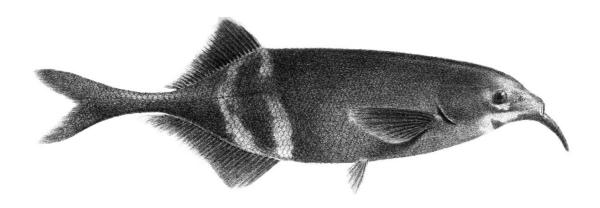
Der Unterwassersensor



Eine Schüler-experimentieren-Arbeit

von Mattis Deisen

2011

St. Michael-Gymnasium Bad Münstereifel

Der Unterwassersensor

Gliederung:

- 1.Kurzfassung
- 2.Idee und Zielsetzung
- 3. Versuchsreihe
 - 3.1 Veränderung der Rechtecksignale
 - 3.2 Theorie
- 4. Der DTW-Erkenner "fbdtw"
 - 4.1 Vorgehensweise
 - 4.2 Versuchsreihe mit dem Programm
- 5. Ein neuer Anfang
- 6. Ausblick
- 7. Literaturliste

1. Kurzfassung:

Es gibt Fische, die können sich mithilfe eines selbsterzeugten elektrischen Feldes nachts und auch in trübem Wasser orientieren und Beute aufspüren. Mit ihren elektrischen Signalen können sie also lebende von nicht belebter Materie zu unterscheiden. Da stellte sich mir die Frage, wie kann das Gehirn der Fische die verschiedenen Signale unterscheiden?

So versuchte ich einen Sensor zu bauen, der das Ortungssystem dieser Fische nachahmen und automatisieren kann. Um zu erkennen welcher Gegenstand sich im Wasser befindet, gab ich ein bekanntes elektrisches Signal ins Wasser und versuchte mit einem Spracherkennungsprogramm über die jeweilige Signalveränderung den Gegenstand im Wasser zu erkennen. Nach zahlreichen Fehlversuchen ist mir dies für einige Stoffe gelungen. Ich habe zwar keine 100-prozentige Trefferquote, aber ich kann nun davon ausgehen, dass ich die Testobjekte mit einer 90-prozentigen Wahrscheinlichkeit richtig identifizieren kann.

2. Idee und Zielsetzung

Am Tag der offenen Tür befand sich in unserer Schule ein lustig aussehender, jedoch beeindruckender Fisch: Der Elefantenrüsselfisch.

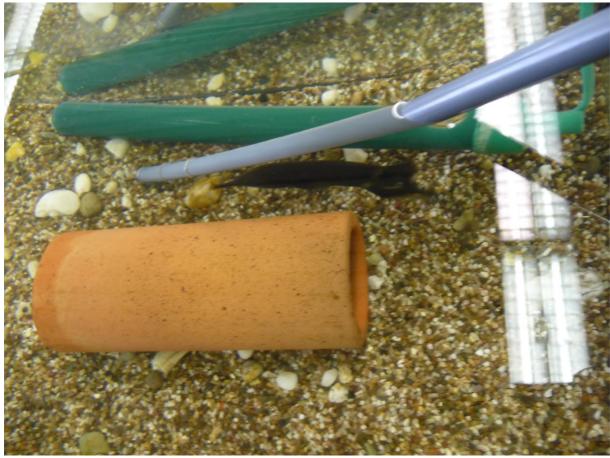


Abb. 1: Elefantenrüsselfisch

Die Besonderheiten dieses Fisches sind erstens ein elektrisches Organ und zweitens ein besonders stark ausgeprägtes Kleinhirn. Diese beiden Eigentümlichkeiten ermöglichen es dem Fisch Stoffe mithilfe eines elektrischen Signals zu unterscheiden. Sofort lieh ich mir einen iPod Touch und begann damit, die Signale aufzuzeichnen.

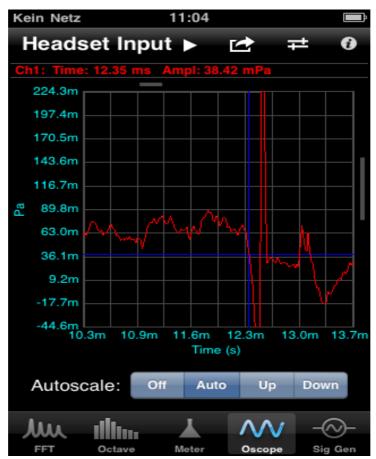


Abb. 2: Das Signal des Elefantenrüsselfisches aufgenommen mit einen iPod Touch

Da stellte sich mir die Frage: Wie kann der Fisch die Signale analysieren und unterscheiden?

Mein Ziel war es nun, ein Programm zu schreiben, welches mehrere verschiedene elektrische Unterwassersignale unterscheiden kann. Dieses Programm sollte sich dann auf einem Chip speichern lassen. Sprich, ich wollte das Gehirn des Fisches ersetzen.

Damit stand ich vor einem großen Problem. Ich musste ein Spracherkennungsprogramm schreiben um die Signale unterscheiden zu können.

3. Versuchsreihe

Um dieses Ziel zu erreichen, musste ich erst einmal beobachten, wie sich ein bekanntes Signal im Wasser verändert, wenn man unterschiedliche Materialien in den Wirkungsbereich des elektrischen Feldes hält.



Hierzu erstellte ich den in Abbildung 3 gezeigten Versuchsaufbau.

Abb. 3: Versuchsaufbau

Auf der linken Seite ist ein Signalgenerator. Dieser gibt über zwei Elektroden ein Rechtecksignal ins Wasser. Dann wird das Signal über zwei weitere Elektroden wieder aufgenommen. Ein Oszilloskop bildet das Signal ab, nachdem das Signal durch das Wasser geleitet wurde.

3.1 Veränderung der Rechtecksignale

Versuch 1:

Ich gab ein Rechtecksignal ins Wasser und beobachtete mit dem Oszilloskop, wie es sich veränderte. Bei diesem Versuch war kein Objekt zwischen den Sende- und Empfangselektroden. So veränderte sich das Rechtecksignal nur unbedeutend (siehe Abb. 4).

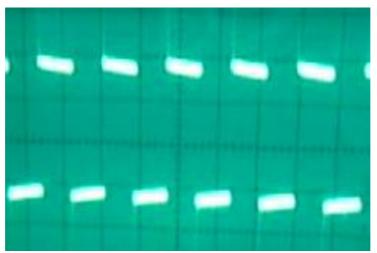


Abb. 4: Versuch 1 zeigt ein unverändertes Rechtecksignal

Versuch 2:

Hielt ich jedoch meine Hand in das Wasserbecken, so bog sich das Rechtecksignal nach unten, bzw. in den unteren Bereichen nach oben.

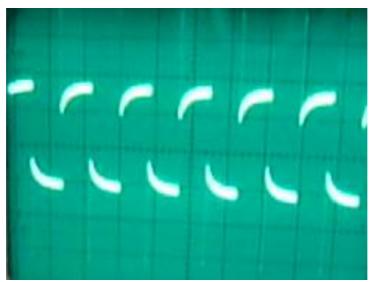


Abb. 5: Versuch 2 zeigt ein verändertes Rechtecksignal, nachdem ich meine Hand ins Wasser gehalten habe.

3.2 Theorie

Meine Überlegung ist, dass die Rechtecksignale sich aufgrund der Zellreaktion in meiner Hand bogen. Dies funktioniert meines Erachtens nur bei lebenden Zellen. Danach versuchte ich diese Theorie zu festigen, indem ich dasselbe mit einem Stück Schweinefleisch probierte. Und tatsächlich bog sich das Signal nicht. Dies lässt vermuten, dass meine Theorie richtig ist.

Wenn ich davon ausgehe, dass meine Theorie richtig ist, kann ich einen Sensor für Lebendmaterie entwickeln. Nun musste ich eine Möglichkeit finden die Signale zu unterscheiden.

4. Der DTW-Erkenner "fbdtw"

Mein großes Problem war es aber, dass die Signaländerungen zwar ähnlich aber nicht immer genau gleich waren. Mit einfachen Programmen lässt sich dieses Problem nicht lösen. Ich brauchte ein Unterwasserspracherkennungsprogramm! Im Rahmen meiner Programmierfähigkeiten sah ich mich noch nicht in der Lage so ein Programm selber zu schreiben. Deshalb war ich sehr froh als ich nach langem Suchen im Internet das Opensource-Programm "fbdtw" fand. Dieses Programm zeichnet Signale auf und bildet sie als Welle ab. Zudem kann es Signale, die ich ihm vorher beibringe, wiedererkennen.

Ein weiterer Vorteil dieses Programms ist, dass es in Java geschrieben ist und dass ich eigene Java-Klassen hinzufügen kann.

Das Programm basiert wie alle guten Spracherkennungsprogramme auf einem neuronalen Netz.

4.1 Funktionsweise von "fbdtw"

Dem Programm "fbdtw" kann ich Wörter und Signale beibringen, indem ich zuerst den Begriff benenne und dann das zugehörige Signal aufzeichne. Als Beispiel siehe Abbildung 6.

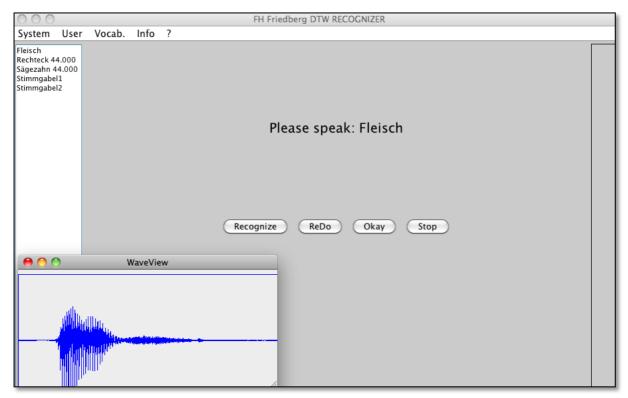


Abb. 6: So wird ein Wort "gelernt"

Wenn ich mit der Aufzeichnung des Wortes zufrieden bin, kann ich es annehmen und das Wort ist "gelernt".

Wenn man ein Signal aufzeichnet, zeigt das Programm alle schon gelernten Signale und schreibt dazu, wie groß die Übereinstimmung mit dem aufgezeichnetem Signal ist. (siehe Abb.7)

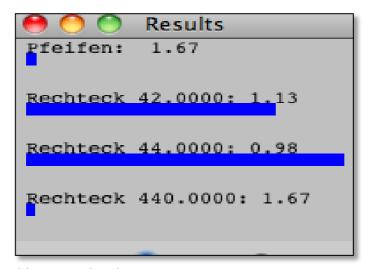


Abb.7: Signalanalyse

In einem weiteren Fenster wird das eingegebene Signal als Welle abgebildet. (siehe Abb.8)

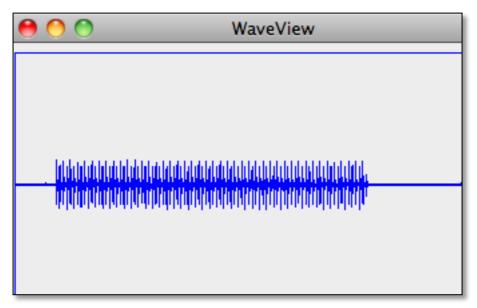


Abb. 8: aufgezeichnete Welle

Im Hauptfenster wird das Ergebnis der Analyse abgebildet (siehe Abb. 9).

Ich habe ein 44.000 Hz Rechtecksignal über einen Lautsprecher ausgegeben und mit dem Mikrophon aufgezeichnet. Natürlich kann weder ein Lautsprecher ein 44 kHz Rechtecksignal sauber ausgeben noch kann ein normales Mikrophon es sauber aufnehmen. Trotzdem konnte das Programm das Signal richtig erkennen. Nachdem es ein Signal erkannt hat, zeichnet es die Welle auf und zeigt das Ergebnis (siehe Abb. 9).

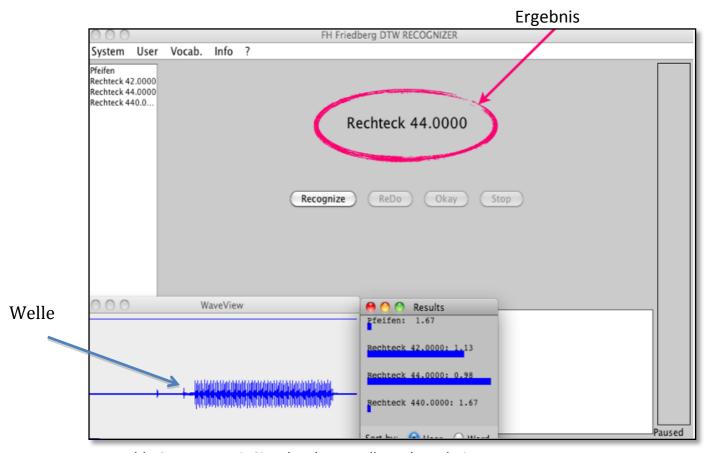


Abb. 9: Fenster mit Signalanalyse, Welle und Ergebnis

Meine Hoffnung ist, dass ich mithilfe dieses Systems viele leicht veränderte Rechtecksignale unterscheiden könnte.

Das Problem bei dieser Sache ist, dass nur wenige Stoffe ein Rechtecksignal stark genug verändern, um dem Programm einen eindeutigen Anhaltspunkt zu geben.

4.1 Vorgehensweise

Ich werde versuchen, dem Programm veränderte Rechtecksignale beizubringen und ihnen Namen zu geben (z.B. ein mit Fleisch verändertes Rechtecksignal einzugeben und ihm den Namen "Fleisch" zu geben).

Gebe ich nachher ein Live-Signal in das Wasser und halte ein Stück Fleisch hinein, gibt das Programm als Antwort "Fleisch". Diese Methode kann man auf andere belebte und unbelebte Stoffe übertragen. Man braucht hierfür lediglich ein Spracherkennungsprogramm, ein Becken Wasser, ein Signalgenerator und vier Elektroden. Damit hätte man eine einfache und billige Möglichkeit, unter Wasser lebendige von nicht belebter Materie zu unterscheiden.

4.2 Versuchsreihe mit dem Programm

Ich brachte dem Programm Wörter und Signale bei und probierte, unter welchen Bedingungen die Software die Wörter und Signale unterscheiden kann. Nach einigen Versuchen stellte ich fest, dass das Programm alle beigebrachten Signale sehr gut erkennen konnte, sofern diese eine unterschiedliche Frequenz hatten. Nach einigen weiteren Versuchen viel mir auf, dass das Programm aber keine Rechteck- von Sägezahnsignalen unterscheiden kann.

Dies liegt daran, dass das Programm nur die Frequenz aufzeichnet. Wenn die Frequenzen der Rechtecksignale und die der Sägezahnsignale gleich sind, kann das Programm veränderte Rechtecksignale (z. B. Sägezahnsignale) nicht von unveränderten Rechtecksignalen unterscheiden.

Damit stand ich vor einem neuen Problem.

5. Ein neuer Anfang

Nach dieser für mich schockierenden Erkenntnis versuchte ich eine andere Möglichkeit zu finden, es dem Programm möglich zu machen, die Veränderungen zu erkennen. Schon bald hatte ich eine neue Idee. Das Programm wurde dafür geschrieben, verschiedene Wörter zu unterscheiden. Ist es also nicht besser, anstatt der Rechtecksignale einfach Wörter ins Wasser zu geben?

Gab ich z. B. das Wort "Peter", "Franz" oder ein anderes Wort über zwei Elektroden ins Wasser, so konnte das Programm mit einer großen Wahrscheinlichkeit anhand der Verzerrung des Wortes das im Wasser befindlichen Objekte erkennen. Auch merkte es, wenn sich keines der beiden Objekte im Wasser befand. Als Objekte wählte ich einen Bleiklotz und ein Glas Honig. Die Ergebnisse sind in den drei folgenden Abbildungen dargestellt.

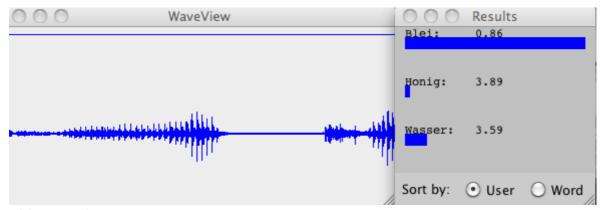


Abb. 10: Blei im Wasser

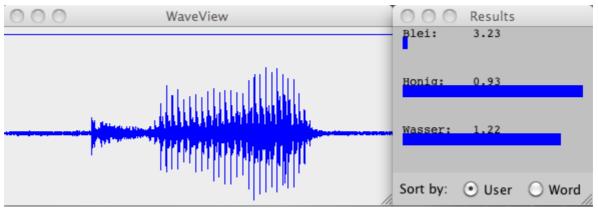


Abb. 11: Honig im Wasser

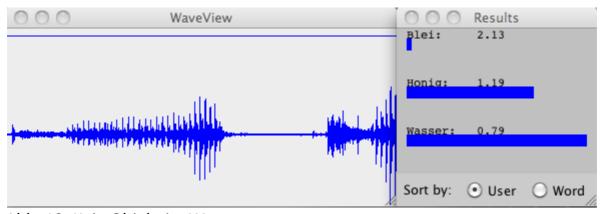


Abb. 12: Kein Objekt im Wasser

Die Erkennungswahrscheinlichkeit erhöhte sich deutlich, wenn ich die Abspielgeschwindigkeit der Worte so stark verringerte, dass ihre Schallgeschwindigkeit in Wasser genauso groß war wie in der Luft.

Weiterhin konstruierte ich einen neuen Versuchsaufbau (siehe Abb. 13) um mögliche Störeinflüsse durch störende elektrische Felder zu vermeiden.



Abb. 13: Der neue Versuchsaufbau. Eine mit Salzwasser gefüllte Kunststoffwanne mit vier Kupferelektroden in einem Blechkasten. An die Kupferelektroden sind Kabel mit Klinkenstecker angeschlossen.

Mit diesem Aufbau löste ich also mehrere Probleme auf einmal.

- 1. Die Keksdose aus Metall wirkt wie ein Faradayscher Käfig.
- 2. Die großen Metallstäbe (Antennen!) meiner ersten Apparatur werden durch kleine Kupferplatten ersetzt.
- 3. Die Signale werden nicht mehr akustisch, sondern rein elektrisch übertragen.

Eines der Audio-Kabel ist der Input und das andere der Output. Das heißt: Ich gebe das Signal aus einem Computer ins Wasser und zeichne es mit einem anderem Computer wieder auf.

Jetzt hatte ich die Möglichkeit Wörter ins Wasser zu geben und diese ohne Störsignale zu analysieren.

Also nahm ich auf meinem "Ausgabe-Computer" einige Wörter auf und testete, wie sie veränderten, wenn ich unterschiedliche Materialien ins Wasser gab. Nun konnte ich zum ersten Mal echte Erfolge erzielen, denn das Programm konnte nun einige Stoffe unterscheiden. Ich habe zwar keine 100-prozentige Trefferquote, aber ich kann nun davon ausgehen, dass ich die Testobjekte mit einer 90-prozentigen Wahrscheinlichkeit richtig identifizieren kann. Bis jetzt funktioniert das aber nur bei einer begrenzten Anzahl von Stoffen.

6. Ausblick

Der Grund, warum die Anzahl der erkennbaren Stoffe begrenzt ist, ist der große Toleranzbereich des Spracherkennungsprogramms. Wenn ich diesen Toleranzbereich verkleinern kann, werde ich voraussichtlich viel mehr Stoffe unterscheiden können. Die Realisierung eines Sensors für lebende Materie wäre dann wahrscheinlich möglich.

7. Literaturliste

- 1. Euler, Stephen- Grundkurs Spracherkennung Vieweg-Verlag ISBN 3-8348-0003-1
- 2. http://idw-online.de/pages/de/news222168
- 3. http://www.etagreen.com/research/9388,653020
- 4. http://en.wikipedia.org/wiki/File:MormyrusJury.jpg (Quelle Titelbild)