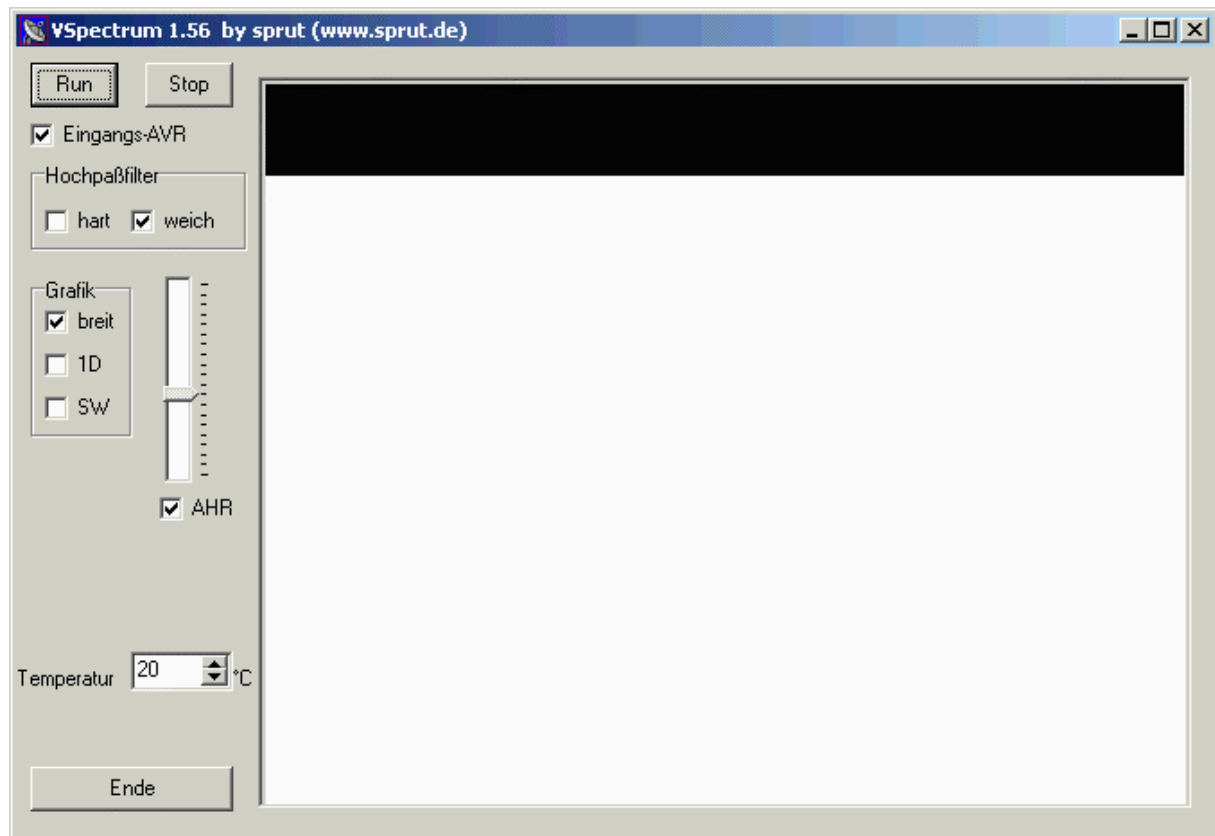
Da die Qualität interner Laptopmikrofone zu wünschen übrig lässt, empfehle ich ein gutes externes Mikrofon an den Computer anzuschließen. Das Mikrofon ist als Aufnahmequelle einzustellen. Im Audiomixer von Windows muss der „microphone“ Eingang als Signalquelle für Aufnahmen ausgewählt werden.

#### **3.2 Analyse eines Videobandes zu hause**

Der Audioausgang des Camcorders wird mit dem „line in“-Eingang der Soundkarte des Computers verbunden. Im Audiomixer von Windows muss der „line in“ Eingang als Signalquelle für Aufnahmen ausgewählt werden.

### **4 Benutzung des Programms**

Das Programm VSpectrum meldet sich beim Programmstart mit folgendem Fenster:



**Abbildung 2 Programmfenster**

Die Optionen sind für die meisten Situationen optimal voreingestellt. Die verschiedenen Optionen bedeuten:

Eingangs-AVR : Automatische Verstärkungsregelung des analogen Eingangssignals.

Hochpassfilter – hart : Abschneiden tiefer Frequenzen

Hochpassfilter – weich : Abschwächen tiefer Frequenzen

Grafik breit : breite grafische Darstellung

Grafik 1D : grafische Darstellung wie im Spektrumanalysator

Grafik SW : Grafik mit übertriebenem Kontrast

AHR : automatische Helligkeitsregelung der Grafik

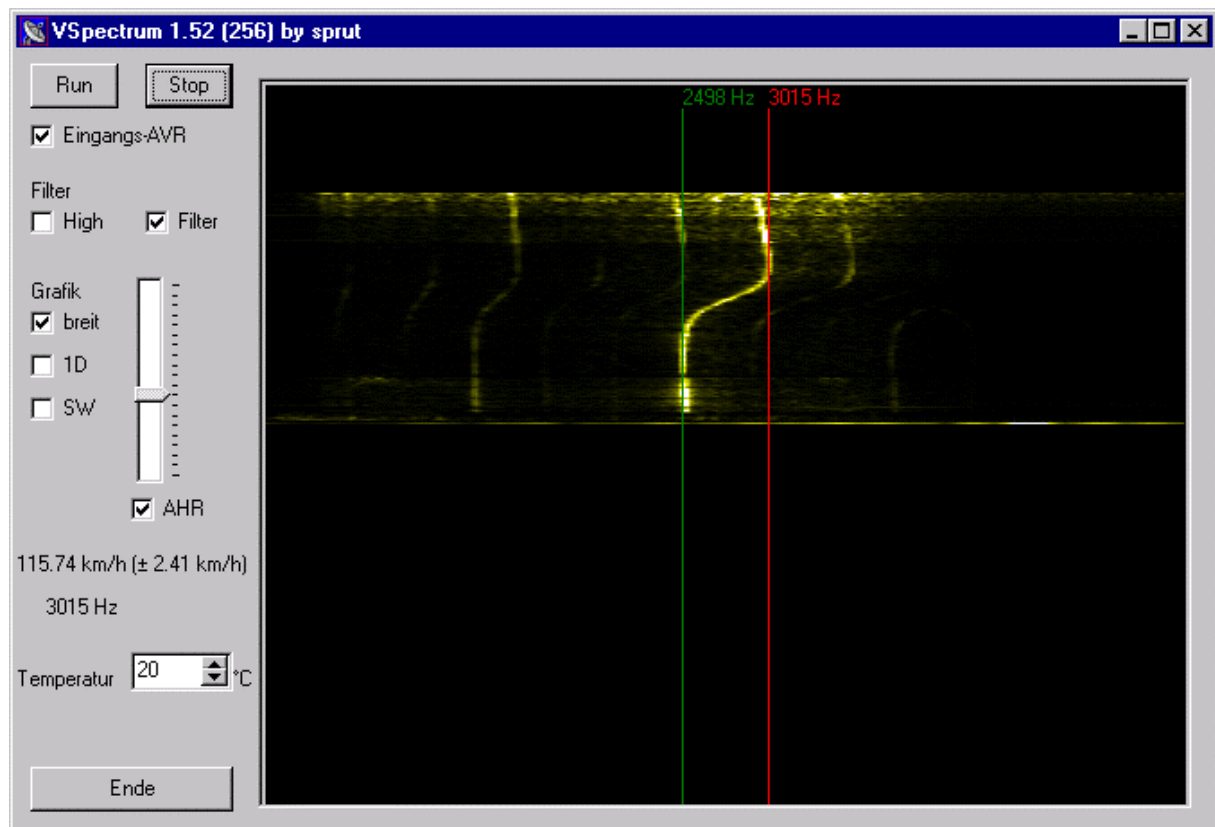
Unten kann die Lufttemperatur eingestellt werden, die bei der Aufnahme herrscht(e). Es wird standardmäßig eine Temperatur von 20°C angenommen. Sollte die wirkliche Temperatur stark (>10°C) davon abgewichen haben, sollte man diesen Wert entsprechend ändern.

#### **4.1 Start der Messung**

Nach einem Klick auf den RUN-Knopf startet das Programm die Analyse des im PC eintreffenden Sounds. Dabei wird ca. 20 mal pro Sekunde der Ton nach den in ihm vorhandenen Frequenzen analysiert, und das Ergebnis als horizontale Linie in die Grafik geschrieben. Der Pegel niedriger Frequenzen steht links in der Grafik, hohe Frequenzen stehen rechts. Je lauter eine Frequenz vorkommt, desto heller wird sie dargestellt.

Die nacheinander vorgenommenen Messungen werden in der Grafik untereinander angeordnet, so dass das Grafikfenster innerhalb weniger Sekunden gefüllt ist, danach beginnt das Programm das Fenster wieder von oben nach unten zu überschreiben.

Ein Klick auf den Stop-Knopf beenden die Aufzeichnung.



**Abbildung 3 Darstellung des Sounds**

Die Abbildung zeigt eine Grafik, die beim Vorbeiflug eines Modellflugzeuges aufgenommen wurde. (Die roten und grünen Markierungen kommen erst später hinzu.)

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

## 4.2 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 Teil der Schlangenlinie angeklickt und mit der rechten Maustaste ein Punkt auf dem rechten Teil der Schlangenlinie.

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

## 4.3 Weitergehende Analyse

Ein idealer Vorbeiflug beginnt am oberen Grafikrand mit einer senkrechten Linie, die dann in der Bildmitte nach links schwenkt um unten wieder gerade weiterzulaufen. Der obere Linienteil ist der Anflug, der Schwenk ist der Vorbeiflug und der untere Linienteil der Wegflug. Schwankungen in den oberen und unteren Linienteilen deuten einen ungleichmäßigen Flug an.

Oft sieht man in der grafischen Darstellung mehrere Linien mit nach links ständig abnehmenden 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.