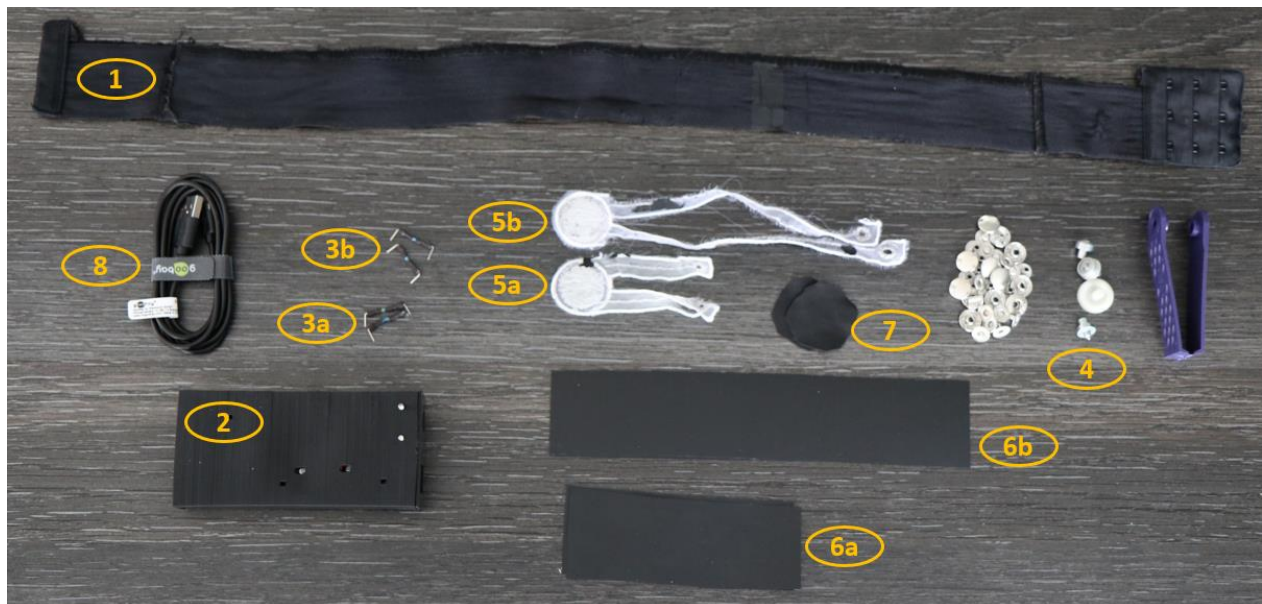


Do-it-your-own Smart Textile Respiration Belt

In diesem Tutorial können Schüler ihren eigenen Brustgurt zur Erfassung der Atmung konstruieren. Schüler werden dadurch an die Smart Textiles Thematik herangeführt und bekommen einen Einblick, wie man biomedizinische Daten mithilfe von textiler Sensorik erkennen kann. Im Folgenden wird eine Bauanleitung für den Atemgurt inklusive Aufgaben zum Experimentieren und Untersuchung des Signalverhaltens zur Verfügung gestellt. Auf Anfrage können die erforderlichen Materialien als MINT-Box bestellt werden und in Schulen als Unterrichtsmaterial verwendet werden. Zusätzlich wird ein Videotutorial bereitgestellt, um die einzelnen Schritte zu illustrieren.

Materialien

1. Elastischer Gurt
2. Elektronischer Pod (beinhaltet einen PSoC Mikrocontroller (Infineon Technologies) mit einer inertialen Messeinheit (IMU) und MikroSD)
3. Widerstände
 - a. 2x 470 Ohm
 - b. 2x 1 kOhm
4. Druckknöpfe inklusive Werkzeug
5. Smart Textile Sensoren (Smart-Textiles Platform Austria)
 - a. 7.5 cm Zuleitung
 - b. 15 cm Zuleitung
6. Folien
 - a. 2x für 5a Sensor
 - b. 2x für 5b Sensor
7. 2x rundes Textil
8. Mikro-USB-Kabel



Bauanleitung

Im Folgenden werden alle Arbeitsschritte erläutert. Dazu muss das Videotutorial abgespielt werden. Das Video kann nach jedem Arbeitsschritt manuell pausiert werden, um den gezeigten Vorgang eigenständig durchführen zu können.

1. Schritt: Anbringen der Basisfolie

Benötigte Materialien: Elastischer Gurt (1), 1x Folie (6a)

Da der Smart Textile Sensor vor Feuchtigkeit geschützt werden muss, muss eine Folie auf dem Gurt befestigt werden. Legen Sie den elektronischen Pod (2) in die Mitte des Gurts und platzieren Sie den Sensor (5a) seitlich am Pod, um die Positionierung der Folie zu bestimmen. Legen Sie dann die Folie an die bestimmte Position mit der **glänzenden Seite nach oben und der matten Seite auf den Gurt**. Die Folie wird mit Hitze auf den Gurt gepresst. Hierzu eignet sich eine Hitzepresse oder auch ein herkömmliches Bügeleisen. Pressen Sie die Folie **ca. 15 Sekunden bei einer Hitze von 130 °C** auf den Gurt. Lassen Sie die Folie einige Sekunden abkühlen bevor Sie die glänzende Folie abziehen. Die matte Folie ist nun fest auf dem Gurt fixiert.

2. Schritt: Stanzen der Löcher

Benötigte Materialien: Elastischer Gurt (1)

Um im darauffolgenden Schritt die Druckknöpfe anbringen zu können, müssen zunächst Löcher in den Gurt gestanzt werden. Legen Sie wiederum den elektronischen Pod (2) mit dem Sensor (5a) an die ursprüngliche Position und markieren Sie sich die zwei Punkte, an denen die Druckknöpfe des Pods auf dem Gurt aufliegen. Stanzen Sie nun an den markierten Stellen zwei Löcher. Verwenden Sie hierzu eine Stanzzange und stellen sie den Durchmesser auf **4 mm** ein. Falls keine Stanzzange vorhanden ist, können die Löcher auch alternativ mit einem spitzen Gegenstand gestochen werden.

3. Schritt: Anbringen der Druckknöpfe inklusive Sensor

Benötigte Materialien: Elastischer Gurt (1), Druckknöpfe (4), Sensor (5a)

In diesem Schritt wird der Sensor mithilfe von Druckknöpfen am Gurt befestigt. Die Druckknöpfe dienen als Schnittstelle zwischen den leitfähigen Fäden des Smart Textile Sensors und den elektrischen Kabeln im inneren des Pods (2). Zum Anbringen der Druckknöpfe wird ein Werkzeug (4) bereitgestellt, das mithilfe eines Hammers oder einer herkömmlichen Zange verwendet werden kann (lesen Sie dazu die beigelegte

Werkzeuganleitung). Falls Sie eine Druckknopfzange zur Verfügung haben, wird diese empfohlen, da man stärkeren Druck ausüben und die Druckknöpfe präziser anbringen kann. Setzen Sie die im Video gezeigten Aufsätze in das Werkzeug ein und bestücken Sie die Aufsätze mit den erforderlichen Druckknopf-Elementen. Legen Sie den Gurt zwischen das Druckknopfwerkzeug, sodass die Unterseite des Druckknopfs durch das gestanzte Loch sichtbar ist. Legen Sie daraufhin ein Ende des Sensors auf das gestanzte Loch. Drücken Sie das Druckknopfwerkzeug zusammen und üben Sie solange Druck aus, bis der Druckknopf fest fixiert ist. Achten Sie darauf, dass die beiden Druckknopf-Elemente passend übereinanderliegen und das Stanzloch inklusive Sensorende nicht verrutscht. (Misslingt das Anbringen des Druckknopfs, lässt sich der Druckknopf mit einem Seitenschneider wieder einfach lösen.) Wiederholen Sie diesen Schritt auch mit dem zweiten Stanzloch und dem anderen Ende des Sensors. Der Sensor ist nun mit den Druckknöpfen am Gurt fixiert.

4. Schritt: Verschließen des Sensors

Benötigte Materialien: Elastischer Gurt (1), 1x Folie (6a), 1x rundes Textil (7)

Um die Sensorintegration abzuschließen, wird der Smart Textile Sensor mit einer zweiten Folie verschlossen. Damit die Folie nicht auf dem Sensor direkt aufgepresst wird, müssen Sie das runde Textil auf die aktive Fläche des Sensors platzieren. Daraufhin legen Sie die Folie auf den Gurt, sodass die Folie exakt mit der Basisfolie aus Schritt 1 übereinstimmt. Pressen Sie nun die Folie wie in Schritt 1 auf den Gurt (glänzende Seite nach oben und matte Seite auf den Gurt, ca. 15 Sekunden bei 130 °C). Da aufgrund der Druckknöpfe und des Sensors keine ebene Fläche vorliegt, muss an den Folienrändern möglicherweise nachjustiert werden. Der Sensor ist nun fest im Gurt fixiert und integriert.

5. Schritt: Anbringen eines zweiten Sensors mit längeren Zuleitungen

Benötigte Materialien: Elastischer Gurt (1), Druckknöpfe (4), Sensor (5b), Folien (6b), rundes Textil (7)

Um später Experimente durchführen zu können, wird nun ein zweiter Sensor mit längeren Zuleitungen in den Gurt integriert. Wiederholen Sie dazu Schritt 1 bis 4 mit Sensor 5b und Folien 6b auf der gegenüberliegenden Seite des Gurts. Achten Sie darauf, dass der Abstand der Druckknöpfe der beiden Sensoren am Gurt **maximal** dem Abstand der Druckknöpfe am elektronischen Pod (2) entsprechen. Durch die Elastizität des Gurts vergrößert sich der Abstand der Druckknöpfe beim späteren Tragen des Gurts geringfügig. Der Gurt ist nun final mit zwei integrierte Smart Textile Sensoren präpariert.

6. Schritt: Anschließen der Widerstände

Benötigte Materialien: Elektronischer Pod (2), Widerstände (3)

Letztendlich werden Widerstände in den Pod eingesetzt, um die Messschaltung zu vervollständigen. Öffnen Sie hierzu den Pod und ziehen Sie das Board leicht heraus bis die Steckverbindungen zu sehen sind. Stecken Sie nun die 470 Ohm Widerstände in die Steckverbindungen, um eine Verbindung zwischen dem Board und den Druckknöpfen am Pod-Gehäuse herzustellen. **Gehen sie mit Sorgfalt an die Widerstände und Verbindungen heran, um das Brechen von Lötstellen zu vermeiden.** Schieben Sie das Board wieder in die ursprüngliche Position und verschließen Sie das Gehäuse.

7. Schritt: Durchführung einer Messung

Benötigte Materialien: Elastischer Gurt (1), Elektronischer Pod (2), Mikro-USB-Kabel (3)

Legen Sie sich den Gurt um den Brustkorb an. Klipsen Sie den Pod mithilfe der Druckknöpfe an den Gurt. Die Druckknöpfe, an denen die Widerstände angeschlossen wurden, werden zur Messung benötigt. Die Orientierung des Pods beim Anklipsen entscheidet somit, welcher der beiden Sensoren zur Messung aktiv wird. Schließen Sie nun den Pod mithilfe des Mikro-USB-Kabels an einen PC. Achten Sie darauf, dass Sie das USB-Kabel an dem richtigen Mikro-USB-Port (siehe Video) anschließen. Dieser Port ermöglicht eine Datenübertragung über eine USB-Serial Schnittstelle, während der andere Port nur eine Stromversorgung zulässt. Die Arduino IDE (<https://www.arduino.cc/en/software>) eignet sich, um die Daten in Echtzeit zu verfolgen. Öffnen Sie die Arduino IDE nach Download und Installation der Software. Wählen Sie im Menü „Tools“ -> „Port“ den Port des angeschlossenen Gurts aus. Öffnen Sie den Plotter im Menü „Tools“ -> „Serial Plotter“. Stellen Sie im Serial Plotter am linken unteren Fensterrand die Baudrate auf 115200 ein. Nun sollten Daten im Plotter sichtbar sein. Das blaue Signal visualisiert die Rohdaten des Sensors. Das rote Signal visualisiert die Rohdaten in Tiefpass-gelilterter bzw. geglätteter Form. Falls die Daten noch nicht nachvollziehbar sind, können Sie am Pod eine Kalibrierung durchführen:

- Stellen Sie sicher, dass die Person mit dem Gurt in Ruheposition steht und keine anderen Gegenstände berührt
- Drücken Sie mit einem spitzen Gegenstand einen der beiden Knöpfe im elektronischen Pod, um nur die Kalibrierung oder einen Restart des Pods inklusive Kalibrierung des Gurts durchzuführen
- Schließen Sie den Serial Plotter und öffnen Sie den Serial Plotter erneut

Aufgaben

Im Folgenden werden Aufgaben gestellt, um die Signalqualität während unterschiedlicher Bedingungen zu untersuchen. Sehen Sie sich dazu den letzten Schritt im Videotutorial sowie die darauffolgende Demo an.

Aufgabe 1: Experimentieren

Versuchen Sie, Ihre Atmung im Signal wiederzuerkennen. Explorieren Sie mit verschiedenen Atemtechniken. Wie unterscheiden sich die Rohdaten (blau) mit den geglätteten Daten (rot)?:

- Verändert sich die Signalamplitude korrelierend zu ihrer Atemtiefe?
- Verändert sich die Periodendauer eines Atemzugs korrelierend zu ihrer Atemrate?
- Wie verändert sich das Signal bei verschiedenen Aktivitäten: Sprechen, Schlucken, Husten, ...?
- Welche Bewegungen des Körpers werden auch im Signal wiedergespiegelt: Kopf-, Arm-, Beinbewegungen, ...?
- Imitieren Sie eine Laufbewegung (siehe Demo im Videotutorial). Ist die Laufbewegung im Signal erkennbar?

Aufgabe 2: Länge der Zuleitung

Der Gurt enthält zwei Sensoren mit unterschiedlichen Längen der Zuleitungen. Sie können zwischen den Sensoren wechseln indem Sie den elektronischen Pod vom Gurt abnehmen und um 180 ° drehen und wieder an den Gurt anklipsen. Wie verändert sich das Signal zwischen der Verwendung der beiden Sensoren sowohl im Ruhezustand als auch in einer simulierten Laufbewegung? Beachten Sie beim Signal vor allem folgende Aspekte:

- Signalamplitude der Atmung
- Beeinflussung des Signals durch die simulierte Laufbewegung -> Signalamplitude der Bewegungsartefakte im Vergleich zur Signalamplitude der Atmung
- Basisrauschen des Signals

Aufgabe 3: Widerstände

Es werden auch steckbare Widerstände mit 1 kOhm zur Verfügung gestellt. Sie können dadurch zwischen Widerständen von 470 Ohm und 1 kOhm wechseln, um den Einfluss der Widerstände und somit der Messschaltung auf das Signal zu untersuchen. Wie verändert sich das Signal zwischen der Verwendung der unterschiedlichen Widerstandsgrößen sowohl im Ruhezustand als auch in einer simulierten Laufbewegung? Beachten Sie beim Signal vor allem die in Aufgabe 2 genannten Aspekte.

Aufgabe 4: Analyse der Daten im Feld (für Fortgeschrittene)

Der elektronische Pod beinhaltet auch eine SD-Karte, auf der alle Daten gespeichert werden. Bei jedem Einschalten des Pods wird eine neue Text-Datei zur Messung erstellt. Sie können den Gurt auch mit einer Powerbank verwenden und diese am anderen Mikro-USB Port am Pod anschließen. Achten Sie darauf, dass sie die Powerbank erst anschließen, wenn der Gurt final auf ihrem Brustkorb angelegt wurde. Achten Sie auch darauf, dass nicht jede Powerbank von der Elektronik unterstützt wird. Ist die Powerbank klein genug, kann sie in den Pod hineingelegt werden und mit einem kurzen Kabel zum Board verbunden werden. Alternativ kann die Powerbank auch in die Hosentasche gesteckt werden und das Kabel zum Pod nahe am Körper getragen werden. Achten Sie dabei darauf, dass Bewegungen des Kabels ebenfalls Artefakte im Signal hervorrufen können. Mit diesem Setup können Sie Ihre Atmung im Alltag oder während des Laufens aufzeichnen. Achtung: Feuchtigkeit bzw. Schweiß wird das Signal verändern. Ist die Messung abgeschlossen, trennen Sie die Verbindung zwischen Pod und Powerbank. Sie können die Daten im Nachhinein von der SD-Karte am PC lesen. Zum Plotten der Daten eignen sich Programme wie Microsoft Excel, MATLAB, RStudio oder Python.

Kontakt

Severin Bernhart

Salzburg Research Forschungsgesellschaft mbH
Adresse: Jakob Haringer Straße 5, 5020 Salzburg
Tel.: +43 662 2288-316
E-Mail: severin.bernhart@salzburgresearch.at

Danksagung

„Aufbau eines Netzwerks von MINT Learning Centern“ (Projekt AB307) wurde aus Mitteln des Förderprogrammes INTERREG Bayern-Österreich 2014-2020 unterstützt. Die Materialien werden von Infineon Technologies und Smart-Textiles Platform Austria zur Verfügung gestellt. Das Videotutorial wurde mithilfe von den Salzburg Research internen Mitarbeitern Wolfgang Kremser und Nina Baumgartner erstellt.

