



Diese Arbeit wurde vorgelegt am
Lehrstuhl für Mathematik (MathCCES)

Wie funktionieren eigentlich Fitnessstracker und was hat das mit Mathe zu tun?

Ein Lernmodul im Rahmen eines mathematischen Modellierungstages

How do fitness trackers work and what does that have to do with mathematics?

A learning modul within the framework of a mathematical modeling day

Masterarbeit
Mathematik

September 2017

Vorgelegt von
Presented by

Marcel Marnitz



Erstprüfer
First examiner

Prof. Dr. Martin Frank
Lehrstuhl für Mathematik (MathCCES)
RWTH Aachen University

Zweitprüfer
Second examiner

Prof. Dr. Johanna Heitzer
Lehrstuhl A für Mathematik
RWTH Aachen University

Koreferent
Co-supervisor

Dr. Christina Roeckerath
Lehrstuhl für Mathematik (MathCCES)
RWTH Aachen University

Koreferent
Co-supervisor

Thomas Camminady
Lehrstuhl für Mathematik (MathCCES)
RWTH Aachen University

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
2 Didaktischer Hintergrund	3
2.1 Das Schülerlabor CAMMP	3
2.2 Mathematische Modellierung	4
2.2.1 Modelle	5
2.2.2 Modellierungskreisläufe	5
2.2.3 Modellieren mit digitalen Werkzeugen	8
2.2.4 Ziele	9
3 Mathematischer Hintergrund	11
3.1 Vorbemerkungen	11
3.1.1 Beschleunigung	11
3.1.2 Beschleunigung messen	12
3.1.3 Messungenauigkeit	13
3.2 Schritterkennung	13
3.2.1 Einen Schritt mathematisch modellieren	13
3.2.2 Hochpunkt-Methode	15
3.2.3 Fourier-Transformation	17
3.2.4 Fourier-Analyse im Detail	22
3.3 Aktivitätsanalyse	25
3.3.1 Bereiche finden	26
3.3.2 Aktivitäten klassifizieren	28
4 Konzeption des CAMMP days	30
4.1 Ziele und curriculare Einbindung	30
4.2 Grundlegende Ideen	31
4.3 Werkzeuge	32
4.3.1 MATLAB	32
4.3.2 MATLAB Live Editor	32
4.3.3 phyphox App	33
4.4 Didaktisch-methodisches Konzept	34

4.5	Material	36
4.5.1	Problemstellungs-Vortrag	37
4.5.2	Experiment-Durchführung	39
4.5.3	MATLAB-Einführung	40
4.5.4	Aufgabenblatt 1: Hochpunkt-Methode	41
4.5.5	Zwischenvortrag	43
4.5.6	Aufgabenblatt 2: Fourieranalyse	44
4.5.7	Aufgabenblatt 3: Aktivitätsanalyse	47
4.5.8	Zusatz-Aufgabenblatt	50
4.5.9	Abschlusspräsentation	51
4.5.10	Materialien für die Dozenten	52
5	Durchführung und Evaluation	54
5.1	Rahmenbedingungen	54
5.2	Beobachtungen	54
5.3	Evaluation	55
5.4	Verbesserungen	58
6	Ausblick	60
7	Fazit	62
	Literaturverzeichnis	63
A	Material	66
A.1	Aufgabenblätter	67
A.1.1	Experiment-Durchführung	67
A.1.2	Aufgabenblatt 1	70
A.1.3	Aufgabenblatt 2	73
A.1.4	Aufgabenblatt 3	76
A.1.5	Zusatzblatt	79
A.2	Lösungen	80
A.2.1	Lösung zu Aufgabenblatt 1	80
A.2.2	Lösung zu Aufgabenblatt 2	83
A.2.3	Lösung zu Aufgabenblatt 3	85
A.3	Hilfekarten	88
A.4	Matlab-Einführung	89

A.5	Präsentationen	90
A.5.1	Problemstellungsvortrag	90
A.5.2	Notizen zum Problemstellungsvortrag	99
A.5.3	Zwischenpräsentation	103
A.5.4	Notizen zur Zwischenpräsentation	107
A.5.5	Abschlussvortrag	110
A.5.6	Notizen zum Abschlussvortrag	113
A.6	Methodisches Konzept	115
A.7	Evaluation	118
A.7.1	Evaluationsbogen	118
A.7.2	Auswertung	121

Abbildungsverzeichnis

1	Modellierungskreislauf nach Blum (Blum, 1985)	6
2	Modellierungskreislauf nach Blum und Leiß (Bruder et al., 2015, S. 366, Abb. 13.3)	7
3	Modellierungskreislauf bei CAMMP	7
4	Einsatz digitaler Werkzeuge im Modellierungskreislauf (Bruder et al., 2015, S. 373, Abb. 13.5)	8
5	Graphischer Verlauf der Geschwindigkeit beim Gehen eines beziehungsweise mehreren Schritten.	14
6	Graphischer Verlauf der Beschleunigung beim Gehen eines beziehungsweise mehreren Schritten.	14
7	Graph der Beschleunigung, bei dem das Zählen von Schritten mithilfe von Hochpunkten nicht das gewünschte Ergebnis liefert. MATLAB erkennt alle rot und grün markierten Punkte als Hochpunkte, jedoch können nur die grünen Hochpunkte Schritten zugeordnet werden.	16
8	Beispiele für fehlerhaft erkannte Schritte basierend auf der Hochpunkt-Methode.	16
9	Graph der Beschleunigung mit Amplitude A und Periodendauer $T = \frac{1}{f}$	18
10	Durch Überlagerung der einzelnen Sinusfunktionen (links) ergibt sich wieder eine periodische Funktion (rechts).	19
11	Beispiel einer Fourieranalyse: Das Eingangssignal 11a wird zerlegt in seine Bestandteile. Diese werden anschließend in einem Spektrogramm aufgetragen.	20
12	Spektrogramm einer Aktivität, bei dem die Person 28 Schritte gegangen ist.	21
13	Graph der periodisch fortgesetzten Funktion f	24
14	Graph der periodisch fortgesetzten Funktion f (rot) und der mit Hilfe der Fourieranalyse angenäherten Funktion \tilde{f}_{15} (blau)	25
15	Graph eines Experiments bei dem 100 Schritte gegangen, 100 Schritte gelaufen, 50 Schritte gesprintet und zum Schluss 100 Schritte gelaufen wurde.	26

16	Graph von Abbildung 15, nachdem von 300 Messwerten das arithmetische Mittel bestimmt und durch dieses ersetzt wurden. In orange sind die durch Angucken (durch den Menschen) erkannten Bereichsgrenzen eingezeichnet.	27
17	Originalgraph der Beschleunigung und rekonstruierter Graph mithilfe der Frequenz der maximalen Amplitude.	45
18	Graph mit den reduzierten Daten aus der Aktivitätsanalyse sowie den durch den Computer erkannten Grenzen der Aktivitäten in blau und den händisch erkannten Grenzen in orange	49

1 Einleitung

Fitnesstracker erfreuen sich derzeit großer Beliebtheit. Nach einer Studie aus dem Jahr 2016 von Bitkom Research nutzen 31% der Bundesbürger ab 14 Jahren Fitnesstracker (BITKOM, 2016). Die genutzten Fitnesstracker können dabei entweder Armbänder wie beispielsweise von Fitbit, Apps wie Runtastic oder Smartwatches wie die Apple Watch sein. Mit Hilfe solcher Geräte oder Apps können Fitnessaktivitäten aufgezeichnet und ausgewertet werden. Armbänder können dazu unter anderem die Anzahl zurückgelegter Schritte zählen oder den Herzschlag messen. Mit Hilfe von Apps können die gelaufene Distanz, Geschwindigkeit und Höhenunterschiede aufgezeichnet werden. Viele Nutzer versprechen sich von der Nutzung solcher Fitnesstracker Verbesserungen der eigenen Fitness, auch wenn dies nicht immer erreicht wird (Barthélémy, o. J.).

Ziel dieser Abschlussarbeit ist es, einen CAMMP day zu entwickeln, bei dem die Schüler¹ mithilfe mathematischer Modellierung untersuchen, wie ein Fitnesstracker funktioniert. Dazu muss zunächst die Funktionsweise von Fitnessarmbändern unter die Lupe genommen und der zugrundeliegende mathematische Hintergrund untersucht werden. Im Anschluss wird entsprechender MATLAB-Code entwickelt, mit dem Aktivitäten klassifiziert und Schritte gezählt werden können. Dabei sollen ausschließlich die Aktivitäten Gehen, Laufen, Sprinten und Stehen untersucht werden.

Im Anschluss wird basierend auf den Ergebnissen ein eintägiger Workshop für das Schülerlabor CAMMP entwickelt. Dieser richtet sich an Schüler der Oberstufe. Die Schüler lernen im Rahmen des Workshops, wie genau ein Fitnesstracker Schritte zählt und Aktivitäten unterscheiden kann. Dazu nutzen die Schüler mathematische Modellierung und durchlaufen den Modellierungskreislauf mehrfach. Im Rahmen des Workshops müssen sie dabei auf aus dem Mathematik- und Physikunterricht bekannte Konzepte zurückgreifen.

In dieser Arbeit wird der mathematische Hintergrund, das didaktisch-methodische Konzept sowie alle erstellten Materialien des Workshops vorgestellt. Dabei wird zunächst das Schülerlabor CAMMP vorgestellt, in dessen Rahmen der entwickelte Workshop erprobt wird. Außerdem wird die Mathematische Modellierung vorgestellt, welche die Grundlage für diesen Workshop darstellt. Im nächsten Kapitel werden alle mathe-

¹Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit für Schüler, Lehrer und Dozenten stets die maskuline Sprachform verwendet. Wenn nicht explizit angegeben, sind jeweils stets beide Geschlechter gleichermaßen gemeint.

matischen und physikalischen Grundlagen erläutert, die im Rahmen des Workshops genutzt werden. Anschließend wird der Workshop im Detail vorgestellt und die erstmalige Durchführung des Workshops evaluiert. Abgeschlossen wird diese Arbeit mit einem Ausblick, in dem weitere Ausbaumöglichkeiten des Workshops vorgestellt werden, sowie einem Fazit.

2 Didaktischer Hintergrund

Das Schülerlabor ist der organisatorische Rahmen für die Durchführung und Erprobung des erstellten Workshops. Daher soll zunächst das Schülerlabor CAMMP und dessen Idee vorgestellt werden. Im Anschluss wird auf das didaktische Konzept der Mathematischen Modellierung eingegangen und der Modellierungskreislauf vorgestellt, welcher im Rahmen von CAMMP days wiederkehrend verwendet wird.

2.1 Das Schülerlabor CAMMP

Der Name CAMMP steht für *Computational and Mathematical Modeling Program*, zu deutsch Computergestütztes Mathematisches Modellierungsprogramm. CAMMP ist seit Sommer 2013 ein Schülerlabor für mathematische Modellierung an der RWTH Aachen und wird vom Lehrstuhl MathCCES² und der Graduiertenschule AICES³ organisiert (RWTH Aachen, 2017). Bei CAMMP lösen Schüler reale Probleme mithilfe mathematischer Modellierung und Computereinsatz. Dabei erhalten die Schüler einen Einblick in die Berufswelt von Mathematikern, Informatikern sowie Ingenieuren. Sie nutzen Werkzeuge wie MATLAB, welche auch in der Wirtschaft und Wissenschaft genutzt werden (CAMMP, 2017b).

Grundsätzlich sollen bei CAMMP alle im Kernlehrplan verankerten prozessbezogenen Kompetenzbereiche gefördert werden, wobei der Bereich *Modellierung* besonders hervorgehoben wird. Dazu lernen die Schüler den Modellierungskreislauf (Kapitel 2.2) kennen und lösen das gestellte Problem durch mehrmaliges Durchlaufen dieses Kreislaufes.

Ein Angebot von CAMMP ist der CAMMP day. Dabei besuchen Schüler beispielsweise im Rahmen des Mathematikurses das Schülerlabor und bearbeiten im Rahmen eines eintägigen Workshops Problemstellungen aus Alltag, Industrie und Wissenschaft. Aktuell werden unter anderem Workshops zu GPS, Google und Shazam angeboten⁴ (CAMMP, 2017a). Dabei erarbeiten die Schüler den mathematischen Hintergrund der jeweiligen Dienste.

Bei den Workshops wenden die Schüler größtenteils Inhalte aus dem Mathematikun-

²Center for Computational Engineering Science (mathematics division), RWTH Aachen

³Aachen Institute for Advanced Study in Computational Engineering Science, RWTH Aachen

⁴Es werden noch drei weitere Workshop angeboten.

terrichtet ab der Jahrgangsstufe 9 an. So erfahren sie, dass der im Unterricht erlernten Inhalte durchaus auch außerhalb der Schule verwendet wird und so unsere Gesellschaft prägt. Ein solcher CAMMP day wurde im Rahmen dieser Abschlussarbeit entwickelt. Neben CAMMP days veranstaltet CAMMP jedes Jahr zwei CAMMP weeks, bei der sich Schüler mit bislang ungelösten Problemen aus der Wirtschaft oder Wissenschaft eine Woche beschäftigen und versuchen, Lösungen mithilfe mathematischer Modellierung und dem Einsatz des Computers zu finden.

2.2 Mathematische Modellierung

In den letzten Jahren ist der Mathematikunterricht immer anwendungs- und realitätsbezogener geworden. Aus eigener Erfahrung von Praktika kann ich jedoch sagen, dass die Schüler dennoch nicht immer zufrieden sind. Zwar gibt es immer öfters Aufgaben mit konkretem Anwendungs- oder Realitätsbezug, allerdings sind diese Aufgaben nicht immer authentisch. Ein weiteres Problem der meisten Textaufgaben ist, dass der Schwerpunkt der Aufgabe auf der zugrundeliegenden Mathematik liegt (Maaß, 2011, S. 10), viele Schüler die Mathematik an sich jedoch als nicht spannend empfinden.

Eine Alternative dazu sind Modellierungsaufgaben, welche auf den ersten Blick wie Textaufgaben aussehen. Auf den zweiten Blick fällt jedoch auf, dass die Aufgaben wesentlich offener gestaltet sind. Oftmals ist der Kontext der Aufgabe nicht immer einfach in die mathematische Sprache übersetzbar. Dazu kommt Mathematische Modellierung zum Einsatz, um solche Aufgaben dennoch lösen zu können. Das besondere dieser Aufgaben ist, dass das Problem und nicht die Mathematik im Vordergrund steht und das Problem somit nicht immer auf den ersten Blick mathematisch erscheint (Maaß, 2011, S. 11).

Mathematische Modellierung ist seit 2003 in den Kultusministerkonferenz (kurz: KMK) Bildungsstandards für die Sekundarstufe I und auch in der aktuellsten Fassung der Bildungsstandards für die Sekundarstufe II ein Kompetenzbereich für das Fach Mathematik (KMK Mathematik Sek. I) (KMK Mathematik Sek. II). Auch in den Kernlehrplänen der Sekundarstufen I und II findet sich *Modellieren* in Form prozessbezogener Kompetenzen wieder (KLP Mathematik Sek. I) (KLP Mathematik Sek. II).

2.2.1 Modelle

Bei vielen Problemen ist die reale Situation sehr komplex und nur sehr schwer oder gar nicht in die mathematische Sprache übersetzbar. Für diesen Zweck werden basierend auf der realen Situation Modelle angefertigt. Diese stellen eine Vereinfachung der Wirklichkeit dar und erlauben die Anwendung mathematischer Methoden. Da Vereinfachungen auf viele Arten und Weisen getroffen werden können, sind Modelle nicht eindeutig. Sie sind stets abhängig vom betrachteten Kontext. Wichtig ist jedoch, dass Modelle widerspruchsfrei und in etwa der Realität entsprechen (Ferri et al., 2013, S. 12f).

Eine der Herausforderungen bei der Erstellung von Modellen ist das Vereinfachen. Dabei wird versucht, Annahmen zu treffen, sodass spätere Berechnungen vereinfacht werden können. Die Kunst beim Vereinfachen ist es, das Modell nicht zu einfach zu machen. In diesem Kontext soll Albert Einstein bereits gesagt haben:

„Beschreibe die Dinge so einfach wie möglich - aber nicht einfacher.“

Lässt man zu viele reale Gegebenheiten außer Acht, kann es im Laufe der weiteren Bearbeitung zu Schwierigkeiten kommen. Beispielsweise kann dadurch die Lösung entweder ungenau oder gänzlich falsch sein. Vereinfacht man die reale Situation jedoch nicht ausreichend genug, kann es passieren, dass sich das zugrundeliegende Problem gar nicht oder nur sehr aufwändig lösen lässt.

2.2.2 Modellierungskreisläufe

Beim Modellieren durchläuft man idealisiert betrachtet einen Kreislauf, welcher als Modellierungskreislauf bekannt ist. Ein solcher Kreislauf visualisiert den Prozess des Modellierens. Ein Modellierungskreislauf besteht dabei aus mehreren Schritten und gibt somit dem Modellierungsprozess eine gewisse Struktur, stellt jedoch keinen festen Algorithmus dar, welcher abgearbeitet werden muss (Maaß, 2011, S. 13).

Der Ablauf der Schritte in den verschiedenen in der didaktischen Diskussion bekannten Modellierungskreisläufen ist dabei sehr ähnlich (siehe zum Beispiel Blum). Am Anfang steht dabei immer ein reales Problem, was es zu lösen gilt. Dieses wird in ein mathematisches Modell übersetzt. Man spricht in diesem Zusammenhang vom Mathematisieren. Dabei müssen Vereinfachungen und Annahmen getroffen werden. Im Anschluss kann man in diesem Modell mithilfe mathematischer Konzepte eine Lösung bestimmen oder

Simulationen durchführen. Diese müssen zum Schluss interpretiert und validiert werden. Bei jedem dieser Schritte kann es sein, dass man einen Fehler bemerkt oder man mit dem Ergebnis unzufrieden ist. In einem solchen Fall muss zu einem vorigen Schritt zurückgekehrt und die Ursache des Fehlers behoben werden. Ein Beispiel dafür wäre, wenn man beim Berechnen der Lösung feststellt, dass man innerhalb des Modells entsprechende Berechnungen nicht durchführen kann, weil das Modell zu kompliziert ist. Man muss nun versuchen, das Modell weiter zu vereinfachen. Auch ist es möglich, dass man bei der Validierung der Lösung feststellt, dass die Lösung nicht korrekt sein kann. So kann es passieren, dass man den Kreislauf erneut von vorne durchlaufen muss. Man spricht daher auch von einem iterativen Kreislauf.

Die verschiedenen bekannten Kreisläufe unterscheiden sich im Wesentlichen in der Anzahl und Aufteilung der einzelnen Schritte. Ein Schlüsselaspekt beim Modellierungsprozess ist das Mathematisieren. Im Modellierungskreislauf nach Ortlieb wird direkt von der realen Situation das mathematische Modell entwickelt. Dies wird als „direktes Mathematisieren“

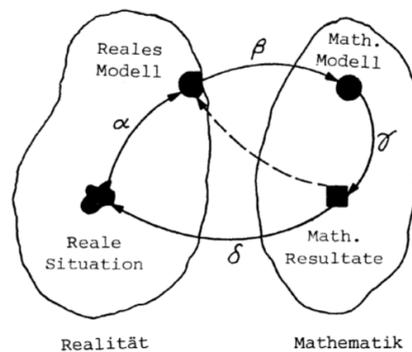


Abbildung 1: Modellierungskreislauf nach Blum (Blum, 1985)

(Ferri et al., 2013, S. 16) bezeichnet. In Blums Modellierungskreislauf wird zunächst zwischen Realität und Mathematik unterschieden. Bevor man aus der realen Situation das mathematische Modell entwickelt, wird ein reales Modell erstellt, welches noch die wesentlichen Züge der realen Situation widerspiegelt. Dazu werden Vereinfachungen getroffen und es werden Annahmen formuliert (Blum, 1985, S. 201). Erst danach wird das reale Modell mathematisiert.

Ein neueres Modell des Modellierens von Blum und Leiß ist der siebenschrittige Modellierungskreislauf, welcher den Prozess der Modellierung noch detaillierter beschreibt. Es wird ein weiteres Modell eingeführt: das Situationsmodell. Dieses Modell ergänzt die reale Situation um eine mentale Repräsentation im Kopf der modellierenden Person (Ferri et al., 2013, S. 17). Da bis zum mathematischen Modell drei Schritte gemacht werden müssen, spricht man hier von dreischrittigen Mathematisieren.

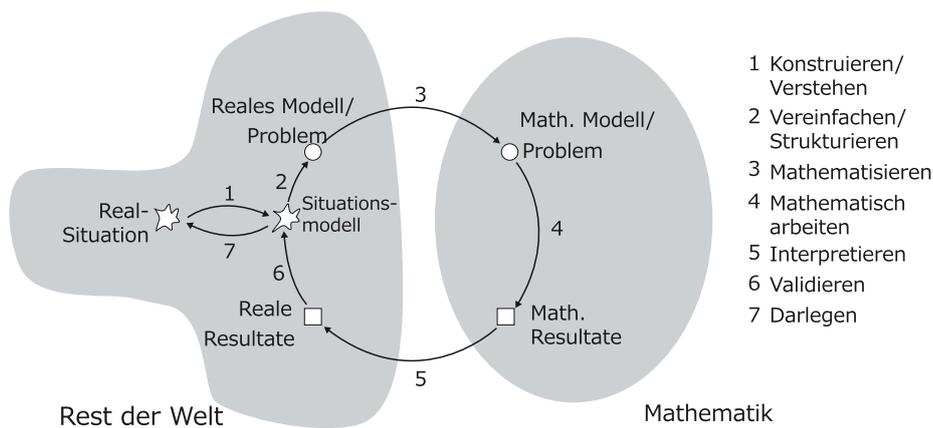


Abbildung 2: Modellierungskreislauf nach Blum und Leiß (Bruder et al., 2015, S. 366, Abb. 13.3)

Auch im Rahmen des hier entwickelten Workshops wird die Modellierung durch einen Kreislauf unterstützt (vgl. Abbildung 3). Dieser entspricht im Wesentlichen dem Modellierungskreislauf von Blum aus dem Jahre 1985 (vgl. Abbildung 1). Anhand dieses Kreislaufes erarbeiten sich die Schüler im Rahmen des Workshops entsprechende Lösungen. Der Kreislauf wird dazu mehrmals im Laufe des Tages präsentiert, sodass den Schülern ihre aktuelle Position im Modellierungskreislauf bewusst wird.

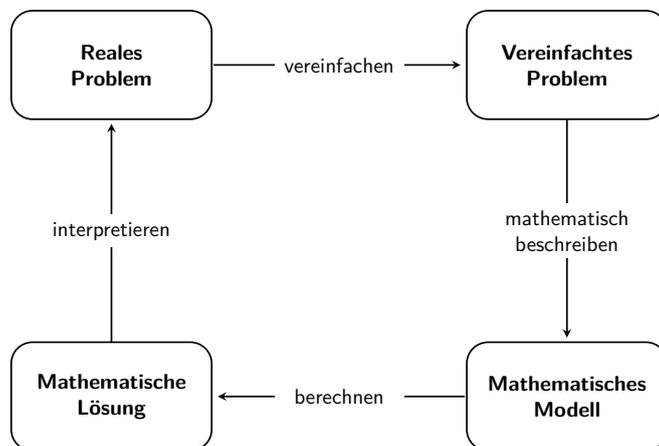


Abbildung 3: Modellierungskreislauf bei CAMMP

2.2.3 Modellieren mit digitalen Werkzeugen

In den letzten Jahren hat die Forderung nach dem Einsatz digitaler Medien in der Schule zugenommen. Dies spiegelt sich auch in den KMK Bildungsstandards und dem Kernlehrplan wider. Beim Prozess des Modellierens gibt es vielfältige Möglichkeiten zum Einsatz von digitalen Werkzeugen wie dem Computer (Bruder et al., 2015, S. 371ff).

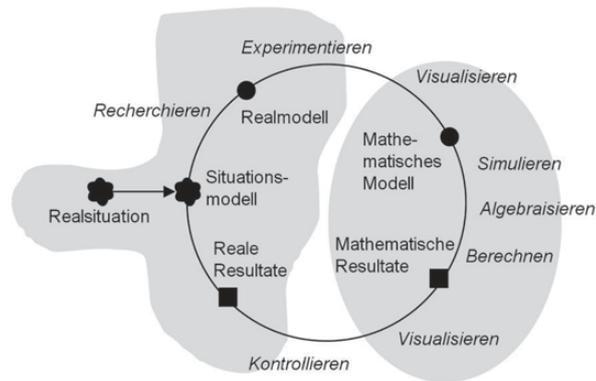


Abbildung 4: Einsatz digitaler Werkzeuge im Modellierungskreislauf (Bruder et al., 2015, S. 373, Abb. 13.5)

Bereits zu Beginn des Kreislaufes lassen sich im Internet Informationen recherchieren, welche die Realsituation betreffen. So kann man geeignete Annahmen und Vereinfachungen treffen, falls diese nicht bereits aus der Situation selbst hervorgehen. Auch kann so auf die Modellierung von anderen Personen zurückgegriffen werden. Bei der Übersetzung in ein mathematisches Modell können Programme wie GeoGebra helfen, die Sachsituation zu visualisieren. Anhand der Visualisierung können bereits Eigenschaften des Modells begründet vermutet werden und so geeignete mathematische Konzepte (Formeln, Figuren, etc.) gefunden werden, die bei der Beschreibung des mathematischen Modells behilflich sein können. Die klassischste Einsatzmöglichkeit für den Computer ergibt sich beim Berechnen oder Simulieren. Da das Berechnen und Simulieren – insbesondere bei vielen Parametern – händisch oftmals nicht möglich ist, können geeignete Computerprogramme genutzt werden (Bruder et al., 2015, S. 371). Die so gefundenen Lösungen lassen sich dann zwecks Validierung mithilfe des Computers visualisieren .

Der Einsatz von digitalen Werkzeugen steht dabei auch bei dem entwickelten Workshop im Vordergrund. Hier wird im Rahmen des Workshops mit MATLAB gearbeitet, da

sich die Mathematik in kurzer Zeit nicht händisch berechnen lässt (vgl. Kapitel 4.3).

2.2.4 Ziele

Die Ziele mathematischer Modellierung sowohl innerhalb als auch außerhalb des Mathematikunterrichtes sind sehr vielfältig.

Allgemeine Ziele Mit Hilfe Mathematische Modellierung können Aufgaben mit authentischem Realitätsbezug bearbeitet werden. Dabei erfahren Schüler wie mithilfe von Mathematik Probleme aus der Realität bearbeitet werden können, was die Bedeutung von Mathematik für die Gesellschaft sowie ein ausgewogenes Bild von Mathematik als Wissenschaft vermittelt (Maaß, 2011, S. 15). Auch die soziale Komponente kann bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben eine Rolle spielen, wenn solche Aufgaben gemeinsam bearbeitet werden und man sich untereinander austauscht (Ferri et al., 2013, S. 20).

Inhaltsorientierte Ziele Bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben beschäftigen sich die Schüler mit ihrer Umwelt. Im Rahmen der Mathematisierung benötigen die Schüler ein gutes Verständnis von den in der Umwelt auftretenden Erscheinungen, um die reale Situation zum einen bestmöglich vereinfachen und anschließend mathematisch erschließen können. Haben sie dieses Verständnis nicht, müssen sie sich intensiv mit der Umwelt befassen. Dabei erlangen sie ein tiefer gehendes Verständnis dieser Umwelt, da sie die Erscheinungen dieser Welt wahrzunehmen und zu verstehen lernen (Ferri et al., 2013, S. 20).

Prozessorientierte Ziele Im Rahmen von Modellierungsaufgaben beschäftigen sich die Schüler nur sekundär mit der Mathematik an sich. Aus lernpsychologischer Sicht wird dabei das Verstehen und Behalten mathematischer Inhalte gefördert. Darüber hinaus erlangen die Schüler bei der Bearbeitung der Aufgaben Problemlösefähigkeiten, da aus dem Problem zunächst nicht hervorgeht, wie man es lösen kann. Sie müssen daher eigenständig Lösungen entwickeln und im Anschluss validieren. Dabei erlernen sie zusätzlich heuristische Strategien, wie beispielsweise das Übersetzen von der realen Welt in die Welt der Mathematik und zurück (Ferri et al., 2013, S. 20).

Motivation Das Bearbeiten von Modellierungsaufgaben kann eine motivierende Wirkung haben. Einerseits wird die Beschäftigung mit Mathematik angeregt (Maaß, 2011, S. 16) und andererseits kann so das grundsätzliche Interesse an Mathematik gesteigert oder gar geweckt werden (Ferri et al., 2013, S. 20).

Alle vorgestellten Ziele wurden bei der Entwicklung des CAMMP days berücksichtigt und nehmen daher eine zentrale Rolle bei den Zielformulierungen in Kapitel 4.1 ein.

3 Mathematischer Hintergrund

In diesem Kapitel sollen nun alle mathematischen und physikalischen Grundlagen, welche für den entwickelten CAMMP day benötigt werden, vorgestellt und erläutert werden.

3.1 Vorbemerkungen

Für den mathematischen Hintergrund werden zusätzlich physikalische Grundlagen zur Beschleunigung benötigt, welche im Folgenden erklärt werden.

3.1.1 Beschleunigung

Im Rahmen des CAMMP days werden Bewegungen aufgezeichnet und ausgewertet. Diese werden mithilfe eines Beschleunigungssensors aufgezeichnet. Dabei wird die Beschleunigung eines Smartphones gemessen, welches beim Bewegen in der Hand festgehalten wird.

Die momentane Änderung der Geschwindigkeit eines Teilchens nennt man Beschleunigung. Mathematisch entspricht die Beschleunigung der zeitlichen Ableitung der Geschwindigkeit $v(t)$:

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

Wie die Geschwindigkeit, hat auch die Beschleunigung eine Richtung sowie einen Betrag. Das Vorzeichen gibt dabei die Richtung entlang einer Achse an (Halliday et al., 2007, S. 19). Die Einheit der Beschleunigung ist Meter pro Sekundequadrat ($\frac{m}{s^2}$). Ist die Beschleunigung positiv, so erhöht sich die Geschwindigkeit. Bei negativer Beschleunigung spricht man vom Abbremsen, da sich die Geschwindigkeit verringert.

Betrachtet man Bewegungen in zwei Dimensionen, so lässt sich die Beschleunigung als Vektor darstellen, wobei die Komponenten x und y je den Achsen entsprechend, in welche beschleunigt (oder abgebremst) wird. Analog lässt sich die Beschleunigung in drei Dimensionen mit Hilfe einer dritten Komponente z beschreiben. Es ergibt sich:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (2)$$

$$= \frac{dv_x}{dt} \cdot \vec{e}_x + \frac{dv_y}{dt} \cdot \vec{e}_y + \frac{dv_z}{dt} \cdot \vec{e}_z \quad (3)$$

$$= a_x \cdot \vec{e}_x + a_y \cdot \vec{e}_y + a_z \cdot \vec{e}_z \quad (4)$$

\vec{e}_x , \vec{e}_y und \vec{e}_z bezeichnen dabei die Einheitsvektoren $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ und $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$. v_x , v_y und v_z bezeichnen jeweils die Geschwindigkeitskomponenten in Richtung \vec{e}_x , \vec{e}_y beziehungsweise \vec{e}_z und a_x , a_y und a_z jeweils die Beschleunigungskomponenten in die jeweiligen Richtungen. Im Dreidimensionalen ist die Beschleunigung \vec{a} somit ein Vektor im \mathbb{R}^3 .

Der Betrag der Beschleunigung ist definiert als Länge des Vektors \vec{a} und gibt an, welche Gesamtbeschleunigung das Teilchen erfährt:

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (5)$$

3.1.2 Beschleunigung messen

Beschleunigung kann mit einem sogenannten Beschleunigungssensor (engl.: Accelerometer) gemessen werden. Diese messen Beschleunigungen, indem sie die Kraft messen, welche auf eine Testmasse mit bekannter Masse wirkt (Wikipedia, 2017b). Physikalisch liegt dem das zweite newtonsche Gesetz zugrunde (Halliday et al., 2007, S. 77):

Die auf einen Körper wirkende Gesamtkraft ist gleich dem Produkt der Masse und der Beschleunigung des Körpers.

Mathematisch formuliert lautet das zweite newtonsche Gesetz:

$$\vec{F}_{ges} = m \cdot \vec{a} \Leftrightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}_{ges}}{m} \quad (6)$$

Da der Beschleunigungssensor die Festmasse kennt und die auf die Masse wirkende Kraft messen kann, kann er so die Beschleunigung berechnen. Zu beachten ist, dass die Beschleunigung relativ zum freien Fall gemessen wird, das heißt in der Ruhelage wird eine Beschleunigung von $9,81 \frac{m}{s^2}$ gemessen (Buchner, 2009, S. 5).

3.1.3 Messungenaugigkeit

Im Rahmen des CAMMP days werden Experimente durchgeführt, welche als Grundlage für die Datenauswertung dienen. Die zu entwickelnden Werkzeuge zur Datenauswertung sollen dabei verglichen werden können, daher muss ein Kriterium für die Güte einer Methode genutzt werden.

Hier wird die relative Messungenaugigkeit als Gütekriterium ausgewählt. Diese Unge nauigkeit entspricht dem Anteil der Abweichung des berechneten zum realen Wert (Wikipedia, 2017d). Übertragen auf den Schrittzähler ist dies der Anteil des zu viel oder zu wenig erkannten Schritte zur in der Realität zurückgelegten Schritte:

$$f_{err} = \frac{|\text{realer Wert} - \text{berechneter Wert}|}{\text{realer Wert}} \quad (7)$$

Da die Richtung der Abweichung nicht relevant ist, wird im Zähler mit der absoluten Differenz zwischen realem und gemessenem Wert gerechnet. Der Wertebereich von f_{err} liegt somit im Intervall $[0; \infty)$ und es gilt, dass je kleiner f_{err} ist, desto besser ist die gewählte Methode zur Bestimmung der Schrittzählung.

3.2 Schritterkennung

3.2.1 Einen Schritt mathematisch modellieren

Betrachtet man Gehen aus physikalischer Sicht und eindimensional in Geh-Richtung, so stellt man fest, dass man sich nicht mit konstanter Geschwindigkeit fortbewegt. Stattdessen ändert sich die Geschwindigkeit, wie in Abbildung 5 veranschaulicht ist. Beim Gehen eines Schrittes wird zunächst ein Fuß angehoben und der Körper wird etwas schneller. Bevor man mit dem Fuß auf den Boden auftritt, verringert sich die Geschwindigkeit des Körpers. Zu beachten ist, dass der Körper trotz der Geschwindigkeitsabnahme eine gewisse Grundgeschwindigkeit hat und sich erst beim Stehen die Geschwindigkeit auf 0 reduziert.

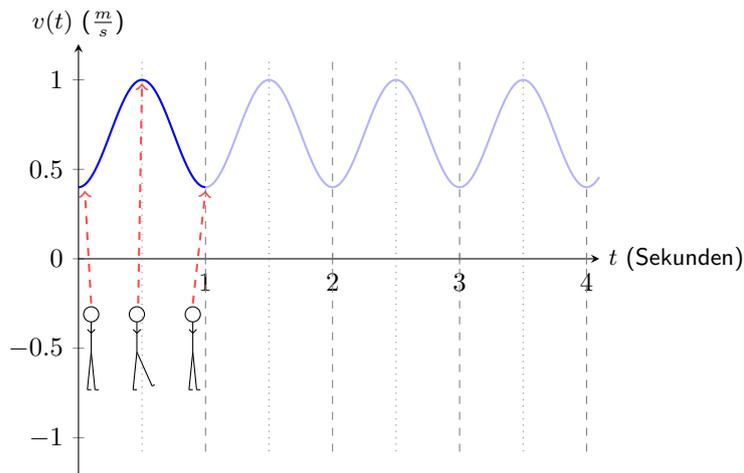


Abbildung 5: Graphischer Verlauf der Geschwindigkeit beim Gehen eines beziehungsweise mehreren Schritten.

Durch (beispielsweise graphisches) Ableiten der Geschwindigkeit erhalten wir die Beschleunigung. Dieses ist insofern relevanter, als das wir die Beschleunigung mit Hilfe des Beschleunigungssensors messen können, nicht jedoch die Geschwindigkeit. Im ersten Teil eines Schrittes verläuft der Graph der Beschleunigung oberhalb der x-Achse, da die Geschwindigkeit zunimmt. Wird der Körper abgebremst, so nimmt die Geschwindigkeit ab und der Beschleunigungsgraph verläuft unterhalb der x-Achse (siehe Abbildung 6).

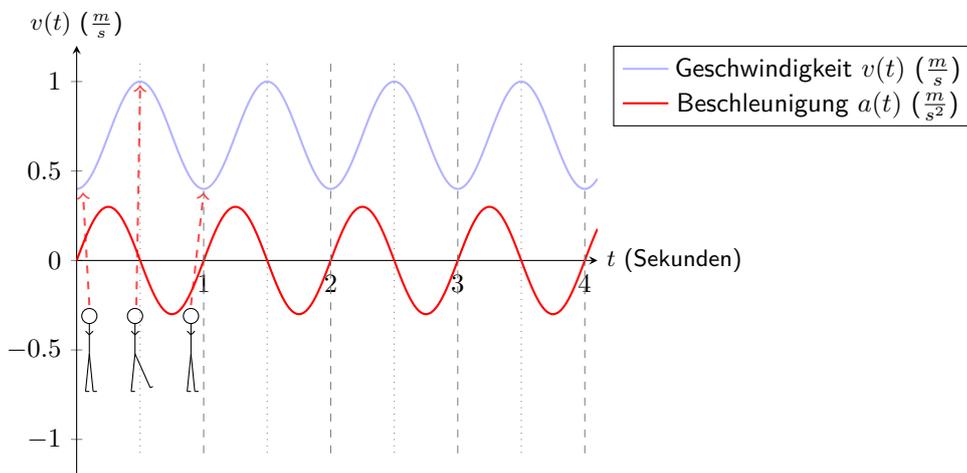


Abbildung 6: Graphischer Verlauf der Beschleunigung beim Gehen eines beziehungsweise mehreren Schritten.

Dieses Modell ist sehr stark vereinfacht. Insbesondere wird ausschließlich die Gesamt-

bewegung des Körpers betrachtet. Ein Beschleunigungssensor nimmt jedoch alle auftretenden Beschleunigungen auf, wie beispielsweise das Bewegen des Arms, Handgelenks oder der Hand (abhängig wo der Sensor getragen wird). Auch wird hier nur die Bewegung ein- statt dreidimensional betrachtet: Je nach Gangart und Aktivität, wird der Körper auch leicht nach oben bewegt. Beim Laufen oder Sprinten ist das zum Beispiel der Fall.

Basierend auf diesem Modell eines Schrittes lassen sich trotz der starken Vereinfachungen zwei Methoden zum Zählen von Schritten entwickeln.

3.2.2 Hochpunkt-Methode

Die erste Methode ist die Hochpunkt-Methode. Man erkennt beim Betrachten des Graphen der Beschleunigung, dass sich pro Schritt genau ein Hochpunkt befindet. Alternativ ließe sich diese Methode auch Tiefpunkt-Methode nennen, da sich alle Überlegungen auch auf Tiefpunkte übertragen lassen.

Zum Erkennen von Hochpunkten stellt MATLAB die Funktion `findpeaks` zur Verfügung, sodass sich die Hochpunkte im Graphen einfach zählen lassen. Allerdings sind die aufgezeichneten Messdaten nicht so optimal wie das Modell in Abbildung 6: Da mehr als nur die Gehbewegung aufgezeichnet wird, überlagern sich einige dieser Bewegungen und es treten Hochpunkte an Stellen auf, die für uns nicht relevant sind. Ferner können solche Fehler durch Messungenauigkeit hervorgerufen werden.

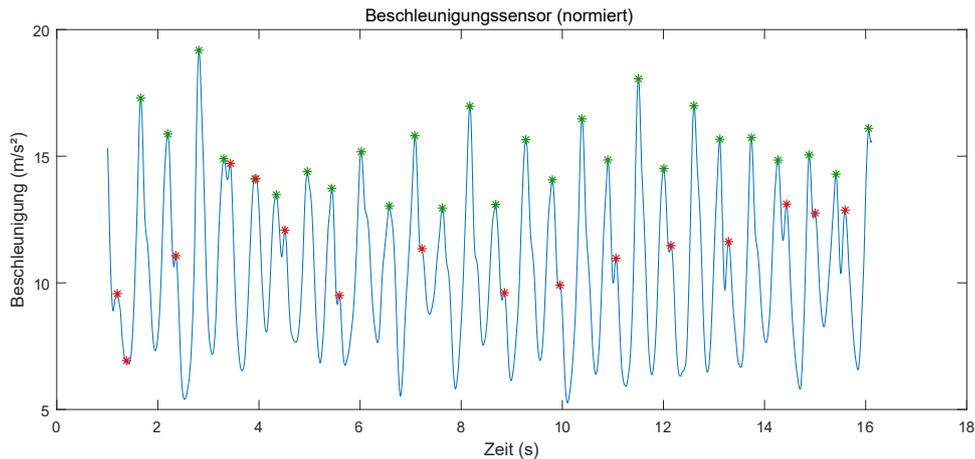


Abbildung 7: Graph der Beschleunigung, bei dem das Zählen von Schritten mithilfe von Hochpunkten nicht das gewünschte Ergebnis liefert. MATLAB erkennt alle rot und grün markierten Punkte als Hochpunkte, jedoch können nur die grünen Hochpunkte Schritten zugeordnet werden.

In Abbildung 7 sind alle Hochpunkte sichtbar, welche MATLAB als solche erkennt.

Bei der Messung wurden 28 Schritte zurückgelegt. Zählt man ausschließlich die grün markierten Hochpunkte, so kommt man auf 27 Schritte. Der fehlende Schritt kann dadurch erklärt werden, dass zu Beginn und zum Ende der Messung je eine Sekunde der Messdaten abgeschnitten wurden. Die restlichen 16 Hochpunkte, welche rot markiert sind, sollten bei dem Zählen der Schritte nicht berücksichtigt werden, da diese Hochpunkte nicht durch Schritte hervorgerufen wurden.

Dabei können drei Arten von fehlerhaft erkannten Schritten ausgemacht werden. Diese sind in Abbildung 8 verdeutlicht.



(a) An Tiefpunkten gibt es einen kleinen Berg (zweiter roter Hochpunkt).



(b) Es gibt kleinere Erhebungen im Gefälle (dritter roter Hochpunkt).



(c) Zwei Hochpunkte tauchen unmittelbar hintereinander auf (vierter roter Hochpunkt).

Abbildung 8: Beispiele für fehlerhaft erkannte Schritte basierend auf der Hochpunkt-Methode.

Zwar kann das Gehirn solche Hochpunkte leicht als irrelevant markieren, MATLAB

kann das jedoch nicht ohne Zutun von Regeln.

Eine Möglichkeit, dies zu bewerkstelligen, wäre die Untersuchung der Umgebung der erkannten Hochpunkte mit Hilfe der Funktion `findpeaks`. Das Formulieren solcher Regeln würde jedoch den Rahmen sprengen, sodass zu einer anderen Methode zurückgegriffen wurde. Anstatt die jeweilige Umgebung der erkannten Hochpunkte zu untersuchen, werden Hochpunkte mit Referenzwerten verglichen. Dazu wurden die folgenden Strategien vorgeschlagen:

- *diff*: Berechnet die Differenz zwischen jedem y-Wert eines Hochpunktes und dem y-Wert des globalen Maximums. Ist der Wert kleiner als der Parameter N , so wird der Hochpunkt als Schritt erkannt.
- *ratio*: Berechnet den Quotienten cur/max , wobei cur der y-Wert des Hochpunktes und max das globale Maximum ist. Ist der Wert größer als der Parameter N , so wird der Hochpunkt als Schritt erkannt.
- *median*: Berechnet die Differenz zwischen jedem Hochpunkt und dem Median aller Hochpunkte. Ist der Wert kleiner als der Parameter N , so wird der Hochpunkt als Schritt erkannt.
- *mean*: Berechnet die Differenz zwischen jedem Hochpunkt und dem arithmetischen Mittel aller Hochpunkte. Ist der Wert kleiner als der Parameter N , so wird der Hochpunkt als Schritt erkannt.
- *threshold*: Ist der Wert größer als der Parameter N , so wird der Hochpunkt als Schritt erkannt

Diese einfachen Regeln sind jedoch alle abhängig von einem Parameter N . Dieser muss in Abhängigkeit der Regeln gewählt werden und anschließend anhand realer Messdaten optimiert werden.

Wendet man diese Regeln nach der Optimierung des Parameters N auf Experimente anderer Aktivitäten an, stellt man jedoch ernüchternd fest, dass der Parameter N nicht nur von der Strategie sondern zusätzlich von der Aktivität abhängig ist, um gute Resultate zu erbringen.

3.2.3 Fourier-Transformation

Betrachtet man den Graphen der Beschleunigung, so stellt man fest, dass der ideale Graph eine periodische Funktion darstellt (vgl. Abbildung 9).

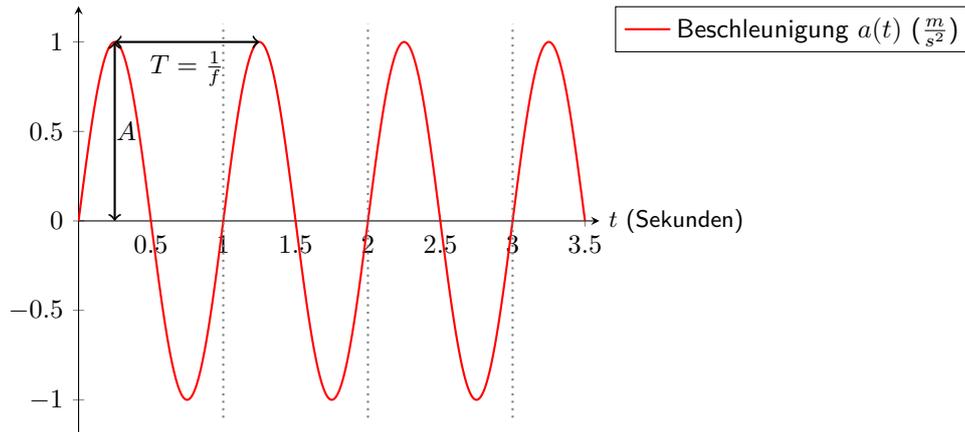


Abbildung 9: Graph der Beschleunigung mit Amplitude A und Periodendauer $T = \frac{1}{f}$.

Eine solche Funktion lässt sich mathematisch schreiben als

$$a(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t). \quad (8)$$

Dabei ist

- A die Amplitude, das heißt die maximale Beschleunigung,
- f die Frequenz, welche über den zeitlichen Abstand T zwischen zwei Hochpunkten bestimmt wird ($f = \frac{1}{T}$), und
- t die Zeit in Sekunden.

Die Frequenz gibt somit an, mit wie vielen Schritten sich die Person pro Sekunde fortbewegt. Multipliziert man die Frequenz mit der Dauer der Aktivität, erhält man die Schrittzahl:

$$steps(f, t) = f \cdot t \quad (9)$$

Allerdings ist der Graph aus Abbildung 9 nur unsere modellierte Beschleunigung. Die aufgezeichneten Messdaten haben nicht die Form einer perfekten Sinus- oder Cosinus-Kurve. Das liegt zum einen an der Tatsache, dass mehrere Bewegungen (Arm, Fuß, ...) gleichzeitig stattfinden und aufgezeichnet werden und zum anderen sind unsere Bewegungen nicht hundertprozentig identisch. Das aufgezeichnete Signal besteht daher aus

mehreren sich überlagernden Teil-Signalen.

Letzteres ist beispielhaft in Abbildung 10 verdeutlicht. Dort sind in Abbildung 10a die einzelnen Sinusfunktionen, welche in der Realität einzelnen Bewegungen zugeordnet werden können, zu sehen. In Abbildung 10b ist die resultierende Sinusfunktion sichtbar. Diese Funktion entspricht einer idealen Funktion, welche der Beschleunigungssensor aufnehmen würde. In der Realität ist sie mit Fehlern behaftet.

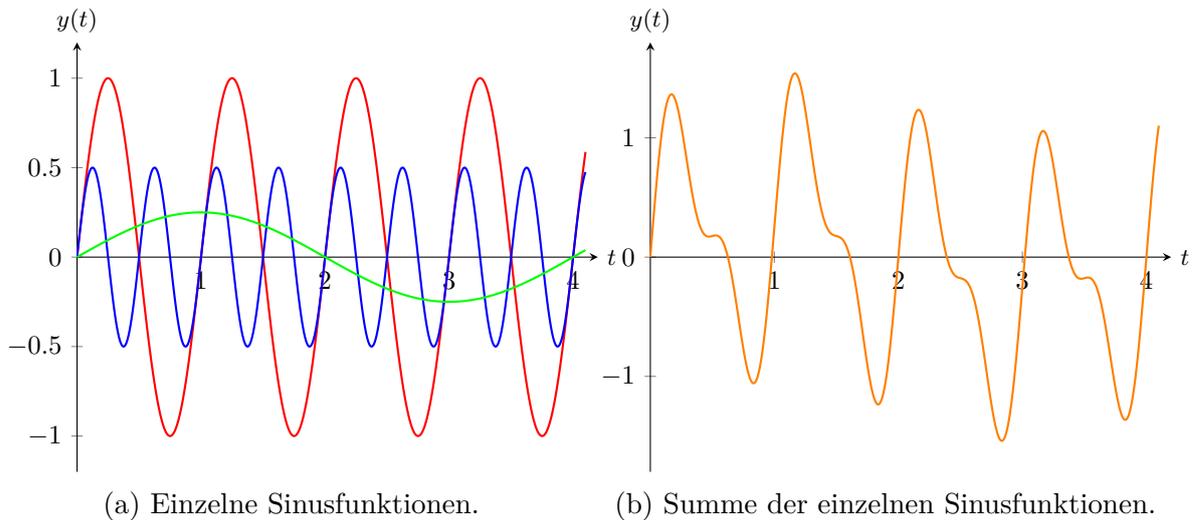


Abbildung 10: Durch Überlagerung der einzelnen Sinusfunktionen (links) ergibt sich wieder eine periodische Funktion (rechts).

Da man jedoch an der Frequenz der Körperbewegung, sprich der Schrittfrequenz, interessiert ist, muss man den Graphen der aufgezeichneten Beschleunigung in seine einzelnen Bestandteile zerlegen.

Dazu wird eine Eigenschaft genutzt, welche Joseph Fourier bereits Anfang des 19. Jahrhunderts herausfand:

Satz von Fourier

Jede periodische Funktion lässt sich als Summe von Sinus- und Cosinusfunktionen darstellen.

Basierend auf dieser Eigenschaft entwickelte er die Fourieranalyse. Mit Hilfe der Fourieranalyse lässt sich eine gegebene periodische Funktion in seine einzelnen Bestandteile, sprich in einzelne Sinus- und Cosinus-Funktionen zerlegen. Ein Beispiel ist in Abbildung 11 gegeben.

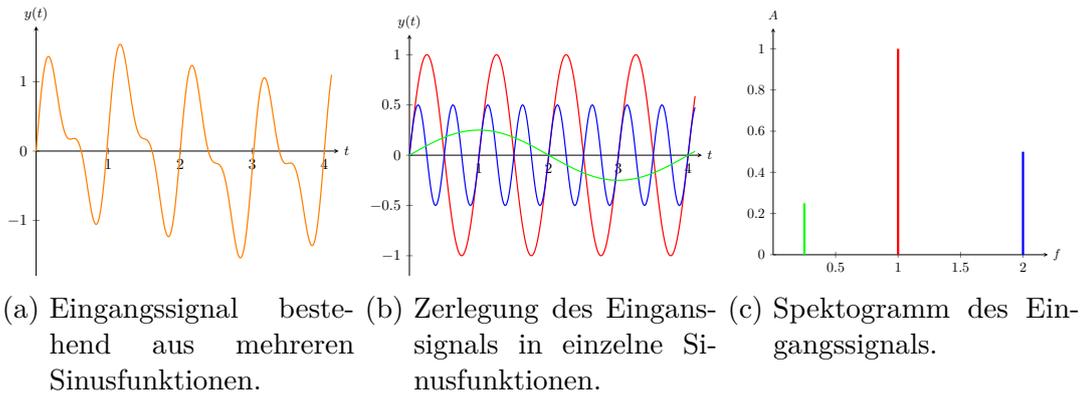


Abbildung 11: Beispiel einer Fourieranalyse: Das Eingangssignal 11a wird zerlegt in seine Bestandteile. Diese werden anschließend in einem Spektrogramm aufgetragen.

Interessant bei der Schritterkennung ist insbesondere das Spektrogramm. Anhand dieses lassen sich Frequenzen und die zugehörigen Amplituden ablesen.

Da das Eingangssignal vom Beschleunigungssensor aus mehreren Sinustermen besteht, stellt sich die Frage, welche der Frequenzen jene ist, mit der sich die Schrittzahl bestimmen lässt. Betrachtet man die einzelnen Bewegungen, die der Beschleunigungssensor potentiell aufnimmt, stellt man fest, dass die Schrittbewegung des Körpers die charakteristischste sein muss. Insbesondere erfährt der gesamte Körper die größte Beschleunigung. Das legt Nahe, dass die Frequenz mit der größten Amplitude die gesuchte Frequenz sein muss.

Das Spektrogramm des Experiments, bei dem die Person 28 Schritte gegangen ist, ist in Abbildung 12 zu sehen.

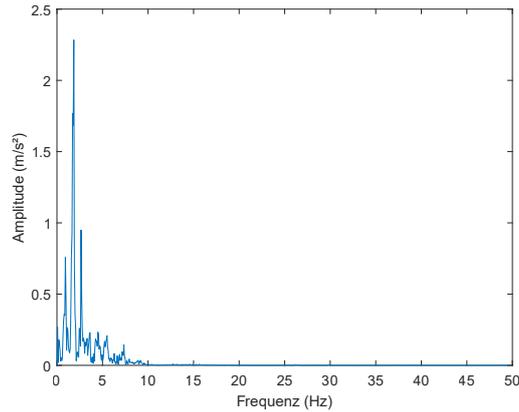


Abbildung 12: Spektrogramm einer Aktivität, bei dem die Person 28 Schritte gegangen ist.

Die maximale Amplitude liegt bei $2.28 \left(\frac{m}{s^2}\right)$ mit einer Frequenz von $1.85 Hz$. Mit Formel 9 ergibt sich dann eine Schrittzahl⁵ von 27.97, was einer relativen Messungenauigkeit von 0.11% entspricht.

Bei manchen Messungen ist es jedoch so, dass die Berechnung der Schrittzahl über die Frequenz mit der maximalen Amplitude nur die Hälfte der zurückgelegten Schritte liefert. In diesem Fall ist nicht die Frequenz der Schritte jene mit der größten Amplitude, sondern die des Arms. Beim Gehen werden die Arme bewegt. Diese Bewegung ist ebenfalls periodisch: pro zwei zurückgelegter Schritte, wird der Arm aus seiner Ausgangslage, welche parallel zum Körper ist, nach vorne und wieder nach hinten bewegt, bis er sich in der Ausgangslage befindet. Es ergibt sich folgender Zusammenhang (Ahanathapillai et al., 2015):

$$f_{\text{Schritt}} \approx 2 \cdot f_{\text{Arm}} \quad (10)$$

Dieser Zusammenhang erklärt die nur zur Hälfte erkannte Schrittzahl, da die Armfrequenz nur die Hälfte der Schrittfrequenz entspricht. Da der Computer zunächst nicht weiß, ob die Arm- oder Schrittfrequenz jene mit der größten Amplitude ist, muss hierfür eine Regel gefunden werden. Dazu kann Formel 10 genutzt werden. Aus der Auswertung von Experimenten ergibt sich, dass für den Fall, dass die Armfrequenz die mit der größten Amplitude ist, die Amplitude der Schrittfrequenz mindestens 60% der

⁵Das Experiment dauerte 15.12 Sekunden.

Amplitude der Armfrequenz entspricht. Es ergibt sich folgender Algorithmus:

1. Sei f_1 die Frequenz mit der größten Amplitude A_1 .
2. Prüfe, ob $f_2 \approx 2 \cdot f_1$ als Frequenz im Spektrogramm vorkommt. Der maximale Spielraum darf ± 0.1 betragen.
 - falls ja: prüfe, ob die zugehörige Amplitude A_2 größer ist als $0.6 * A_1$.
 - falls ja: nutze f_2 .
 - falls nein: nutze f_1 .
 - falls nein: nutze f_1 .
3. Berechne anhand der Frequenz und der Dauer die Anzahl der zurückgelegten Schritte.

Damit lässt sich die Schrittzahl sehr genau bestimmen. Bei eigenen Experimenten lag die Ungenauigkeit (vgl. Formel 7) in der Regel unter 10%. Im Gegensatz zur Hochpunkt-Methode ist diese Methode wesentlich komfortabler, da sie nicht von einem Parameter N abhängt. Es lassen sich somit für die verschiedenen Aktivitäten Gehen, Laufen und Sprinten gleichermaßen gute Ergebnisse erzielen.

3.2.4 Fourier-Analyse im Detail

Im letzten Abschnitt wurde die Fourieranalyse grob vorgestellt. Sie soll nun hier detailliert dargestellt werden.

Zunächst sollen einfache trigonometrische Funktionen und deren Eigenschaften betrachtet werden. Wir betrachten die folgenden Basisfunktionen:

$$1, \sin(nx), \cos(nx) \text{ für } n \in \mathbb{N} \quad (11)$$

Für alle diese trigonometrischen Basisfunktionen gelten folgende Eigenschaften für $m, n \in \mathbb{N}, m \neq n$:

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin(mx) dx = \int_{-\pi}^{\pi} \cos(mx) dx = 0 \quad (12)$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin(mx) \sin(nx) = \int_{-\pi}^{\pi} \cos(mx) \cos(nx) = 0 \quad (13)$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin(mx) \cos(nx) = 0 \quad (14)$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin(mx)^2 = \int_{-\pi}^{\pi} \cos(mx)^2 = \pi \quad (15)$$

Auf einen Beweis dieser Eigenschaften wird verzichtet, da dies den Rahmen dieser Ausarbeitung sprengen würde. Mit Hilfe des Skalarproduktes

$$f \cdot g = \int_{-\pi}^{\pi} f(x)g(x)dx \quad (16)$$

und den Gleichungen (12) - (14) lässt sich die Auffassung der Basisfunktionen als Basis eines Vektorraumes rechtfertigen, da die einzelnen Basisfunktionen orthogonal aufeinander stehen (Wien, o. J.). Auf einen formalen Beweis, dass es sich bei (16) um ein Skalarprodukt handelt, wird im Rahmen dieser Ausarbeitung ebenfalls verzichtet, da sich die Eigenschaften des Skalarproduktes im Wesentlichen auf die Rechenregeln von Integralen zurückführen lassen.

Möchte man eine periodische Funktion als Linearkombination trigonometrischer Basisfunktionen darstellen, muss eine Fourieranalyse durchgeführt werden. Die allgemeine Form dieser Linearkombination nennt man Fourierreihe:

Fourierreihe

Sei $t \in \mathbb{R}$ und $(a_k)_{k \in \mathbb{N}}$, $(b_k)_{k \in \mathbb{N}}$ reelle Folgen, dann bezeichnet man

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(kt) + b_k \sin(kt)) \quad (17)$$

als Fourier-Reihe. Die Koeffizienten a_0 , a_k und b_k werden als Fourierkoeffizienten bezeichnet.

Die Fourierkoeffizienten lassen sich dabei wie folgt berechnen.

- a_0 lässt sich bestimmen, indem man Gleichung (17) auf dem Intervall $[-\pi; \pi]$ integriert und anschließend nach a_0 umstellt und dabei (12) ausnutzt. Man erhält:

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x)dx$$

- a_n lässt sich bestimmen, indem man Gleichung (17) mit $\cos(nx)$ multipliziert, auf dem Intervall $[-\pi; \pi]$ integriert und anschließend nach a_n umstellt. Dabei nutzt man (12) sowie im Falle $k = n$ die Gleichung (15) aus und erhält:

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos(nx) dx$$

- b_n lässt sich bestimmen, indem man Gleichung (17) mit $\sin(nx)$ multipliziert, auf dem Intervall $[-\pi; \pi]$ integriert und anschließend nach b_n umstellt. Dabei nutzt man (12) sowie im Falle $k = n$ die Gleichung (15) aus und erhält:

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin(nx) dx$$

Das folgende Beispiel soll eine händische Fourieranalyse demonstrieren. Dazu soll die auf \mathbb{R} periodisch fortgesetzte Funktion

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} & 0 \leq x \leq \pi \\ -\frac{1}{2} & -\pi < x < 0 \end{cases}$$

dienen, deren Graph wie folgt aussieht:

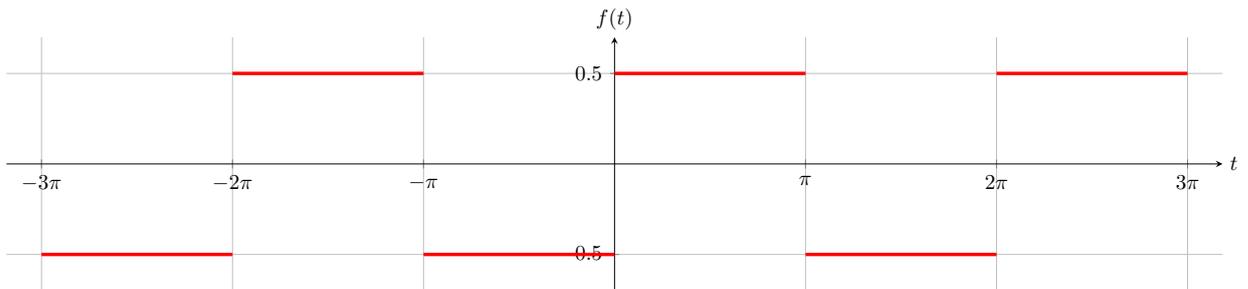


Abbildung 13: Graph der periodisch fortgesetzten Funktion f

Zunächst stellt man fest, dass die Funktion f punktsymmetrisch ist, denn es gilt $f(-x) = -f(x)$. Somit müssen alle Cosinusterme 0 sein, also ist $a_n = 0 \forall n \in \mathbb{N}$. Da $\int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx = 0$, ist auch $a_0 = 0$. Der Parameter b_n lässt sich wie folgt bestimmen:

$$\begin{aligned}
b_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin(nx) dx \\
&= \frac{1}{\pi} \left(\int_{-\pi}^0 f(x) \sin(nx) dx + \int_0^{\pi} f(x) \sin(nx) dx \right) \\
&= \frac{1}{\pi} \left(-\frac{1}{2} \int_{-\pi}^0 f(x) \sin(nx) dx + \frac{1}{2} \int_0^{\pi} f(x) \sin(nx) dx \right) \\
&\stackrel{\text{punkt-}}{=} \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sin(nx) dx \\
&\stackrel{\text{symm.}}{=} \frac{1 - \cos(nx)}{\pi n} \\
&= \frac{1 - (-1)^n}{\pi n}
\end{aligned}$$

Die Funktion

$$f_n(x) = \sum_{k=1}^n b_k \sin(kx) = \sum_{k=1}^n \frac{1 - (-1)^k}{\pi k} \sin(kx)$$

ist eine Annäherung an die Funktion f und es gilt $f_n(x) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} f(x)$. Plottet man f_{15} ergibt sich folgender Graph:

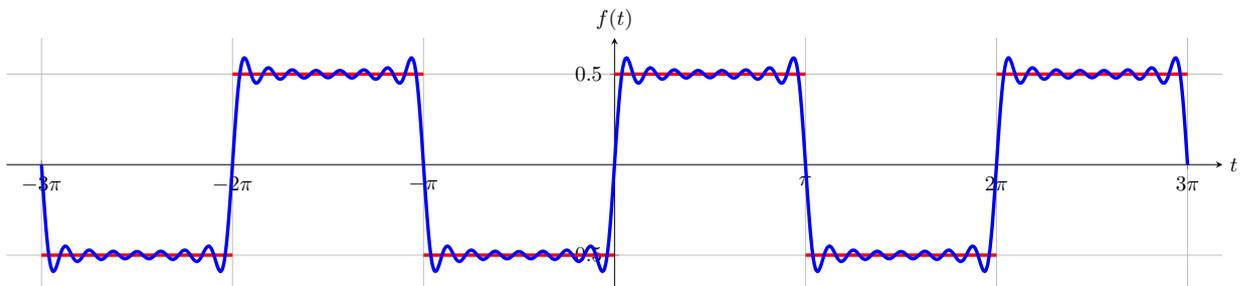


Abbildung 14: Graph der periodisch fortgesetzten Funktion f (rot) und der mit Hilfe der Fourieranalyse angenäherten Funktion \tilde{f}_{15} (blau)

3.3 Aktivitätsanalyse

Ein weiterer zentraler Aspekt von Fitnesstrackern ist die Aktivitätsanalyse. Dabei soll herausgefunden werden, welche Aktivität der Benutzer durchgeführt hat. Dazu müssen einzelne Aktivitäten zunächst unterschieden werden und anschließend klassifiziert

werden. Dies soll im Folgenden mathematisch erläutert werden.

3.3.1 Bereiche finden

Das erste Problem ist das Einteilen eines Experiments in die verschiedenen Aktivitätsbereiche. Die einzelnen Bereiche lassen sich zwar beim Betrachten erahnen (vgl. Abbildung 15), MATLAB muss das jedoch anhand von Regeln mitgeteilt werden, wie es die einzelnen Bereiche findet.

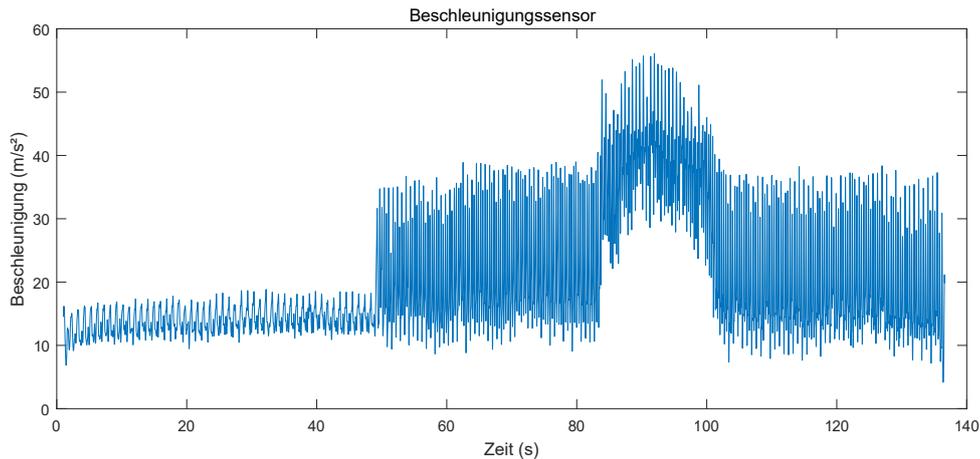


Abbildung 15: Graph eines Experiments bei dem 100 Schritte gegangen, 100 Schritte gelaufen, 50 Schritte gesprintet und zum Schluss 100 Schritte gelaufen wurde.

Da sehr viele Messwerte aufgezeichnet wurden, sollen diese zunächst in ihrer Anzahl reduziert werden. Dabei sollen jedoch charakteristische Eigenschaften der Werte erhalten bleiben. Dazu werden Methoden aus der Statistik hinzugezogen und diese Methode dann jeweils auf eine festgelegte Anzahl an Messwerten angewendet.

Zur Verfügung stehen die folgenden Methoden:

- Minimum der Messwerte
- Maximum der Messwerte
- arithmetisches Mittel der Messwerte
- Median der Messwerte
- Standardabweichung der Messwerte

Diese Methoden sind den Schülern aus der Schule bereits bekannt. Alle Messwerte, die

gleichzeitig betrachtet werden, werden anschließend durch das Ergebnis der statistischen Methode ersetzt.

Die am besten geeigneten Methoden sind das arithmetische Mittel und der Median, da es die Charakteristika der Messwerte am besten widerspiegelt. Das Minimum oder Maximum sind nur bedingt geeignet, da je ein einziger Punkt nicht die gesamte Messreihe beschreiben kann. Die Standardabweichung ist ebenfalls nicht gut geeignet, da sie insbesondere Sprints und Laufen nicht besonders gut unterscheidbar macht. Das liegt in der Tatsache begründet, dass die Standardabweichung ein Maß für die mittlere Abweichung der Messdaten zum arithmetischen Mittel angibt und diese Abweichung bei Sprints und Laufen nicht groß genug ist.

Ein Beispiel vom obigen Experiment mit der Methode *arithmetisches Mittel der Messwerte* ist in Abbildung 16 zu sehen.

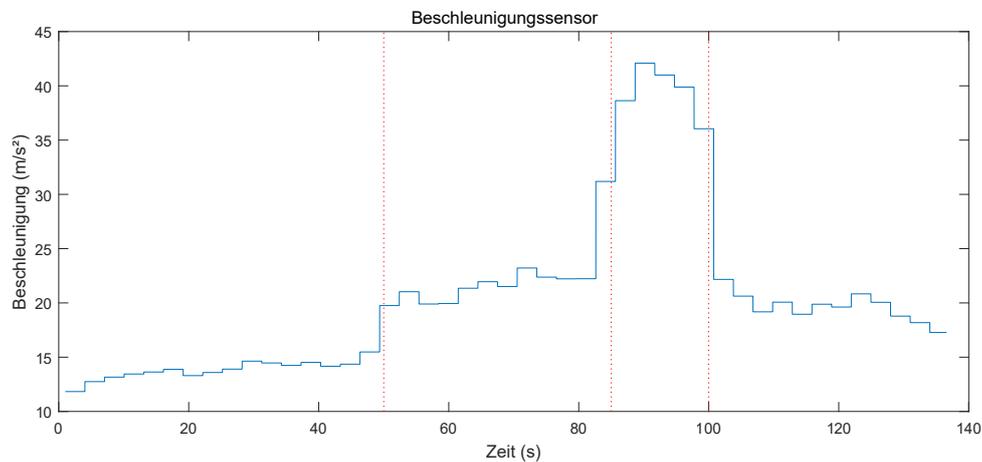


Abbildung 16: Graph von Abbildung 15, nachdem von 300 Messwerten das arithmetische Mittel bestimmt und durch dieses ersetzt wurden. In orange sind die durch Angucken (durch den Menschen) erkannten Bereichsgrenzen eingezeichnet.

Anschließend müssen die einzelnen Bereichsgrenzen gefunden werden. Mithilfe eines Schwellenwertes werden diese Bereichsgrenzen vom Computer gefunden: Ist die Differenz zwischen zwei Messwerten größer als der angegebene Schwellenwert, so erkennt der Computer zwischen beiden Werten eine Bereichsgrenze.

3.3.2 Aktivitäten klassifizieren

Hat man die gesamte Aktivität in einzelne Teilbereiche unterteilt, kann nun die Aktivität bestimmt werden, welche in den einzelnen Bereichen durchgeführt wurden. Dazu müssen die einzelnen Aktivitäten Gehen, Laufen, Sprinten und Stehen zunächst klassifiziert werden.

Auch hier sollen statistische Methoden (Minimum, Maximum, arithmetisches Mittel, Standardabweichung) zu Rate gezogen werden. Zudem können die Frequenz, welche die Fourier-Transformation liefert, betrachtet werden. Damit die einzelnen Aktivitäten klassifiziert werden können, werden die statistischen Methoden auf jedes Experiment angewendet und anschließend angezeigt.

Die Aktivitäten Gehen, Laufen und Sprinten lassen sich dabei lediglich über die Frequenz klassifizieren. Alle zur Verfügung gestellten statistischen Methoden liefern keine sinnvollen Ergebnisse. Eine gute Klassifizierung lässt sich jedoch über die Frequenzbereiche der jeweiligen Aktivitäten erreichen:

- Gehen: $f \in (0; 2)$
- Laufen: $f \in [2; 2, 8)$
- Sprinten: $f \in [2, 8; \infty)$

Die Aktivität Stehen lässt sich nicht über die Frequenz klassifizieren. Die Annahme, dass sich der Arm beziehungsweise der Körper beim Stehen nicht bewegt, mag zwar auf den ersten Blick einleuchtend sein. Bei genauerem Betrachten bewegt man sich dennoch, wenn auch nur sehr geringfügig. Somit wird auch hier eine Frequenz gemessen, welche jedoch nicht sinnvoll zu null Schritten verrechnet werden kann. Da der Beschleunigungssensor im Ruhezustand die Erdbeschleunigung misst, liegt der Betrag der Beschleunigung immer um den Wert $9,81 \frac{m}{s^2}$. Somit fallen die statistischen Methoden Minimum, Maximum, arithmetisches Mittel und Median bereits raus, da der Wert $9,81 \frac{m}{s^2}$ auch bei anderen Aktivitäten als Wert auftreten kann. Die verbleibende Methode der Standardabweichung ist jedoch sehr hilfreich: Da man sich nur geringfügig bewegt, ist die Auslenkung bei der Beschleunigung um $9,81 \frac{m}{s^2}$ nicht sehr groß und somit auch die mittlere Abweichung zum Mittelwert nicht groß. Die Auswertung der Testdaten bestätigt diese Annahme: Die Messdaten haben eine Standardabweichung von weniger als 1. Bei allen anderen Aktivitäten war diese wesentlich größer als 1, was aber nicht verwunderlich ist, schließlich ist die Amplitude der Beschleunigung wesentlich größer als beim Stehen. Entsprechend muss man bei den Aktivitäten Gehen, Laufen

und Sprinten zusätzlich zum Frequenzbereich noch prüfen, ob die Standardabweichung größer als 1 ist.

4 Konzeption des CAMMP days

4.1 Ziele und curriculare Einbindung

In Rahmen des entwickelten CAMMP days zum Thema Fitnesstracker werden einige Konzepte aus Mathematik und Physik genutzt, welche bereits in Kapitel 3 vorgestellt wurden. Diese Konzepte finden sich auch im Unterricht wieder, sodass sie im Rahmen des CAMMP days angewendet und vertieft werden.

Aus der Physik werden die Konzepte *Beschleunigung* und *Geschwindigkeit* sowie deren Zusammenhang benötigt. *Beschleunigung* lernen die Schüler bereits bis zum Ende der neunten Klasse (KLP Physik Sek. I, S. 30) kennen, *Geschwindigkeit* und der Zusammenhang zwischen beiden Größen wird in der Einführungsphase behandelt (KLP Physik Sek. II, S. 24). Der Zusammenhang, dass die Beschleunigung die Ableitung der Geschwindigkeit ist, wird möglicherweise zusätzlich im Mathematikunterricht im Rahmen von Anwendungsaufgaben thematisiert. Ebenfalls in der Einführungsphase lernen die Schüler, Kriterien „um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen“ (KLP Physik Sek. II, S. 26) anzugeben. Da alle physikalischen Grundlagen im Rahmen des CAMMP days erläutert werden, werden Schüler, die kein Physik in der Oberstufe belegen, nicht benachteiligt.

Aus dem Mathematikunterricht werden für diesen CAMMP day Konzepte aus allen Inhaltsfeldern benötigt. Zum einen müssen die Schüler mit der Sinusfunktion arbeiten. Diese wird zum Modellieren eines Schrittes genutzt und ist zudem Grundlage für die Fourieranalyse. Den Sinus lernen die Schüler bereits in der Sekundarstufe I kennen (KLP Mathematik Sek. I, S. 15). In der Einführungsphase beschäftigen sich die Schüler schließlich mit Transformationen der Sinusfunktion (KLP Mathematik Sek. II, S. 23). Damit besitzen sie alle Voraussetzungen, um mit der Sinusfunktion im Rahmen des CAMMP days zu arbeiten. Ebenfalls in der Einführungsphase lernen die Schüler, *Längen von Vektoren* zu bestimmen (KLP Mathematik Sek. II, S. 24). Sie müssen diese zwar nicht eigenständig bestimmen, es wird jedoch im Rahmen des Problemstellungsvortrags darauf zurückgegriffen. Aus dem Inhaltsfeld *Stochastik* arbeiten die Schüler mit Lage- und Streumaßen und deren Eigenschaften. Diese lernen sie in der Einführungsphase beziehungsweise im Grund- und Leistungskurs der Qualifikationsphase kennen (KLP Mathematik Sek. II, S. 16, S. 29).

Die aus der Schule bekannten Inhalte werden dabei wiederholt und vertieft. Da die

Mathematik bei der Bearbeitung jedoch nur sekundär eine Rolle spielt, wird so das Verständnis und Behalten dieser mathematischen Inhalte gefördert (vgl. Kapitel 2.2.4). Insbesondere sehen die Schüler, dass sie die in der Schule erlernten Inhalte auch außerhalb des Unterrichts anwenden können. Dies soll die Motivation steigern, sich mit Mathematik zu beschäftigen (vgl. Kapitel 2.2.4).

Neben inhaltlichen Schwerpunkten deckt der CAMMP day auch die aus dem Kernlehrplan bekannten Kompetenzfelder ab. Schwerpunkt des CAMMP days ist dabei das Kompetenzfeld *Modellieren*. Die einzelnen Bereiche des im Kernlehrplan (KLP Mathematik Sek. II, S. 14f) beschriebenen Kompetenzfeldes finden sich dabei im Modellierungskreislauf (vgl. Abbildung 3) wieder und entsprechen den vier Schritten des Modellierungskreislaufes.

Die vorgestellten Inhalts- und Kompetenzfelder werden genutzt, um das Ziel des Tages zu erreichen: die Schüler sollen verstehen und nachvollziehen, wie ein Fitnesstracker funktioniert und welche Rolle die Mathematik dabei spielt.

4.2 Grundlegende Ideen

Im Gegensatz zu den CAMMP days „GPS“ oder „Google“ müssen die Schüler im Rahmen dieses CAMMP days nur wenig klassisch rechnen oder Formeln aufstellen, um MATLAB rechnen zu lassen. Der Fokus dieses CAMMP days liegt auf der Auswertung von Daten. So werden die Schüler selbst zu Forschern, die Daten hinsichtlich eines Gesichtspunktes – in diesem Fall der Schritt- oder Aktivitätserkennung – auswerten müssen. Dabei haben sie eine Auswahl an Strategien, die sie bei der Auswertung der Daten anwenden können. Sie können zum einen nach dem *Trial and Error*-Prinzip zwar ausprobieren, ob das gewünschte Ergebnis erzielt wird. Anschließend müssen sie jedoch immer begründen können, wieso die jeweilige Strategie oder Methode funktioniert oder nicht. Im Sinne der Effektivität sollten die Schüler daher diese Überlegungen bereits im Voraus anstellen. Dabei kann es jedoch passieren, dass die Schüler falsche Überlegungen anstellen und sie nicht zufriedenstellende Ergebnisse erhalten. Auch wenn dies zunächst frustrierend erscheint, lernen sie mit Fehlern umzugehen, was sich positiv auf die Problemlösekompetenz auswirken kann.

Eine ebenfalls zentrale Idee bei diesem CAMMP day ist die Tatsache, dass die Schüler ihre eigenen Experimente auswerten und nicht auf bereits fertige Daten zurückgreifen müssen. Zwar sind solche für den Fall, dass das Experimentieren nicht gelingt, im

Computer hinterlegt, der Fokus liegt jedoch auf der Auswertung der eigenen Daten. Dies macht ihre Arbeit im Rahmen des CAMMP days authentisch, da sie zunächst selbst Daten generieren und anschließend untersuchen und auswerten müssen. Dies ist dem Vorgehen in der Forschung nachempfunden.

4.3 Werkzeuge

Um die Ziele des CAMMP days zu erreichen, werden zwei wesentliche Hilfsmittel eingesetzt, welche im Folgenden vorgestellt werden.

4.3.1 MATLAB

MATLAB ist eine Software der Firma MathWorks mit Hauptsitz in Massachusetts, USA (MathWorks, o.J.d). Im Wesentlichen bietet MATLAB eine Umgebung zum (überwiegend imperativen) Programmieren. Das Einsatzgebiet von MATLAB ist dabei sehr vielfältig. Mit Hilfe von MATLAB können unter anderem Simulationen erstellt und Daten oder Signale verarbeitet werden (MathWorks, o.J.a). Das besondere an MATLAB ist die Vielzahl an bereitgestellten Funktionen und Verfahren, insbesondere aus den Naturwissenschaften. Im Gegensatz zu Programmen wie Maple, rechnet MATLAB numerisch und nicht symbolisch⁶. MATLAB ist insbesondere für Ingenieure und Wissenschaftler interessant und wird von diesen genutzt (MathWorks, o.J.a).

Wie auch bei allen anderen entwickelten CAMMP days wird im Rahmen dieses CAMMP days MATLAB eingesetzt. Die Schüler erfahren so einen besseren und authentischen Einblick in die Welt der Ingenieure und Wissenschaftler, da sie gleichen Werkzeuge nutzen.

Im Rahmen des entwickelten CAMMP days wird MATLAB insbesondere zur Visualisierung, Berechnung und Kontrolle von Ergebnissen genutzt (vgl. Kapitel 2.2.3).

4.3.2 MATLAB Live Editor

Bei der Auswertung der Evaluationen nach der Durchführung von CAMMP days wird immer wieder festgestellt, dass sich die Schüler beim Umgang mit MATLAB schwer

⁶Mit Hilfe der „Symbolic Math Toolbox“ kann MATLAB auch symbolisch rechnen (MathWorks, o.J.c).

tun. Das liegt vor allem daran, dass die Schüler selten Erfahrung beim Programmieren haben und sich somit überfordert fühlen.

Ein Versuch, dem entgegenzuwirken, ist der Einsatz des MATLAB Live Editors. Damit lassen sich Arbeitsblätter erstellen, welche nicht ausschließlich aus MATLAB Code sondern zusätzlich aus formatiertem Text, Bildern oder Gleichungen bestehen (MathWorks, o.J.b). Für die Schüler wirken solche Arbeitsblätter interaktiv, da sie zum einen Eingaben in den Code-Sektionen tätigen können und andererseits Ergebnisse, beispielsweise in Form von Plots, direkt unterhalb des zugehörigen Code sehen können. Bei klassischen MATLAB Code-Dateien werden Plots stets in einem neuen Fenster geöffnet, was bei vielen Schülern für Chaos auf dem Computer sorgt, da sie eine Vielzahl an Plot-Fenstern geöffnet haben.

Einen weiteren Vorteil des Live-Editors ist das Einsparen von Papier, da die Arbeitsblätter nicht ausgedruckt werden müssen. Dies ist nicht nur aus ökonomischer und ökologischer Sicht vorteilhaft, sondern sorgt zusätzlich für weniger Unordnung auf dem Arbeitsplatz der Schüler. Außerdem arbeiten die Schüler ausschließlich am Computer und müssen so nicht regelmäßig beim Bearbeiten der Aufgaben zwischen Aufgabenblatt und Computer wechseln.

Der Live Editor wurde erstmals für das Shazam-Modul des Schülerlabors eingeführt. Alle anderen auf MATLAB-Code basierende CAMMP days sollen zukünftig ebenso mit dem Live Editor umgesetzt werden. Der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte CAMMP day nutzt ebenfalls den Live Editor.

4.3.3 phyphox App

phyphox ist eine App des II. Physikalischen Institut der RWTH Aachen. Der Name *phyphox* steht dabei für „physical phone experiments“. Die App liest Sensoren wie beispielsweise Beschleunigungssensor, Lichtsensor oder Magnetometer^{7,8} vom Smartphone aus und zeigt Messwerte graphisch an (phyphox Website, o.J.). Somit lassen sich mit Hilfe der App physikalische Experimente aus Mechanik durchführen und auswerten. Da es die App erlaubt, die aufgezeichneten Daten zu exportieren, kann die Auswertung am Computer erfolgen (phyphox, o.J.).

Ein großer Vorteil der Anwendung ist, dass sie kostenlos erhältlich ist und sowohl

⁷Mit Hilfe eines Magnetometers lassen sich magnetische Flussdichten messen (Wikipedia, 2017c).

⁸Die Liste der Sensoren ist nicht vollständig.

Android als auch iOS unterstützt. Die Schüler können daher mit ihren eigenen Smartphones arbeiten und es müssen keine weitere Hardware angeschafft werden.

Da die Schüler mit ihren eigenen Messdaten arbeiten sollen, wird die App als Werkzeug zum Experimentieren hinzugezogen (vgl. Kapitel S2.2.3). Sie liest den Beschleunigungssensor aus und stellt die aufgezeichneten Daten im CSV⁹-Format bereit, um sie anschließend mit MATLAB weiterzuverarbeiten.

4.4 Didaktisch-methodisches Konzept

Im Folgenden soll der Ablauf des entwickelten CAMMP days grob skizziert werden. Diese Übersicht steht den Dozenten ebenfalls zur Verfügung (siehe A.6). Details zu den entwickelten Komponenten werden im darauf folgenden Abschnitt dargelegt.

1. Wie jeder CAMMP day startet auch dieser mit einer kurzen *Begrüßung* und einer kurzen Vorstellung des Schülerlabors CAMMP. Am Ende der Präsentation wird der zeitliche Ablauf des CAMMP days vorgestellt.
2. Nach der Begrüßung folgt der *Modellierungsvortrag*. Dieser Vortrag wird von einem Doktoranden des Instituts gehalten. Darin erläutert der Doktorand anhand seines Forschungsgebietes was „Mathematische Modellierung“ ist. Dabei verweist er regelmäßig auf den Modellierungskreislauf und erklärt so die einzelnen Schritte des Kreislaufs. Im Anschluss kann eine kurze Diskussion folgen, bei der die Schüler Fragen an den Doktoranden stellen. Dies dient der Berufs- und Studienorientierung.
3. Es folgt der *Problemstellungsvortrag*, bei dem die Dozenten in das Thema „Fitnessstracker“ einführen und die heutige Fragestellung präsentieren (vgl. A.5.1). Diese lautet: *Wie funktionieren Fitnessstracker und was hat das mit Mathe zu tun?*

Im Rahmen des Vortrags wird der Modellierungskreislauf angewandt auf die vorliegende Fragestellung regelmäßig aufgegriffen. Darüber hinaus wird das Konzept der Beschleunigung erklärt und wie sich die Beschleunigung beim Gehen verhält. Basierend darauf wird die Hochpunkt-Methode vorgestellt.

Am Ende des Vortrags wird die App *phyphox* eingeführt, mit der die Schüler im Anschluss Messdaten aufnehmen müssen.

⁹character separated values (engl: Zeichen-separierte Werte)

4. Nun müssen die Schüler die App *phyphox* auf ihren Smartphones installieren. Jede Zweier-Gruppe erhält ein Arbeitsblatt mit genauen Anweisungen und Platz zur Dokumentation der Experimente (vgl. A.1.1). Die Schüler sollen insgesamt fünf Experimente aufzeichnen. Je ein Experiment, wo die Schüler 30-50 Schritte gehen, laufen und sprinten sowie ein Experiment, bei dem sie lediglich stehen. Das fünfte Experiment ist ein zusammengesetztes Experiment, was aus den vier Aktivitäten Gehen, Laufen, Sprinten und Stehen bestehen kann. Es sollen insgesamt fünf Aktivitäten hintereinander ausgeführt werden, beispielsweise 20 Schritte gehen, 30 Schritte laufen, kurz stehen bleiben, 20 Schritte sprinten und 10 Schritte gehen.

Im Anschluss sollen die aufgezeichneten Messdaten auf den Computer übertragen werden. Nun werden die Messdaten noch allen Schülern zur Verfügung gestellt. Dazu wird ein Online-Speicherplatz (wie beispielsweise Dropbox oder sciebo) genutzt. Dieser ist bereits auf dem Computer vorbereitet.

5. Es folgt eine kurze *Einführung in MATLAB* durch den Dozenten. Dazu wurde ein Beispiel-Aufgabenblatt vorbereitet, welches gemeinsam erarbeitet wird (vgl. A.4).
6. Im Anschluss werden die Schüler wieder selbst aktiv und erarbeiten auf dem ersten Arbeitsblatt die *Hochpunkt-Methode* (vgl. A.1.2). Dabei müssen sie selbst tüfteln und versuchen, optimale Strategien und zugehörige Parameter zu wählen. Schüler, die sehr schnell sind, erhalten ein Zusatzaufgabenblatt, bei dem sie im Internet hinsichtlich des Datenschutzes von Fitnesstrackern recherchieren sollen.
7. Nach dem ersten Arbeitsblatt erfolgt eine *Zwischenpräsentation*, bei dem die zentralen Ergebnisse des ersten Aufgabenblattes zusammengefasst werden (vgl. A.5.3). Da die erste Methode nicht zufriedenstellend gut funktioniert, wird eine weitere Methode erarbeitet: die Fourieranalyse. Dazu werden auch zentrale Eigenschaften wie Frequenz, Amplitude und Periodendauer einer Sinusfunktion zusammengetragen.
8. Nun schauen sich die Schüler genauer an, wie die Schritterkennung mithilfe der *Fourieranalyse* funktioniert (vgl. A.1.3). Sie stellen fest, dass diese Methode zum einen wesentlich bessere Ergebnisse liefert und zum anderen auf alle Aktivitäten anwendbar ist. Im zweiten Schritt betrachten die Schüler einen Spezialfall, bei dem die höchste Amplitude nicht zur Schrittfrequenz gehört, sondern zur Frequenz des Armes. Die Schüler sollen nun eine Regel finden, mit der sich fest-

stellen lässt, ob die höchste Amplitude zur Arm- oder zur Schrittfrequenz gehört, und im Anschluss die korrekte Frequenz auswählen, mit der sich Schritte zählen lassen.

9. Nach dem Schrittezählen beschäftigen sich die Schüler mit einem weiteren Feature von Fitnesstrackern: der *Aktivitätsanalyse* (vgl. A.1.4). Zum einen sollen die zuvor aufgezeichneten Experimente mit mehreren Aktivitäten ausgewertet werden, indem zunächst die Bereiche der einzelnen Aktivitäten erkannt und anschließend die einzelnen Aktivitäten erkannt werden. Dazu ist eine vorige Klassifizierung der einzelnen Aktivitäten nötig.
10. Nach dem dritten Arbeitsblatt erfolgt die *Abschlusspräsentation* (vgl. A.5.5). Zunächst werden die Ergebnisse von Aufgabenblatt 2 und 3 zusammengetragen. Die Ergebnisse werden – sofern vorhanden – mit den Erfahrungen der Schüler hinsichtlich der Schritt- und Aktivitätserkennung der eigenen Fitnesstracker verglichen. Zum Schluss wird das Thema Datenschutz vom Zusatzaufgabenblatt aufgegriffen.
11. Es folgt die Abschlusspräsentation von CAMMP, bei der auf weitere Angebote von CAMMP verwiesen wird. Es wird ein Evaluationsbogen ausgeteilt, bei dem die Schüler den CAMMP day bewerten sollen. Danach ist der CAMMP day zu Ende.

Der gesamte CAMMP days dauert einschließlich einer einstündigen Mittagspause ungefähr sechs Stunden.

4.5 Material

Die im Rahmen der Masterarbeit für einen CAMMP day entwickelten Materialien werden nun vorgestellt. Sie werden in der Reihenfolge vorgestellt, in der sie bei der Durchführung eingesetzt werden. Das vorgestellte Material entspricht der aktuellsten Version, bei der bereits Verbesserungen nach der ersten Durchführung eingearbeitet wurden (vgl. Kapitel 5.4). Die Vorträge zur Vorstellung von CAMMP, der Modellierungsvortrag sowie die Abschlusspräsentation von CAMMP werden entweder vom CAMMP Team oder durch den Doktoranden erstellt beziehungsweise sind bereits erstellt worden. Auf sie wird im Folgenden daher nicht eingegangen.

4.5.1 Problemstellungs-Vortrag

Das Ziel des Problemstellungsvortrags (A.5.1) ist es, in das Problem des CAMMP days einzuführen. Der Vortrag startet mit einem kurzen geschichtlichen Verlauf bei der Entwicklung von Fitnesstrackern. Dabei lässt sich die Entwicklung zurückverfolgen bis in das Jahr 1780 als der Schweizer Uhrmacher Abraham-Louis Perrelet das erste mechanische Pedometer gebaut hat (Wikipedia, 2017e). Mit dem ersten tragbaren Herzfrequenz-Monitor der finnischen Firma Polar Electro begann die Entwicklung der Fitnesstracker, wie wir sie heutzutage kennen. Die vielen bekannten Fitnessarmbänder sind seit 2006 auf dem Markt erhältlich sind (Wikipedia, 2017a).

Um das Interesse der Schüler zu wecken, wird eine Umfrage zur Nutzung von Fitnesstrackern gestartet. Darunter fallen nicht nur Fitnessarmbänder oder Smartwatches sondern auch Fitnessapps. Zum Vergleich wird eine Studie von Bitkom¹⁰ Research hinzugezogen, bei der herausgefunden wurde, dass 2016 in Deutschland mehr als 30% der ab 14-jährigen Bürger Fitnesstracker nutzen. Anschließend werden Funktionen gesammelt, welche aktuelle Fitnesstracker besitzen. Dabei können die Schüler entweder die Funktionen der eigenen Tracker nennen oder ihnen aus der Werbung bekannte Funktionen nennen. Nachdem alle Meldungen der Schüler gesammelt wurden, wird die Liste an Funktionen gegebenenfalls vervollständigt und darauf hingewiesen, dass die Schüler im Rahmen dieses CAMMP days die Funktionen *Schrittzähler* und *Aktivitätserkennung* und ihre Funktionsweise erarbeiten.

Nun müssen zunächst einige physikalische und mathematische Zusammenhänge vermittelt werden. Anhand eines einzelnen Schrittes finden die Schüler heraus, wie sich die Geschwindigkeit in Abhängigkeit zur Zeit verhält: man wird zuerst schneller und bremst beim Auftreten wieder ab. Das Beispiel wird anschließend auf vier Schritte ausgeweitet. Nun wird die Beschleunigung als Änderung der Geschwindigkeit eingeführt. Als erstes Zwischenfazit wird festgehalten, dass man einen Schritt an einem Hochpunkt an dem Graphen der Beschleunigung erkennen kann. Im Anschluss wird erklärt, wie die Beschleunigung speziell mit den Fitnesstrackern gemessen werden kann: mit Hilfe eines Beschleunigungssensors. Dazu werden die Eigenschaften eines solchen Sensors dargelegt und auf das Koordinatensystem des Sensors verwiesen. Aufgezeichnet wird der Sensor mit der App *phyphox*. Diese misst jedoch die Beschleunigung für alle Achsen, sodass drei Graphen ausgewertet werden müssten. Nun kommt ein weiterer Begriff aus der Mathematik ins Spiel: die Norm. In diesem Fall konkret die 2-Norm.

¹⁰Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM, o. J.)

Diese kann den Schülern bereits aus dem Unterricht bekannt sein - wenn auch nicht als Norm. Sie kennen die Formel als Länge eines Vektors. Mit Hilfe der Norm wird die Anzahl der auszuwertenden Graphen von drei auf einen reduziert.

Nun wird die Problemstellung anhand des Modellierungskreislaufs durchgegangen. Dieser ist bereits aus dem Modellierungsvortrag bekannt. Das erste reale Problem ist das Zählen von Schritten. Dies muss jedoch zunächst vereinfacht werden, sodass nur Schritte einzelner Aktivitäten erkannt werden sollen. Als mathematische Beschreibung liegt der Graph der Beschleunigung vor, auf den die Hochpunkt-Methode angewendet wird. Das Berechnen der Anzahl der Schritte übernehmen die Schüler im weiteren Verlauf des CAMMP days. Die Interpretation der Ergebnisse werden im Rahmen der Zwischenpräsentation gesammelt.

Nachdem alle Grundlagen vorhanden sind, wird der grobe Ablauf des CAMMP days vorgestellt, sodass die Schüler einen Überblick über den Verlauf des Tages haben. Damit die Schüler Daten haben, die sie auswerten können, müssen sie diese zunächst in Experimenten aufzeichnen. Diese könnte man zwar vorbereiten, allerdings wäre der CAMMP day dann weniger authentisch. Konkret bedeutet dies, dass die Schüler Aktivitäten aufzeichnen, bei denen sie gleichzeitig die zurückgelegten Schritte notieren. Dies ist wichtig, damit sie die entwickelten Werkzeuge zum Zählen von Schritten bewerten können. Diese Begründung muss den Schülern klargemacht werden, da sie sonst den Sinn der Schrittzählung nicht einsehen. Nachdem ein Werkzeug gefunden wurde, werden die jeweiligen Aktivitäten klassifiziert, sodass am Ende Aktivitäten einer fremden Gruppe analysiert werden können. Hierbei kennt lediglich die eigene Gruppe die zu den aufgezeichneten Daten gehörenden Aktivitäten.

Um die Schüler beim Durchführen der Experimente zu unterstützen, wird die App *phyphox* nun vorgestellt. Dazu dienen Screenshots, welche die einzelnen Schritte des Aufzeichnens und Durchführens der Experimente zeigen. Anhand der Screenshots soll den Schülern der Einstieg in die Nutzung der App leicht fallen. Damit sie die App schneller herunterladen können, erhalten sie Zugriff auf das Internet über das WLAN der Universität und zum anderen erhalten sie QR-Codes zum scannen, sodass die App automatisch im jeweiligen App Store öffnen sollte.

4.5.2 Experiment-Durchführung

Nachdem alle Vorbereitungen getroffen wurden, verlassen die Schüler den Raum. Bei schönem Wetter sollen die Experimente draußen (beispielsweise auf einem Innenhof oder Parkplatz) durchgeführt werden. Bei Wind, Regen oder Schnee müssen sich die Schüler auf die Flure im Institut verteilen.

Die Aufgabe ist es, für die vier Aktivitäten Gehen, Laufen, Sprinten und Gehen je ein Experiment mit der jeweiligen Aktion durchzuführen und dabei die Beschleunigung mithilfe des eigenen Handys messen beziehungsweise von *phyphox* messen lassen. Die Schüler sollen – abgesehen von der Aktivität Stehen – mindestens 20 Schritte zurücklegen. Die Anzahl der Schritte sollen die Schüler auf einem ausgehändigten Blatt Papier (A.1.1) notieren. Zusätzlich sollen sie bereits den Dateinamen für die Experimente notieren. Diese bestehen aus der eigenen Gruppennummer, der Anzahl der zurückgelegten Schritte sowie der Aktivität und sind als Lückentext auszufüllen. Dies erleichtert das spätere Umbenennen am Computer. Dies ist erforderlich, damit der Computer die Experimente Aktivitäten zuordnen und die reale Schrittzahl ablesen kann.

Da die Computer nicht dorthin mitgenommen werden, wo die Experimente durchgeführt werden, werden die Experimente zunächst innerhalb von *phyphox* abgespeichert. Sobald die Schüler zurückkehren, können sie die Experimente in der App erneut öffnen und anschließend auf den Computer übertragen. Dazu wird Bluetooth verwendet, da so keine zusätzlichen Tools, Kabel oder Anmeldungen nötig sind. Dazu wurde Bluetooth am Computer bereits für die Schüler eingerichtet, sodass sie die Dateien ohne große Verzögerung auf den Computer übertragen können. Um die Schüler dabei an die Hand zu nehmen, gibt es zum einen eine textuelle Anleitung auf dem Arbeitsblatt und zum anderen Stichpunkte und Screenshots auf einer Präsentationsfolie, welche angezeigt wird.

Sind die Dateien auf den Computer übertragen, müssen sie korrekt umbenannt werden und anschließend in einen mit den anderen Computern geteilten Ordner kopiert werden. Haben alle Schüler ihre Experimente dort herein geladen, können sie die Experimente der anderen Gruppen aus dem gleichen Ordner in den Ordner des MATLAB-Codes kopieren, sodass er im weiteren Verlauf genutzt werden kann.

4.5.3 MATLAB-Einführung

Da den Schülern der Umgang mit MATLAB nur in seltenen Fällen bekannt ist, erfolgt vor der eigentlichen Arbeitsphase eine kurze Einführung in das Programm (A.4). Zunächst wird den Schülern erklärt, wie sie sich MATLAB vorstellen können: als einen großen Taschenrechner.

Anschließend wird die Oberfläche kurz vorgestellt. Auf der linken Seite finden die Schüler den *Current Folder*-Bereich. Dort werden alle Dateien und Ordner angezeigt, welche im Rahmen des CAMMP days benötigt werden. Die Schüler selbst müssen später jedoch lediglich auf die Dateien der Arbeitsblätter klicken, alle anderen Dateien liegen ohnehin nicht in lesbarer Form vor. In der Mitte befindet sich der *Live Editor*, wo sie die Arbeitsblätter sowohl lesen als auch bearbeiten können. Unterhalb des Live Editors befindet sich das *Command Window*, welches jedoch nur einen kleinen Teil des Platzes ausmacht, da sie das Command Window nicht benötigen. Alle Eingaben und Ausgaben werden im Live Editor getätigt.

Nachdem die Oberfläche vorgestellt wurde, wird der Aufbau der nun folgenden Arbeitsblätter erklärt. Alle Aufgaben befinden sich dabei in MATLAB, Blätter in Papierform gibt es – abgesehen von den Zusatzaufgaben – keine. Zunächst werden die jeweiligen Aufgaben in textueller Form gestellt. Basierend auf dem Aufgabentext müssen die Schüler entweder eine Formel finden und eintragen oder Eigenschaften von Graphen ablesen und notieren. Unterhalb des Aufgabentextes befinden sich Code-Blöcke, welche man am grauen Kasten erkennen kann. Dort müssen die Schüler die in der Aufgabenstellung geforderte Formel anstelle eines NaN¹¹ eintragen. Zum Überprüfen müssen sie anschließend oben in der auf den Button *Run Section* klicken. Dies soll anhand einer Beispielaufgabe durchgespielt werden. Die Aufgabe lautet, basierend auf den Variablen **laenge** und **breite** eine Formel für den Flächeninhalt anstelle des NaN zu schreiben:

```
Flaecheninhalt = @(breite , laenge) NaN;
```

Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei **Flaecheninhalt** um eine Funktion handelt, welche die Parameter **breite** und **laenge** besitzt. Diese Parameter können für die Formel genutzt werden. Nun wird statt NaN zunächst eine falsche Formel, beispielsweise **laenge + breite**, eingetragen und anschließend auf *Run Section* geklickt. Unterhalb des Code-Blocks erscheint nun eine Fehlermeldung:

```
Flaecheninhalt = @(breite , laenge) laenge + breite;
```

¹¹NaN steht für *Not a Number*.

```
check_A1( Flaecheninhalt );
```

Error using **check_A1** (line 11)

Deine Formel für den Flaecheninhalt ist falsch

Leider lässt sich die erste Zeile der Fehlermeldung nicht verhindern. Die eigentliche Fehlermeldung erscheint daher erst in der zweiten Zeile. Die Fehlermeldung kann dabei wie in diesem Beispiel sehr generell ausfallen oder Tipps geben, wenn eine Kleinigkeit wie beispielsweise ein Vorzeichen vergessen wurde. Die Schüler müssen anschließend auf die Fehlermeldung eingehen und ihre Formel korrigieren. Schreibt man nun die korrekte Formel für den Flächeninhalt an Stelle des NaN und klickt auf *Run Section*, so erscheint die folgende Ausgabe:

```
Flaecheninhalt = @(breite , laenge) laenge * breite ;
```

```
check_A1( Flaecheninhalt );
```

Deine Formel ist korrekt .

Bei einigen Aufgaben gibt es jedoch keine solche Rückmeldung des Programms, da die Schüler zunächst selbst tüfteln müssen oder die Lösung schlicht nicht vorher berechnet werden kann, da die Schüler mit ihren eigenen Messwerten arbeiten. Oftmals gibt es Aufgaben, bei denen sich die Schüler einen Graphen anschauen müssen. Diese werden ebenfalls unterhalb des Code-Blocks angezeigt.

Nach dieser kurzen Einführung, sollten die Schüler in der Lage sein, die folgenden Aufgabenblätter zu bearbeiten.

4.5.4 Aufgabenblatt 1: Hochpunkt-Methode

Nun wird MATLAB geöffnet und das erste Arbeitsblatt (A.1.2) geöffnet. Zu Beginn wird zunächst die Syntax der vier Rechenoperatoren zur Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division sowie der Betragsfunktion vorgestellt. So werden die Schüler bei der Umsetzung mathematischer Formeln in MATLAB unterstützt. Bei Bedarf können sie nach ganz oben scrollen und haben so eine erste Hilfestellung beim Implementieren.

Bei der ersten Aufgabe wird im Wesentlichen auf das Experimente-Aufgabenblatt verwiesen. Sobald alle Experimente im MATLAB-Ordner sind, müssen die Schüler zur Vorbereitung auf die restlichen Aufgaben auf *Run Section* klicken. Dieser zusätzliche Schritt ist erforderlich, da *phyphox* die Daten als ZIP-Datei an den Computer

überträgt. In der ZIP-Datei wiederum sind die eigentlichen Messdaten als CSV-Datei vorhanden. Zwar bietet *phyphox* einen Excel-Export an, allerdings lassen sich diese Dateien ohne Windows und Excel nicht mit MATLAB öffnen.

Nun sollen die Schüler ein erstes Experiment auswählen, indem sie den zugehörigen Dateinamen in die entsprechende Variable eingeben und auf *Run Section* klicken. Es wird der zugehörige Graph sowie die realen und die von MATLAB mit Hilfe der Hochpunkt-Methode gezählten Schritte angezeigt. Die reale Schrittzahl erkennt das Programm anhand des Dateinamens. Basierend auf diesen zwei Werten sollen die Schüler eine erste Einschätzung abgeben, wie gut die Methode auf realen Messwerten funktioniert. Dabei stellen sie fest, dass die Abweichung sehr zwischen realer und berechneter Schrittzahl sehr groß ist, wobei tendenziell zu viele statt zu wenig Schritte berechnet werden. Diese Einschätzung soll nun mathematisch überprüft werden. Dazu sollen die Schüler eine Formel für die *relative Messungenauigkeit* aufstellen. Diese stellt ein Gütekriterium dar, wie gut das Werkzeug zum Zählen von Schritten ist. Nachdem die Formel korrekt aufgestellt und in MATLAB eingetragen wurde, sollen die Schüler die eingangs aufgestellte Einschätzung überprüfen. Dazu lassen sie MATLAB für fünf Experimente die relative Messungenauigkeit berechnen und können so ihre Einschätzung bestätigen oder widerlegen.

In der nächsten Aufgabe soll nun die Hochpunkt-Methode verbessert werden, sodass die Messungenauigkeit möglichst klein wird. Dazu haben die Schüler fünf Regeln zur Verfügung, mit Hilfe derer sie die Methode verbessern können. Dabei werden nur Regeln verwendet, welche potentielle Hochpunkte mit einem Referenzwert vergleichen und so entscheiden, ob diese Hochpunkt einen Schritt darstellen oder nicht. Alle Regeln besitzen zusätzlich einen Parameter N , dessen Auswirkung in den jeweiligen Regeln erklärt wird. Dazu tragen die Schüler die zu verwendende Regel sowie einen Wert für den Parameter N in den Code ein und klicken auf *Run Section*. Durch Ausprobieren können die Schüler den Parameter N nun optimieren. Dieser optimale Parameter funktioniert allerdings erst einmal nur für das ausgewählte Experiment. Es soll daher noch geprüft werden, ob die ausgewählte Regel und der optimierte Parameter N auch für andere Experimente gute Ergebnisse liefern. Zur Begründung soll die relative Messungenauigkeit zu Rate gezogen.

Schnelle Schüler können zusätzlich versuchen, andere Regeln zu optimieren. Darüber hinaus steht ein Zusatzaufgabenblatt zur Verfügung. Dieses wird in Abschnitt 4.5.8 vorgestellt.

4.5.5 Zwischenvortrag

Im Zwischenvortrag (A.5.3) wird zunächst der Modellierungskreislauf aufgegriffen, in welchem sich die Schüler nun am Punkt „interpretieren“ befinden. Die Schüler sollen zunächst beurteilen, wie gut Schritte mithilfe der Hochpunkt-Methode gezählt werden konnten. Dabei können sie über die relative Messungenauigkeit argumentieren. Anschließend wird in einer Umfrage herausgefunden, welche der zum Ende des ersten Aufgabenblatts vorgestellten Regeln zur Verbesserung der Hochpunkt-Methode die Beste war. In einer kurzen Diskussion im Plenum wird schließlich festgehalten, dass sich die Regeln nur für eine Aktivität optimieren lassen und bei einer anderen Aktivität keine gute Ergebnisse erzielen. Dies motiviert, eine alternative Methode zum Zählen von Schritten zu entwickeln.

Dazu muss das Modell verbessert werden. Es wird ein Graph angezeigt, an dem die Schüler Eigenschaften ablesen sollen. Die Schüler stellen anhand des Graphen fest, dass dieser gewisse Ähnlichkeiten mit einer periodischen Funktion hat. Dies wird anhand des Beschleunigungsgraphen eines optimalen Schrittes weiter untersucht. Zunächst sollen die Schüler den Zusammenhang zwischen einem Schritt, der Geschwindigkeit und der Beschleunigung wiederholen. So können zum einen die Schüler selbst ihr Wissen kontrollieren und zum anderen kann der Dozent das Wissen der Schüler – wenn auch nur sehr grob – hinsichtlich des Verständnisses einschätzen. Wie sich herausstellt, entspricht der Graph der Beschleunigung dem einer Sinus-Kurve, wobei eine Periodendauer genau einem Schritt entspricht. Zusätzlich werden nun die Begriffe *Amplitude* und *Frequenz* eingeführt. Die Beschleunigung wird nun als $a(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$ modelliert. Die Form $A \cdot \sin(m \cdot x)$ ist den Schülern bereits aus der Schule bekannt. Die hier eingeführte Form stellt lediglich eine Streckung in x-Richtung dar.

Da jedoch lediglich der Graph und nicht die Funktionsvorschrift vorliegt, wird ein weiteres mathematisches Verfahren benötigt. Hierzu wird der Satz von Fourier verwendet. Dieser wird jedoch in textueller Form und nicht in Form einer Formel präsentiert, da den Schülern Summenschreibweise aus der Schule nicht zwangsläufig bekannt ist. Basierend auf diesem Satz wurde die Fourieranalyse entwickelt, welche vergleichbar mit einem Prisma in der Optik ist. Diese Analogie soll es den Schülern erleichtern, die Fourieranalyse zu verstehen. Dabei ist das Beispiel nicht zwangsläufig ausschließlich für Schüler verständlich, die Physik belegen, sondern kann von allen Schülern verstanden werden. Statt Licht in seine Bestandteile zu zerlegen, zerlegt die Fourieranalyse ein Signal in seine einzelnen Bestandteile. Als Resultat erhält man ein sogenanntes Spek-

togramm, anhand dessen man Amplituden und Frequenzen der einzelnen Summanden ablesen kann.

Nun muss anhand des Spektrogramms entschieden werden, welche der Frequenzen jene ist, mit der sich die Anzahl der Schritte berechnen lässt. Die Schüler haben zunächst Zeit, über Ideen nachzudenken, bevor die Frage im Plenum diskutiert wird.

Zum Schluss der Präsentation wird der Modellierungskreislauf gezeigt, bei dem sich nun das Modell geändert hat. Das neue Modell, indem die Schüler arbeiten, ist das Spektrogramm aus der Fourieranalyse.

4.5.6 Aufgabenblatt 2: Fourieranalyse

Auf dem zweiten Blatt (A.1.3) arbeiten die Schüler mit der Fourieranalyse. Die Eigenschaften einer Sinus-Schwingung werden dazu in der ersten Aufgabe des Aufgabenblattes wiederholt, sodass Schüler diese immer vor Augen haben können. Zusätzlich wird im oberen Teil des Aufgabenblattes erklärt, wie man in MATLAB den Buchstaben π eingibt.

Zunächst sollen die Schüler basierend auf Frequenz und Dauer der Aktivität eine Formel für die Anzahl der zurückgelegten Schritte aufstellen und in MATLAB eingetragen. Zu dieser Aufgabe liegen Hilfekarten 1 und 2 (vgl. A.3) aus, welche im Wesentlichen auf die Einheiten der beiden zur Verfügung stehenden Variablen `frequency` und `duration` hinweisen. Leider kann diese Aufgabe aufgrund technischer Einschränkungen nicht weiter geöffnet werden, sodass den Schülern bereits alle Parameter bekannt sind, von denen die Formel abhängt.

Nun soll ein erstes Ergebnis mithilfe der Fourieranalyse erzielt werden. Dazu sollen die Schüler zunächst mit Hilfe des Taschenrechners die Schrittzahl. Die benötigten Parameter (Frequenz und Dauer) werden den Schülern nach einem Klick auf *Run Section* angezeigt. Mit der Formel aus dem ersten Aufgabenteil können die Schüler so eine Schrittzahl berechnen. Im Idealfall können die Schüler bereits eine erste Einschätzung hinsichtlich der Güte diese Methode zum Zählen von Schritten abgeben.

Nachdem mit Hilfe der Fourieranalyse ein erstes Ergebnis bei der Schrittzählung erzielt wurde, sollen die Schüler überprüfen, ob die von der Fourieranalyse berechnete Frequenz auch tatsächlich im ursprünglichen Signal enthalten ist. Dazu müssen sie zunächst den Sinus-Term in MATLAB eintragen. Diesen finden sie in allgemeiner Form oben auf dem Aufgabenblatt. Nach einem Klick auf *Run Section* sehen sie sowohl den

aufgezeichneten Graphen aus dem Experiment als auch den Graphen der Sinus-Kurve mit der Frequenz der maximalen Amplitude (vgl. Abbildung 17).

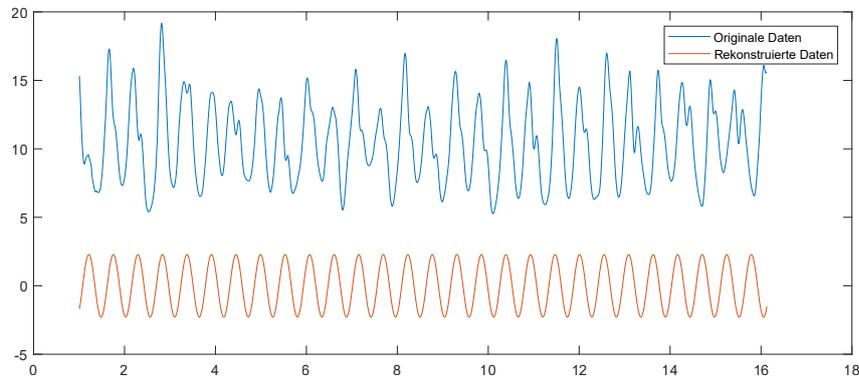


Abbildung 17: Originalgraph der Beschleunigung und rekonstruierter Graph mithilfe der Frequenz der maximalen Amplitude.

Zu beachten ist, dass die Verschiebung in y-Richtung hier nicht berücksichtigt wird. Das hat den Vorteil, dass man die beiden Graphen getrennt und nicht überlappend sieht, auch wenn sich die Graphen leichter vergleichen ließen, wenn sie übereinander dargestellt würden. Die Schüler sollen nun überlegen, wie sie die Graphen vergleichen können. Beispielsweise können sie die Anzahl an Bergen oder Tälern durch Zählen vergleichen. Alternativ kann man prüfen, ob es zu jedem Berg oder Tal eine korrespondierenden Berg oder ein korrespondierendes Tal im jeweils anderen Graphen gibt. Das Ziel dieses Aufgabenteiles ist es, dass die Schüler selbst sehen, dass das Ergebnis der Fourieranalyse zum einen die Charakteristik des Originalgraphen beibehält und das es sehr dem Graphen der Beschleunigung eines optimalen Schrittes ähnelt. Diesen haben die Schüler im Problemstellungsvortrag kennengelernt.

Nachdem verifiziert wurde, dass die Fourieranalyse sinnvolle Ergebnisse erzielt, wird diese tatsächlich genutzt. Nun soll mathematisch mithilfe des bereits im ersten Aufgabenblatt kennengelernten Gütekriterium geprüft werden, wie gut die neue Methode Schritte zählt. Dazu sollen die Schüler für drei Experimente die relative Messungenauigkeit von MATLAB berechnen lassen. Die Schüler sollen anschließend die Ergebnisse mit denen von Aufgabenblatt 1 vergleichen. Dazu sollen sie die gleichen Experimente auswählen wie auf dem ersten Aufgabenblatt. Ziel ist es, dass die Schüler feststellen und mathematisch begründen, dass diese Methode besser zum Zählen von Schritten geeignet ist als die Hochpunkt-Methode. Dazu sollen sie zwei Gründe nennen. Dabei

sollen sie zum einen darauf eingehen, dass die Ungenauigkeit kleiner ist. Außerdem sollen sie auf die Eigenschaften der Methoden eingehen. So benötigt die Fourieranalyse keine zusätzlichen Parameter, während die verbesserte Hochpunkt-Methode von einem Parameter abhängig ist.

In der zweiten Aufgabe des Aufgabenblattes beschäftigen sich die Schüler mit einem Spezialfall. Abhängig davon wo das Gerät gehalten und wie die Person gegangen ist, erkennt die Methode mit Fourieranalyse lediglich die Hälfte der zurückgelegten Schritte. Auf dieses Phänomen sollen die Schüler beim ersten Aufgabenteil gestoßen werden. Dazu wird ein festgelegtes Experiment geladen und die zwei Frequenzen mit den jeweils höchsten Amplituden sowie die Dauer ausgegeben. Die Schüler sollen zunächst mit der Frequenz der maximalen Amplitude die Schrittzahl berechnen. Dazu können sie den Taschenrechner nutzen. Sie stellen fest, dass sie tatsächlich nur ungefähr die Hälfte der Schritte mit dieser Methode gezählt haben.

Im nächsten Aufgabenteil sollen sie dann mit der Frequenz der zweit-maximalen Amplitude die Anzahl der Schritte berechnen. Sie stellen fest, dass der Fehler wesentlich kleiner wird. Außerdem sollen sie die Frequenzen miteinander vergleichen und stellen fest, dass sie um den Faktor 2 verschieden sind. Den Grund dafür wird den Schülern nun im Sachzusammenhang erklärt. Anschließend müssen sie eine Regel formulieren, mit der sie prüfen, ob die Frequenz mit der zweit-maximalen Amplitude verwendet werden soll. Dazu wird den Schülern die Funktion `isApproxDouble` vorgestellt und erklärt, welche Parameter diese Funktion besitzt. Anschließend müssen die Schüler mit Hilfe dieser Funktion die Regel in MATLAB implementieren. Dabei müssen sie lediglich überlegen, welche Parameter sie der Funktion übergeben. Das Resultat können die Schüler durch Klicken auf *Run Section* überprüfen. Ist die Ungenauigkeit nun kleiner geworden, können sie mit dem nächsten Aufgabenteil fortfahren.

Nun müssen die Schüler prüfen, ob sie mit der Anpassung bei anderen Experimenten ebenfalls gute Ergebnisse erzielen können oder ob die Ergebnisse mindestens gleich bleiben. Insbesondere soll geprüft werden, dass die Anpassung keine Verschlechterung der Ergebnisse verursacht. Die Schüler sollen fünf Experimente auswählen und prüfen, ob sich das Ergebnis verändert. Abhängig von den Experimenten der Schüler kann es durchaus sein, dass die Schüler keine Veränderung der Ergebnisse feststellen. Den Schülern muss in diesem Fall klar werden, dass auch dies eine Feststellung ist und entsprechend notiert werden kann. Sind die Schüler besonders schnell, können sie weitere Experimente überprüfen.

Die Diskussion der Ergebnisse dieses Arbeitsblattes wird erst am Ende des CAMMP days geführt, da sich die Ergebnisse sehr gut für einen Abschluss des CAMMP days eignen. Eine Sicherung der Aufgaben kann dabei auch bis zum Abschluss zurückgestellt werden, da die Ergebnisse nicht zwangsläufig für das letzte Aufgabenblatt benötigt werden. Außerdem hat es den Vorteil, dass schnelle Schüler mit dem nächsten Aufgabenblatt weiterarbeiten können und die Arbeit daran nicht für eine Sicherung unterbrochen wird.

4.5.7 Aufgabenblatt 3: Aktivitätsanalyse

Das dritte und letzte Aufgabenblatt (A.1.4) widmet sich der Aktivitätsanalyse. Dabei soll herausgefunden werden, welche Aktivitäten eine andere Gruppe bei ihrem Experiment mit mehreren Aktivitäten ausgeführt hat. Zudem sollen die Schüler die zurückgelegten Schritte zählen.

Zunächst sollen die Aktivitätsbereiche herausgefunden werden. Ziel ist es, das Experiment in seine einzelnen Aktivitäten zu zerlegen. Dies geschieht zunächst händisch. Dazu sollen die Schüler zunächst eine fremde Gruppe auswählen, dessen Aktivitäten sie bestimmen möchte. Anschließend wird ihnen der Graph des Experiments angezeigt. Anhand dessen sollen die Schüler zunächst versuchen, die einzelnen Aktivitätsbereiche händisch zu erkennen. Die von den Schülern erkannten Bereiche sollen in MATLAB eingetragen werden. Sie werden in den folgenden Aufgaben zusätzlich in die jeweiligen Graphen in Form von vertikalen Linien eingeblendet. So haben die Schüler einen Überblick, an welchen Stellen sie eine Änderung der Aktivität mit Hilfe des Computers detektieren müssen.

Um die einzelnen Aktivitätsbereiche mit Hilfe des Computers zu erkennen, müssen jedoch noch einige Vorarbeiten geleistet werden. Zunächst muss die Anzahl der Datenpunkte reduziert werden, da die Anzahl für eine Unterteilung noch zu groß ist. Dazu sollen die Schüler zunächst die ihnen aus der Schule bekannten Lage- und Streuungsmaße auflisten. Dies sind im Wesentlichen das arithmetische Mittel, der Median sowie die Standardabweichung beziehungsweise Varianz (KLP Mathematik Sek. I) (KLP Mathematik Sek. II). Zusätzlich können in diesem Zusammenhang das Minimum und Maximum genannt werden, auch wenn diese weder Lage- noch Streuungsmaß sind. Dies ist zum einen eine Wiederholung und zum anderen sollen die Schüler erkennen, dass sie mit aus der Schule bekannten Begriffen arbeiten. Indem die Schüler zusätzlich die zugehörigen Funktionsnamen in MATLAB recherchieren, leisten sie bereits Vorarbeit

für den nächsten Aufgabenteil, bei dem sie die Lage- und Streuungsmaße in MATLAB nutzen müssen. Um insbesondere Schüler mit wenig Programmiererfahrung zu unterstützen, sollen sie bei den Funktionsnamen als ersten Parameter `data` eintragen. So ist der Aufruf der Funktion bereits vollständig und kann bei der Bearbeitung des nächsten Aufgabenteils kopiert und eingefügt werden. Im nächsten Aufgabenteil sollen die Schüler mithilfe des Computers die Anzahl an Datenpunkte reduzieren. Dazu müssen sie sich für ein Maß aus der vorigen Aufgabe entscheiden und den Funktionsaufruf an die entsprechende Stelle platzieren, indem sie das `NaN` durch den in der vorigen Aufgabe bereits notierten Funktionsaufruf ersetzen. Dabei müssen die Schüler Eigenschaften der einzelnen Lage- und Streumaße berücksichtigen, welche aus der Schule bekannt sind. Anschließend müssen sie sich überlegen, für wie viele Datenpunkte die Schüler die Funktion aufrufen möchten. Nach einem Klick auf *Run Section* sehen die Schüler den Graph mit den reduzierten Datenpunkten. Die Schüler sollen nun die Anzahl der Datenpunkte und die Maße variieren. Die Kunst besteht insbesondere im Finden einer geeigneten Anzahl der Datenpunkte: Zwar ist die Bereichserkennung bei kleinerer Anzahl an Datenpunkten genauer, allerdings sind die Unterschiede zwischen den reduzierten Daten möglicherweise größer, sodass insbesondere an den Übergängen zwischen Aktivitätsbereichen die Differenz benachbarter Datensätze geringer wird. Haben sich die Schüler für ein Maß und eine Anzahl entschieden, müssen sie überprüfen, ob sie die einzelnen Aktivitäten anhand des neuen Graphen weiterhin erkennen können. Dabei helfen den Schülern die händisch erkannten Bereichsgrenzen aus der vorigen Aufgabe. Nachdem die Schüler ein geeignetes Maß und eine geeignete Anzahl an Datenpunkten gefunden haben, müssen nun die einzelnen Aktivitätsbereiche anhand der reduzierten Daten erkannt werden. Dazu müssen die Schüler einen Schwellenwert angeben, ab der eine Grenze zwischen zwei benachbarten Datenpunkten vorliegt. Dabei muss die Differenz zwischen den beiden Datenpunkte größer als der Schwellenwert sein. Anhand der erkannten Grenzen ergeben sich die jeweiligen Aktivitätsbereiche. Nach einem Klick auf *Run Section* sehen die Schüler die durch den Schwellenwert gefundenen Grenzen in blau und die manuell erkannten Grenzen in orange (vgl. Abbildung 18).

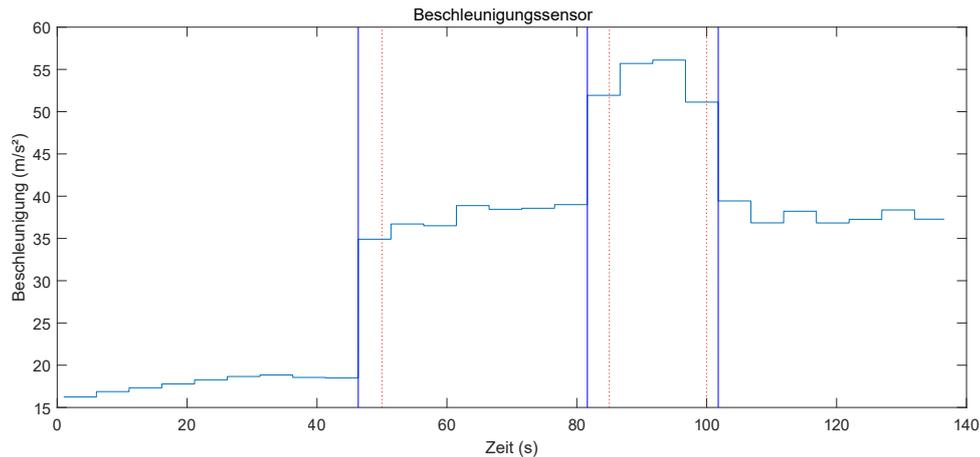


Abbildung 18: Graph mit den reduzierten Daten aus der Aktivitätsanalyse sowie den durch den Computer erkannten Grenzen der Aktivitäten in blau und den händisch erkannten Grenzen in orange

Die Überprüfung müssen die Schüler dabei händisch vornehmen, indem sie den resultierenden Plot mit den eingezeichneten Bereichen betrachten. Dazu können sie sich an den orangenen Linien orientieren. Die blauen Linien sollten dabei möglichst nah an den orangenen Linien sein.

Nachdem die Schüler die einzelnen Aktivitätsbereiche ausgemacht haben, können diese weiter analysiert und klassifiziert werden. Dazu wird jedoch eine Klassifizierung der einzelnen Aktivitäten benötigt. Die Schüler untersuchen nun die einzelnen Aktivitäten, um sie später anhand von Regeln erkennen zu können. Die Aufgabe ist dabei in drei Schritte unterteilt. Im ersten Schritt müssen die Schüler Eigenschaften der einzelnen Aktivitäten herausfinden. Dazu können sie sich für jedes Experiment einer zuvor ausgewählten Aktivität Kenngrößen wie Frequenz, arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Minimum und Maximum anzeigen lassen. Diese müssen sie für jede Aktivität betrachten. So können sie insbesondere bei bewegten Aktivitäten die Frequenzbereiche herausfinden, welche die Aktivitäten klassifizieren. Für die Aktivität Stehen stellen die Schüler fest, dass die Standardabweichung das einzige Maß ist, mit dessen Hilfe man die Aktivität erkennen kann. Alle Erkenntnisse sollen die Schüler zunächst notieren. Im zweiten Schritt sollen sie die Erkenntnisse formal notieren. Dabei sollen die Regeln das Muster „Wenn *Größe* kleiner/größer/gleich (als) *Wert*“ haben. Als Orientierung wird den Schülern ein Beispiel gegeben. Nachdem für alle Aktivitäten Regeln formuliert wurden, müssen diese im dritten Schritt in MATLAB-Code überführt werden. Dies ist insbesondere für Schüler schwierig, welche keine Erfahrung mit Programmieren haben.

Daher wurden im zweiten Schritt die Regeln nach einem bestimmten Muster formuliert. Anhand des Musters lassen sich diese Regeln nun anhand von kleinen Rezepten in MATLAB-Code umwandeln. Bei diesem Schritt wird ebenfalls ein Beispiel zur Orientierung vorgegeben, sodass die Schüler bereits einen Eindruck gewinnen, wie die Regeln in MATLAB-Syntax aussehen. Sind alle Regeln in MATLAB implementiert, können die Schüler die Regeln testen. Nach einem Klick auf *Run Section* erhalten die Schüler eine Tabelle mit allen Experimenten und den erkannten Aktivitäten. Da MATLAB die korrekte Aktivität anhand des Dateinamens erkennen kann, kann es entsprechend Rückmeldung geben, ob alle Aktivitäten korrekt klassifiziert wurden. Sind nicht alle Aktivitäten richtig erkannt worden, müssen die Schüler zu Schritt 1 zurückgehen und die Regeln anpassen.

Basierend auf den geleisteten Vorarbeiten können die Schüler nun die vollständige Aktivitätsanalyse ausführen. Dazu müssen die Schüler lediglich auf *Run Section* klicken, da eine Implementierung der Analyse – selbst mit den bereits geleisteten Vorarbeiten – lediglich für Schüler mit viel Programmiererfahrung möglich ist. Als Ergebnis sehen die Schüler die Zeiten der einzelnen Aktivitätsbereiche sowie die erkannte Aktivität. Außerdem berechnet das Programm mit Hilfe der Ergebnisse von Aufgabenblatt 2 die Anzahl der zurückgelegten Schritte. Zur Überprüfung können die Schüler ihre eigenen Ergebnisse mit der Dokumentation der analysierten Gruppe vergleichen. Diese Dokumentation liegt vorne im Raum aus. Abhängig von der Genauigkeit der Ergebnisse müssen die Schüler die vorigen Aufgaben erneut bearbeiten und verbessern.

4.5.8 Zusatz-Aufgabenblatt

Das Zusatz-Aufgabenblatt (A.1.5) ist für schnelle Schüler konzipiert, um Leerlauf zwischen Aufgabenblättern und Besprechungen zu minimieren. Das Zusatzblatt setzt dabei kein spezielles Wissen voraus und richtet sich somit im Sinne des Schwierigkeitsgrades an alle Schüler, nicht bloß an starke Schüler. Da kein besonderes Wissen aus den regulären Aufgabenblättern vorausgesetzt wird, kann das Aufgabenblatt sowohl nach dem ersten als auch nach dem dritten Aufgabenblatt von den Schülern bearbeitet werden.

Im Rahmen des Zusatz-Aufgabenblattes sollen sich die Schüler mit dem Thema Datenschutz bei Fitnesstrackern auseinandersetzen. Dazu sollen die Schüler im Internet bei verschiedenen Anbietern von Fitnesstrackern prüfen, welche Daten diese Anbieter bei der Nutzung der Tracker erheben und an wen diese Daten weitergegeben werden

dürfen. Dabei sollen die Schüler für das Thema Datenschutz sensibilisiert werden. Außerdem leisten sie Vorarbeit für die Abschlusspräsentation, in der diese Ergebnisse aufgegriffen werden. Außerdem können die Schüler so die Vermutungen der anderen Schüler, welche das Blatt nicht bearbeitet haben, belegen oder widerlegen.

4.5.9 Abschlusspräsentation

Die Abschlusspräsentation (A.5.5) beginnt mit einer kurzen Zusammenfassung darüber, was die Schüler im Laufe des CAMMP days gemacht haben: Es wurden Experimente aufgezeichnet, Schritte mit Hilfe der Hochpunkt-Methode und mithilfe der Fourieranalyse gezählt und anschließend wurden Aktivitäten analysiert. So erhalten die Schüler einen Überblick über das, was sie im Laufe des Tages erarbeitet haben.

Anschließend beginnt die Sicherungsphase über das zweite Arbeitsblatt. Dazu wird erneut der Modellierungskreislauf gezeigt, um die aktuelle Position im Kreislauf zu verdeutlichen: die Schüler sollen die Ergebnisse interpretieren. Dazu dienen drei Leitfragen. Zunächst sollen die Schüler hervorbringen, wie groß der Fehler beim Zählen der Schritte mit Hilfe der Fourieranalyse war. Da jede Schülergruppe nur einen Teil der Experimente ausgewertet hat, sollen hier mehrere Schüler ihre Ergebnisse nennen. So erhalten alle Schüler einen Eindruck, wie groß der Fehler war. Im Anschluss sollen diese Ergebnisse mit der vorigen Methode, der Hochpunkt-Methode, verglichen werden. Das Ergebnis sollte sein, dass die Methode mit der Fourieranalyse besser ist als die Hochpunkt-Methode. Dieses Ergebnis soll anschließend von der Schülern begründet werden. Die Gründe dazu haben sich die Schüler bereits im Rahmen des zweiten Aufgabenblattes überlegen müssen. Die dritte Frage richtet sich an Schüler, welche einen Finesstracker besitzen. Zunächst sollen sie eine Einschätzung geben, wie gut der Tracker ihre Schritte zählt. Auch wenn diese Einschätzungen sehr subjektiv sind, sollen sie mit den Ergebnissen des CAMMP days verglichen werden. Hier sollen die Schüler erkennen, dass die Schritterkennung, welche im Rahmen des CAMMP days entwickelt wurde, mindestens genauso gut oder besser ist als die von Fitnesstrackern. Dies soll die Authentizität des CAMMP days verdeutlichen: Die hier verwendete Mathematik ist mindestens genauso gut wie jene Technik, die auf dem Markt verfügbar ist.

Für die Sicherung des dritten Arbeitsblattes sind ebenfalls drei Leitfragen formuliert, welche nacheinander eingeblendet werden. Zunächst soll auf die Reduktion der Daten eingegangen werden. Hier sollen die Schüler argumentieren und diskutieren, für welches Lage- oder Streuungsmaß sie sich entschieden haben, um die Daten zu reduzieren. Dazu

können sich die Schüler auf die Eigenschaften der jeweiligen Maße stützen, welche bereits aus der Schule bekannt sind. Im Anschluss argumentieren und diskutieren sie die Anzahl der verwendeten Punkte. Die dritte Frage zielt auf die verwendeten Regeln zur Klassifikation der einzelnen Aktivitäten ab. Die Schüler sollen dabei die Regeln den anderen präsentieren und sich austauschen, inwiefern unterschiedliche Regeln zu gleichen Ergebnissen geführt haben.

Im Anschluss sollen die Schüler überlegen, welche zusätzlichen Funktionen man basierend auf den Ergebnissen des CAMMP days realisieren lassen. Denn erfragt man die Schrittgröße des Benutzers, lassen sich zusätzlich die zurückgelegte Distanz und die durchschnittliche Geschwindigkeit des Benutzers ermitteln. Hier sehen die Schüler, dass die von entwickelten Funktionen durchaus denen entsprechen, welche auch in aktuellen Fitnessstrackern vorhanden sind. Auch so soll die Authentizität des CAMMP days für die Schüler erfahrbar werden: Die entwickelten Funktionen sind so erweiterbar, dass sie dem gesamten Funktionsumfang von Fitnessstrackern auf dem freien Markt entsprechen.

Ein wichtiger Aspekt bei Fitnessstrackern ist der des Datenschutzes. Dieser soll auf der letzten Folie diskutiert werden. Dazu können die Ergebnisse des Zusatzblattes aufgegriffen werden. Aber auch Schüler, welche das Zusatzblatt nicht bearbeitet haben, können sich einbringen. Diese können Vermutungen anstellen, welche im Anschluss von den anderen Schülern bestätigt oder widerlegt werden können. Hat kein Schüler das Zusatzblatt bearbeitet, kann der Dozent die Rolle dieser Schüler einnehmen.

Mit Ende der Abschlusspräsentation endet der CAMMP day.

4.5.10 Materialien für die Dozenten

Neben den in den vorigen Abschnitten vorgestellten Materialien, erhalten die Dozenten weiteres Material, welches zur Durchführung des CAMMP days benötigt wird.

Zum einen erhalten sie das methodische Konzept (A.6) des CAMMP days. Dort finden die Dozenten nicht nur den groben Ablauf des CAMMP days, sondern erhalten auch einen Überblick über die Materialien (Präsentationen, Notizen zu den Präsentationen, Arbeitsblätter, Code), die für die Durchführung des CAMMP days benötigt werden. Da die Computer für die Durchführung zur Übertragung von Dateien vom Handy vorbereitet werden müssen, sind die zu treffenden Vorbereitungen dort erklärt. Darüber hinaus finden sich Kommentare zur Einführung des Experiments und zur MATLAB

Einführung dort. Diese werden entweder während oder nach dem Problemstellungsvortrag benötigt.

Darüber hinaus erhalten die Dozenten Musterlösungen für alle drei Aufgabenblätter. Diese dienen jedoch nur als Orientierung, da die Schüler mit anderen Daten als denen der Musterlösung arbeiten.

Außerdem können die Dozenten den mathematischen Hintergrund im „Basic Paper“ nachlesen. Dieses entspricht Kapitel 3 dieser Arbeit.

5 Durchführung und Evaluation

5.1 Rahmenbedingungen

Der CAMMP day wurde am 21. Juli 2017 erstmalig im Rahmen der Schüleruni Mathematik durchgeführt. Es nahmen insgesamt 12 Schüler und 6 Schülerinnen teil. 14 Schüler besuchten ein Gymnasium, drei eine Gesamtschule und ein Schüler besuchte ein Berufskolleg. Der Großteil der Schüler besuchte vor den Sommerferien die Einführungsphase (EF) oder das erste Jahr der Qualifikationsphase (Q1). Aufgrund der Verspätung einiger Schüler begann der Tag gegen 9:10 Uhr und endete gegen 15 Uhr. Zwei Schüler haben nur bis zur Mittagspause an dem CAMMP day teilgenommen und werden daher in dieser Evaluation nicht berücksichtigt.

5.2 Beobachtungen

Während des CAMMP days haben beide Dozenten sowie Frau Roeckerath die Schülergruppe beobachten können. Diese Beobachtungen sollen im Folgenden dargelegt werden.

Nach den Vorträgen sollten die Schüler Experimente aufzeichnen. Da das Wetter schön war, konnten die Experimente draußen auf dem Hof durchgeführt werden. Die Aufteilung der Schüler auf verschiedene Teile des Hofes verlief problemlos, sodass jeder Schülergruppe genügend Platz zur Verfügung stand. Die Experimentierphase dauerte etwa 20 bis 30 Minuten. Anschließend übertrugen alle Schüler im Raum ihre Dateien auf den Computer. Auch wenn das Übertragen viel Zeit (30 Minuten) beansprucht hat, hat es bei allen funktioniert. Eine Schülergruppe hat sich jedoch nicht an die Anleitung gehalten und statt Bluetooth eine andere Übertragsungsart ausgewählt, was zu fehlerhaften Dateien führte. Diese Dateien konnten später von den anderen Gruppen nicht ausgewertet werden. Dies war zwar schade für die beiden Schüler, allerdings standen dennoch genügend Datensätze zur Verfügung.

Bei der Vorbereitung der Dateien wurde ein kleiner Bug festgestellt, welcher dafür sorgte, dass nicht alle Dateien für die spätere Weiterverarbeitung mit MATLAB entsprechend vorbereitet wurden. Dieses Problem konnte kurzfristig nicht behoben werden, sodass die Dateien manuell durch den Dozenten vorbereitet und an die Schüler verteilt wurden.

Die weitere Bearbeitung der Aufgabenblätter erfolgte ohne größere Vorkommnisse. Es wurden lediglich kleinere Anmerkungen oder Korrekturen mündlich und schriftlich an der Tafel vorgenommen. Beispielsweise wurde erklärt, wie der Buchstabe π in MATLAB eingetragen werden muss¹². Interessant war, dass die Modellverbesserung auf Aufgabenblatt 2 bei keinem der von den Schülern aufgezeichneten Experimenten zu einer Verbesserung der Ergebnisse hinsichtlich der erkannten Schrittzahl kam. Viele Schüler waren daher etwas verunsichert, da MATLAB bei keinem Experiment eine Verbesserung meldete.

Bei einigen wenigen Aufgabenstellungen hatten einige Schüler Probleme beim Verständnis des Arbeitsauftrages. Dies war insbesondere bei Aufgaben der Fall, wo sich die Schüler einen Graphen anschauen und anhand des Graphen Vermutungen aufstellen sollen. Größere Verständnisprobleme gab es lediglich bei einigen Schülern, welche nicht gebürtig aus Deutschland stammen oder in Deutschland leben und deren Muttersprache somit nicht Deutsch ist.

Leider hat die Bearbeitung der ersten beiden Aufgabenblätter sehr lange gedauert, sodass nur wenige Schüler mit der Bearbeitung des dritten Aufgabenblattes begonnen haben.

Insgesamt verlief die Durchführung des CAMMP days ohne größere Probleme.

5.3 Evaluation

Um den entwickelten Workshop weiter zu verbessern, wurde der CAMMP day neben den Beobachtungen aus Dozentensicht auch aus Sicht der Schüler evaluiert. Dies geschah in Form eines Fragebogens, welcher am Ende des CAMMP days an die Schüler ausgehändigt wurde. Diese hatten circa 15 Minuten Zeit, den Fragebogen zu beantworten. Der Fragebogen bestand sowohl aus Freitextfragen als auch aus Fragen, bei denen die Schüler ankreuzen mussten. Der gesamte Fragebogen ist in Kapitel A.7.1 zu finden. Insgesamt haben 18 Schüler den Fragebogen ausgefüllt. Aufgrund dieser kleinen Stichprobe ist zu beachten, dass die folgenden Ergebnisse in keiner Weise empirisch erforscht sind.

Um den CAMMP day zu evaluieren, wurden speziell an den CAMMP day angepasste Fragen in den Fragebogen eingearbeitet. Dabei wurden folgende Gesichtspunkte berücksichtigt:

¹²Dies wurde erst nach der Durchführung auf dem Aufgabenblatt ergänzt.

- *Interesse*: Es soll überprüft werden, inwiefern sich Schüler für Fitnessstracker und ihre Funktionsweise interessieren.
- *Verständnis*: Es soll überprüft werden, ob Schüler die wichtigen Konzepte des CAMMP days verstanden haben.
- *Ziel*: Es soll überprüft werden, ob die Schüler verstanden haben, wie Fitnessstracker funktionieren.
- *Leerlauf*: Es soll überprüft werden, ob die Schüler den Eindruck hatten, dass sie zeitweise keinen Arbeitsauftrag hatten.
- *Schwierigkeitsgrad*: Es soll überprüft werden, ob die Aufgaben zu einfach oder zu schwer sind.
- *MATLAB*: Es soll überprüft werden, wie die Schüler den Umgang mit MATLAB einschätzen.

Diese Überprüfungen basieren jedoch lediglich auf der Einschätzungen der Schüler und werden in keiner Form messbar überprüft. Dabei konnten die Schüler bei den zugehörigen Fragen eine der vier Antwortmöglichkeiten „trifft gar nicht zu (--)\“, „trifft eher nicht zu (-)\“, „trifft zum Teil zu (+)\“ und „trifft voll zu (++)\“ ankreuzen.

Der erste Gesichtspunkt wurde durch die Aussage „Mich hat das Thema Fitnessstracker interessiert“ abgedeckt. Dabei gaben zweidrittel ($\approx 67\%$) der Schüler an, dass sie das Thema eher interessant fanden. Circa 22% der Schüler fanden das Thema interessant. Ein gewisses Interesse für das Thema Fitnessstracker ist somit durchaus erkennbar.

Ein wichtiges Schlüsselkonzept bei diesem CAMMP day ist die Beschleunigung. Auf die Frage, ob die Schüler das Konzept der Beschleunigung verstanden haben, gaben lediglich circa 11% an, dass sie das Konzept eher nicht verstanden haben. Die restlichen Schüler haben das Konzept entweder verstanden (67%) oder eher verstanden (22%).

Zur Überprüfung, ob die Schüler die zentralen Fragestellungen des CAMMP days beantworten können, gab es zwei Fragen, welche die zwei betrachteten Funktionen (Schritte zählen und Aktivitäten erkennen) von Fitnessstrackern abdecken. Dabei gaben nur etwas weniger als 6% der Schüler an, dass sie eher nicht verstanden haben, wie Fitnessstracker Schritte zählen. Ungefähr 70% der Schüler haben auf diese Frage mit „trifft voll zu“ geantwortet, die restlichen 23% mit „trifft eher zu“. Interessant ist die Antwort der Schüler auf die Aussage, ob sie verstanden haben, wie ein Fitnessstracker Aktivitäten erkennt. Zunächst ist nicht verwunderlich, dass 25% der Schüler angeben, dass sie eher nicht wissen, wie die Aktivitätserkennung funktioniert. Das liegt vermutlich

daran, dass sie das dritte Aufgabenblatt nicht bearbeitet haben. Verwunderlich ist jedoch, dass je 37,5% angeben, sie haben dies verstanden oder eher verstanden, obwohl das dritte Aufgabenblatt lediglich von ungefähr einem Drittel der Schüler bearbeitet wurde.

Der vierte Gesichtspunkt wurde mit der Aussage „Ich hatte zwischen Aufgabenblättern nichts zu tun (Leerlauf)“ überprüft. Dabei gaben 22% der Schüler an, dass sie eher zwischen den Aufgabenblättern Leerlauf hatten. 56% der Schüler hatte den Eindruck, eher keinen Leerlauf zwischen den Aufgabenblättern zu haben. Die restlichen 22% der Schüler gaben an, dass die Aussage gar nicht zutrifft. Auch wenn das Ergebnis Potential zur Verbesserung besitzt, ist es dennoch für den ersten Durchlauf zufriedenstellend. Bei einigen Arbeitsaufträgen, wie beispielsweise zwischen dem Experimentieren und dem ersten Aufgabenblatt, lassen sich solche Leerläufe nur schwer vermeiden.

Der Umgang mit MATLAB ist für alle Schüler ungewohnt und neu. Daher wurde zu Beginn des CAMMP days eine kurze Einführung in MATLAB durch den Dozenten gegeben. Diese kurze Einführung fanden circa 44% der Schüler eher hilfreich und circa 28% hilfreich. Lediglich circa 28% fanden die Einführung wenig bis gar nicht hilfreich. Dennoch fiel vielen Schülern der Umgang mit MATLAB eher schwer (33%) oder schwer (11%). Trotz der Umsetzung des CAMMP days in Form eines Live-Skript tun sich viele Schüler im Umgang mit MATLAB schwer.

Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben scheint aus Sicht der Schüler angemessen zu sein. Der Großteil der Schüler (83%) gibt an, dass die Aufgaben nicht oder eher nicht zu einfach waren. Im Vergleich dazu sagen 72% der Schüler, dass die Aufgaben nicht oder eher nicht zu schwierig waren. Die Hilfekarten wurden von sieben Schülern genutzt. Dabei gaben 71% dieser sieben Schüler an, dass die Hilfekarten hilfreich oder eher hilfreich waren. Nur 29% waren anderer Meinung.

Neben Aussagen zum Ankreuzen konnten die Schüler Kommentare in Form von Freitext notieren. Auf die Frage, was die Schüler am Workshop verändern oder verbessern wollen würden, wurde am häufigsten das Zeit-Management genannt. Da sehr viele nur zwei von drei Aufgabenblättern bearbeitet haben, ist dies nicht verwunderlich. Auch die Formulierungen wurden bei einigen Aufgaben bemängelt: Einige Schüler gaben an, dass sie die Aufgabenstellungen verwirrend oder nicht einleuchtend fanden. Als weiteren Punkt wurde bemängelt, dass zu wenige Besprechungen der Aufgaben gemacht wurden. Besonders gut hat den Schülern das eigenständige Arbeiten, der Bezug zum Alltag und das Experimentieren mit den eigenen Handys gefallen. Zusammenfassend

wurde der CAMMP day mit der Durchschnittsnote 2,09 bewertet. Die Betreuer erhielten eine Durchschnittsnote von 1,18.

5.4 Verbesserungen

Basierend auf den Erfahrungen bei der Durchführung des CAMMP days wurden einige Verbesserungen eingearbeitet.

Zunächst wurde der Problemstellungsvortrag überarbeitet. Hinsichtlich der Problemstellung wird bereits im Vortrag auf die Problematik hingewiesen, dass man drei Achsen auswerten muss. Dazu wird unmittelbar im Anschluss der Betrag der Beschleunigung vorgestellt, welcher den Schülern als Länge eines Vektors bereits aus der Schule bekannt ist. Beides wurde zuvor auf dem Aufgabenblatt 1 beschrieben und vorgestellt. Das Auslagern in den Vortrag hat insbesondere den Vorteil, dass auf dem ersten Aufgabenblatt weniger Aufgaben vorzufinden sind und somit Zeit „eingespart“ werden kann. Ferner kann im Laufe des Vortrags besser auf Verständnisfragen eingegangen werden, von denen alle Schüler profitieren. Die gestrichenen Aufgabenstellungen waren zudem jene, die von den Schülern als unklar bemängelt wurden. Dies konnte bereits während der Durchführung beobachtet werden.

Da im Laufe des Vortrags die App *phyphox* vorgestellt und demonstriert wird, wurde der Vortrag um Screenshots erweitert, auf denen die jeweiligen Ansichten der App zu sehen sind. Außerdem wird jedes Antippen des Displays auf den Screenshots deutlich. Da die Schüler die App im Rahmen des CAMMP days zum ersten Mal sehen, werden sie so schneller damit vertraut. Vor der ersten eigenen Verwendung haben die Schüler die App so mindestens einmal in Aktion gesehen und der Umgang mit der App fällt leichter. Darüber hinaus kann so möglicherweise Zeit eingespart werden, da die Schüler sich weniger mit der Nutzung der App auseinandersetzen können. Dies wirkt dem Zeitmangel entgegen.

Ebenfalls wurde das Blatt für die Experimente verbessert. Zunächst wurden die QR-Codes, um die App herunterzuladen, in die Präsentation verschoben, sodass der freigewordene Platz anderweitig genutzt werden konnte. Zum einen wurde die Anleitung um drei Screenshots erweitert, welche bereits aus der Präsentation bekannt sind. Außerdem wurde eine Tabelle zu Dokumentationszwecken erstellt. Dort tragen die Schüler die Anzahl der zurückgelegten Schritte für ein Experiment ein. Im gleichen Zug notieren sie den Dateinamen, welchen das Experiment später am Computer haben wird.

Die Anleitungen wurden ebenfalls überarbeitet, sodass die Anweisungen an die Schüler detaillierter und klarer sind.

Um die Schüler bei der Übertragung der Dateien auf den Computer und den Austausch in der Dropbox zu erleichtern, wurde die Präsentation um entsprechende Screenshots erweitert. Außerdem sind dort wichtige Informationen wie Speicherorte und die Tastenkombination zum Kopieren und Einfügen von Dateien aufgelistet. All diese Änderungen haben den Zweck, dass die benötigte Zeit für die Experimente und insbesondere für die Übertragung auf den Computer verringert wird.

Darüber hinaus wurden die Präsentationen um einige Bilder erweitert, sodass die einzelnen Folien weniger trocken wirken. Die Formulierungen einiger Aufgabenstellungen wurden – falls nötig – abgeändert, sodass die Arbeitsanweisungen klarer sind.

6 Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit konnten nicht alle Ideen zur Verbesserung des CAMMP days umgesetzt werden. Diese Verbesserungsvorschläge werden im Folgenden vorgestellt.

Zur Modellierung eines Schrittes werden die Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie eine Skizze genutzt. Ergänzt wird dieses um eine kleine Demonstration von ein paar Schritten. Zur besseren Visualisierung könnte man eine Animation vorbereiten, bei der zum einen eine gehende Person sichtbar ist und zum anderen der graphische Verlauf der Geschwindigkeit veranschaulicht wird. Dabei sollte sich der Graph während des Gehens in Echtzeit gezeichnet werden. Dies könnte das Verständnis, insbesondere wie der Graph der Geschwindigkeit zustande kommt, erleichtern.

Der CAMMP day deckt aktuell nur vier verschiedenen Aktivitäten Gehen, Laufen, Sprinten und Stehen ab. Perspektivisch können diese Aktivitäten um Springen oder Treppen steigen erweitert werden. Dazu muss zunächst untersucht werden, wie sich solche Aktivitäten von den anderen unterscheiden lassen.

Im Rahmen des Problemstellungsvortrags wird die App *phyphox* vorgestellt. Die einzelnen Ansichten und Buttons werden zwar in Form von Screenshots und Beschriftungen sichtbar, man sieht jedoch nicht, was genau die App aufzeichnet. Man könnte dazu zwar die Fernzugriffsfunktion der App nutzen, muss jedoch zwischen Präsentation und Browser wechseln. Wenn man den Bildschirminhalt des Handys in einer Form auf den Beamer übertragen könnte, wäre dies sehr praktisch, sofern die benötigte Technik (Programme, externe Geräte, ...) nicht umständlich zu bedienen ist. Die Schüler könnten so das Experiment und die Vorbereitungen in der App in Echtzeit verfolgen.

Zwar wurden hinsichtlich des Zeit-Managements bereits einige Verbesserungen unternommen, diese konnten jedoch nicht ausprobiert werden. Somit ist nicht bekannt, inwiefern die Änderungen Zeit einsparen. Eine weitere Möglichkeit, Zeit einzusparen wäre das Weglassen einer Aufgabe auf dem zweiten Aufgabenblatt. Konkret ist das die Modellverbesserung der Fourieranalyse-Methode, bei der überprüft wird, ob die Armfrequenz die Frequenz mit der maximalen Amplitude ist. Dieser Fall ist bei der ersten Durchführung bei keiner Schülergruppe aufgetreten und die Schüler waren verwundert. Daher kann man überlegen, diese Modellverbesserung als Zusatzaufgabe für schnelle Schüler zu implementieren. Sollte bei der Durchführung des CAMMP days festgestellt werden, dass diese Modellverbesserung benötigt wird, kann die Zusatzaufgabe dennoch verpflichtend bearbeitet werden. Problematisch ist jedoch, dass diese Verbesserung im

Rahmen der Klassifizierungen auf dem dritten Aufgabenblatt benötigt wird. Ist die Verbesserung nicht implementiert, wird für mindestens ein Experiment¹³ die Frequenz falsch bestimmt und die Klassifizierung scheitert. Um dieses Problem zu umgehen, gäbe es zwei Möglichkeiten. Die eine Möglichkeit wäre das entsprechende Experiment bei der Klassifizierung auszunehmen und zu ignorieren. Dann funktioniert die Klassifizierung jedoch nur wie gewünscht, wenn es kein weiteres Experiment gibt, dessen Frequenz falsch bestimmt wird. Etwas eleganter wäre die Lösung, bei der Klassifizierung die Muster-Implementierung der Modellverbesserung ohne Wissen der Schüler zu verwenden. Dabei muss jedoch sichergestellt werden, dass die Implementierung der Schüler berücksichtigt wird, sofern sie die Zusatzaufgabe bearbeiten. Diese Implementierung konnte aus Zeitgründen nicht vorgenommen werden.

¹³Gemeint ist Experiment, welches zur Motivation der Modellverbesserung genutzt wird.

7 Fazit

Ziel dieser Abschlussarbeit war die Entwicklung, Durchführung und Evaluation eines CAMMP days zum Thema Fitnesstracker. Dabei sollte im Detail untersucht werden, wie das Schrittzählen und das Erkennen von Aktivitäten funktioniert. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die zugrundeliegende Mathematik und die ausgearbeiteten Materialien vorgestellt. Ferner wurde die Durchführung des CAMMP days beschrieben und evaluiert, sodass die Ziele der Abschlussarbeit somit erfüllt wurden.

Da circa ein Drittel aller ab 14-jährigen Deutsche einen Fitnesstracker besitzen, hoffe ich den Schülern eine sehr realitätsnahe Anwendung von Mathematik aufgezeigt zu haben. Als Ergebnis hoffe ich, vielen von ihnen die Bedeutung von Mathematik nahe gebracht zu haben (vgl. Ziele mathematischer Modellierung in Kapitel 2.2.4). Insbesondere hoffe ich, das Interesse für Mathematik und den Mathematikunterricht gesteigert zu haben.

Ich selbst freue mich auf zukünftige Durchführungen meines Workshops und hoffe, im Rahmen des eigenen Mathematikunterrichts das Schülerlabor CAMMP besuchen und diesen CAMMP day durchführen zu können.

Literaturverzeichnis

- Ahanathapillai, V., Amor, J., Goodwin, Z. & James, C. J. (2015). *Preliminary study on activity monitoring using an android smart-watch*. Zugriff auf https://www.researchgate.net/publication/274955733_Preliminary_study_on_activity_monitoring_using_an_android_smart-watch
- Barthélémy, A. (o. J.). *Wie fit machen Fitness-Armbänder?* <http://www.spiegel.de/gesundheit/ernaehrung/fitness-armbaender-wie-fit-machen-sie-wirklich-a-1116930.html>. Spiegel Online. (abgerufen am 18.08.2017)
- BITKOM. (o. J.). *Impressum*. <https://www.bitkom.org/Metanavigation/Impressum/>. (abgerufen am 30.08.2017)
- BITKOM. (2016). *Fast ein Drittel nutzt Fitness-Tracker*. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Gemeinsame-Presseinfo-von-Bitkom-und-BMJV-Fast-ein-Drittel-nutzt-Fitness-Tracker.html>. (abgerufen am 06.08.2017)
- Blum, W. (1985). *Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der didaktischen Diskussion*. Springer Spektrum.
- Bruder, R., Hefendehl-Hebeker, L., Schmidt-Thieme, B. & Weigand, H.-G. (2015). *Handbuch der mathematikdidaktik*. Springer Spektrum.
- Buchner, S. (2009). *Beschleunigungssensoren*. <https://userpages.uni-koblenz.de/~physik/informatik/Sensoren/beschleunigung.pdf>. (abgerufen am 08.08.2017)
- CAMMP. (2017a). *Für Schulen*. <https://blog.rwth-aachen.de/cammp/angebote/>. (abgerufen am 17.08.2017)
- CAMMP. (2017b). *Über uns*. <https://blog.rwth-aachen.de/cammp/info/>. (abgerufen am 17.08.2017)
- Ferri, R. B., Greefrath, G. & Kaiser, G. (2013). *Mathematisches Modellieren für Schulen und Hochschule. Theoretische und didaktische Hintergründe*. Wiesbaden: Springer Verlag.
- Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. (2007). *Halliday Physik (Bachelor Edition)*. Wiley-VCH.

- Maaß, K. (2011). *Mathematisches Modellieren. Aufgaben für die Sekundarstufe I* (5. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- MathWorks. (o.J.a). *MATLAB*. <https://de.mathworks.com/products/matlab.html>. (abgerufen am 09.08.2017)
- MathWorks. (o.J.b). *MATLAB Live Editor*. <https://de.mathworks.com/products/matlab/live-editor.html>. (abgerufen am 09.08.2017)
- MathWorks. (o.J.c). *Symbolic Math Toolbox*. <https://de.mathworks.com/products/symbolic.html>. (abgerufen am 09.08.2017)
- MathWorks. (o.J.d). *Über MathWorks*. <https://de.mathworks.com/company.html>. (abgerufen am 09.08.2017)
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2007). *Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I (G8) in Nordrhein-Westfalen - Mathematik*. Frechen: Ritterbach Verlag. Zugriff auf https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/gymnasium_g8/gym8_mathematik.pdf
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen - Physik*. Frechen. Zugriff auf https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/gymnasium_g8/gym8_physik.pdf
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2013). *Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen - Mathematik*. Zugriff auf http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/m/KLP_GOSt_Mathematik.pdf
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen - Physik*. Düsseldorf. Zugriff auf https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/ph/KLP_GOSt_Physik.pdf
- phyphox. (o.J.). *Pressematerial*. <http://phyphox.org/press/phyphox-press.zip>. (abgerufen am 09.08.2017)

- phyphox Website. (o.J.). *Unterstützte Sensoren*. <http://phyphox.org/de/unterstutzte-sensoren/>. (abgerufen am 09.08.2017)
- RWTH Aachen. (2017). *Die Schülerlabore*. <http://www.rwth-aachen.de/cms/root/Studium/Vor-dem-Studium/Angebote-fuer-Schuelerinnen-und-Schueler/~cdyt/Schuelerlabore/>. (abgerufen am 17.08.2017)
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2003). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss*. Zugriff auf http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2003/2003_12_04-Bildungsstandards-Mathe-Mittleren-SA.pdf
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2012). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife*. Zugriff auf http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_10_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf
- Wien, F. T. (o. J.). *Fourierreihen*. <http://www.mathe-online.at/mathint/fourier/i.html>. (abgerufen am 18.08.2017)
- Wikipedia. (2017a). *Activity tracker*. https://en.wikipedia.org/wiki/Activity_tracker. (abgerufen am 08.08.2017)
- Wikipedia. (2017b). *Beschleunigungssensor*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Beschleunigungssensor>. (abgerufen am 08.08.2017)
- Wikipedia. (2017c). *Magnetometer*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetometer>. (abgerufen am 09.08.2017)
- Wikipedia. (2017d). *Messabweichung*. https://de.wikipedia.org/wiki/Messabweichung#Relative_Messabweichung. (abgerufen am 07.08.2017)
- Wikipedia. (2017e). *Pedometer*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Pedometer>. (abgerufen am 08.08.2017)

A Material

A.1 Aufgabenblätter

A.1.1 Experiment-Durchführung

CAMMP day
Fitnessstracker



Experimente

Aufgabe

Nehmt pro Gruppe für jede der vier Aktivitäten *gehen*, *laufen*, *sprinten* und *stehen* ein Experiment auf und zählt dabei die Anzahl der zurückgelegten Schritte. Notiert diese in der Tabelle auf der nächsten Seite.

Anschließend nehmt ihr ein Experiment auf, bei dem ihr mindestens drei und maximal fünf Aktivitäten ausführt, also beispielsweise geht ihr, bleibt stehen und lauft dann weiter. Auch hier müsst ihr euch für jede Teilaktivität die Anzahl der zurückgelegten Schritte merken und anschließend auf der Tabelle auf der letzten Seite dokumentieren.

Vorab wichtig: Lest euch die Anleitung für diesen Schritt aufmerksam durch, bevor ihr loslegt.

Schritt 1: App starten

Startet die App, nachdem ihr sie heruntergeladen habt. Im Bereich „Sensoren“ darf der Sensor „Beschleunigung mit g“ nicht ausgegraut sein, da wir diesen für unsere Experimente benutzen werden. Solltet ihr zu zweit kein Gerät mit diesem Sensor besitzen, meldet euch bei einem Betreuer.

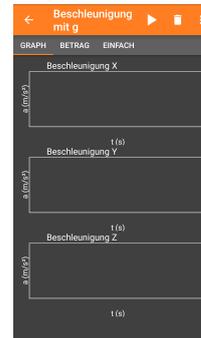
Schritt 2: Experiment durchführen

Tippt auf der Startansicht auf den Sensor „Beschleunigung mit g“ und überlegt euch, welche Aktivität ihr aufzeichnen wollt.

Zum Aufzeichnen des Sensors tippt ihr oben auf das ►-Symbol. Nun wird der Beschleunigungssensor aufgezeichnet. Nach ungefähr einer Sekunde könnt ihr die Aktivität starten, die ihr aufzeichnen möchtet.

Wichtig: Ihr müsst selbst zählen, wie viele Schritte ihr gegangen seid. Versucht das Handy direkt am Körper zu halten und lasst das Display nach oben zeigen.

Nach dem Ende der Aktivität habt ihr eine Sekunde Zeit, um die Aufnahme zu stoppen. Tippt dazu auf das ■-Symbol.



Nun tippt ihr oben rechts auf das ≡-Symbol. Es öffnet sich ein Menü. Tippt dort auf den Eintrag „Zustand speichern“. Wählt dort einen Namen für den Zustand aus. Dieser sollte zum einen die Anzahl der Schritte und zum anderen die Bewegungsart enthalten.

Anschließend bestätigt ihr den Dialog über den „In die Sammlung“-Button. Eure Aufnahme ist nun auf dem Handy gespeichert und kann später auf den Laptop übertragen werden. Vergesst nicht, die Anzahl der Schritte auf der nächsten Seite in der Tabelle zu dokumentieren.

Um ein neues Experiment zu starten, tippt ihr zunächst auf das ◀-Icon (oben rechts) und startet erneut mit Schritt 2.

Dokumentation der Aktivitäten

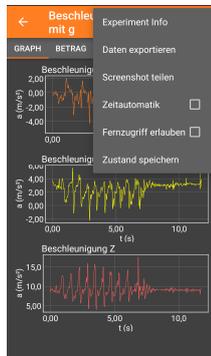
Tragt hier die gelaufenen Schritte ein und kreuzt eine Aktivität an, sobald ihr ein Experiment mit dieser Aktivität durchgeführt habt. In der Spalte „Dateiname“ tragt ihr vor dem ersten Bindestrich eure Gruppennummer (ohne führende Null) ein. Hinter dem Bindestrich tragt ihr die Anzahl der Schritte ein, die ihr zurückgelegt habt.

Aktivität	Beschreibung	Dateiname
<input type="checkbox"/> gehen	gehe ____ Schritte	__-__-gehen.zip
<input type="checkbox"/> laufen	laufe ____ Schritte	__-__-laufen.zip
<input type="checkbox"/> sprinten	sprinte ____ Schritte	__-__-sprinten.zip
<input type="checkbox"/> stehen	5 Sekunden stehen	__-0-gehen.zip
<input type="checkbox"/> Experiment mit mehreren Aktivitäten → letzte Seite		__-zusammengesetzt.zip

Wenn ihr alle fünf Experimente aufgezeichnet habt, könnt ihr an den Computer gehen und mit Schritt 3 fortfahren.

Schritt 3: Daten exportieren

Nun müssen die aufgezeichneten Daten auf den Computer übertragen werden. Dazu geht ihr wie folgt vor:



Navigiert auf die Startseite der App. Unter „Gespeicherte Zustände“ sind die gespeicherten Experimente aufgelistet. Durch Antippen könnt ihr ein Experiment öffnen. Nun tippt ihr oben rechts auf das \mathbb{I} -Symbol und tippt auf „Daten exportieren“. Als Datei-Format muss *CSV (Comma, decimal point)* ausgewählt werden. Bestätigt anschließend den Dialog mit „OK“.

Es öffnet sich der Teilen-Dialog eures Smartphones. Wählt nun als Methode **Bluetooth** aus.

Um die Dateien über Bluetooth zu übertragen, klickt ihr auf dem Mac oben rechts auf das \mathbb{I} -Icon. Klickt auf „Systemsteuerung Bluetooth öffnen“. Nun ist das Gerät für euer Handy sichtbar. Der Name des Computers wird euch in dem Fenster angezeigt. Alle an den Computer übertragenen Dateien befinden sich nach der Übertragung auf dem „Schreibtisch“.

Wichtig: Ihr müsst Dateien direkt nach der Übertragung auf den Computer umbenennen (Rechtsklick auf die Datei → Umbenennen). Den Dateinamen könnt ihr der obenstehenden Tabelle entnehmen.

Nachdem ihr alle Dateien auf den Computer übertragen habt, kopiert ihr die Dateien in das Dropbox-Verzeichnis „Dropbox Fitnessstracker“ auf dem „Schreibtisch“.

Wartet nun, bis alle Gruppen ihre Dateien hochgeladen haben.

Schritt 4: Daten aller Gruppen herunterladen

Nun könnt ihr alle Ordner aus der Dropbox in den Ordner „Fitnessstracker → experiments“ (dieser befindet sich auf dem „Schreibtisch“) kopieren. Wählt beim Kopieren aus, dass ihr die Ordner zusammenführen möchtet. Wechselt anschließend zu MATLAB und folgt dort den weiteren Instruktionen von Aufgabe 1.

Dokumentation des Experiments mit mehreren Aktivitäten

Tragt auf diesem Blatt die einzelnen Aktivitäten in chronologischer Reihenfolge mit ihrer Schrittzahl auf, welche ihr bei dem Experiment mit mehreren Aktivitäten ausgeführt habt.

Gebt dieses Blatt nach eurem Experiment vorne bei einem Betreuer ab.

Gruppennummer:

Aktivität	Schritte
Gesamte Schrittzahl:	

A.1.2 Aufgabenblatt 1

CAMMP day (Finesstracker) - Aufgabenblatt 1

Übersicht Rechenoperatoren

Hier sind einige Rechenoperationen aufgelistet, welche bei der Bearbeitung der folgenden Aufgaben hilfreich sein können:

- Addieren: +
- Subtrahieren: -
- Multiplizieren: *
- Dividieren: /
- Betrag: `abs(x)` berechnet den Betrag von `x`

Aufgabe 1: Experimente durchführen

Bevor es losgehen kann, benötigen wir einige Datensätze, mit denen wir unsere Methoden später überprüfen und auf ihre Nutzbarkeit testen können. Dazu wird ein separates Arbeitsblatt ausgeteilt, auf dem ihr alle Instruktionen findet.

Wenn ihr alle Experimente heruntergeladen und in den Ordner "experiments" kopiert habt, klickt in diesen Text und anschließend auf "Run Section", damit MATLAB die Experimente zur weiteren Bearbeitung vorbereitet.

```
prepareExperiments();
```

Aufgabe 2

Wir möchten nun mit Hilfe des Computers Schritte zählen. Dazu nutzen wir die Hochpunkt-Methode: wir zählen Hochpunkte.

Teil a)

Wählt ein Experiment aus, indem ihr den Dateinamen des Experiments in die Variable `Experiment` schreibt (innerhalb der Anführungszeichen). Klickt anschließend auf "Run Section".

Es wird der Graph, die reale Schrittzahl und die von MATLAB mit Hilfe von Hochpunkten berechnete Schrittzahl angezeigt. Vergleicht diese zwei Werte miteinander und schätzt die Zuverlässigkeit dieser Methode ein. Notiert eure Vermutung unterhalb des Codes.

```
Experiment = "" ; % Experiment (Dateiname)  
  
plot_A2a(Experiment);
```

Einschätzung:

Teil b)

Wir möchten nun mathematisch beschreiben, wie gut unsere Methode zur Schritterkennung funktioniert. In der Physik betrachtet man dazu die relative Messungenauigkeit, das heißt man schaut, um wie viel Prozent das richtige Ergebnis vom gemessenen Ergebnis abweicht.

Formuliert eine Formel für die Messungenauigkeit (in Prozent) und gebt sie unten für NaN ein. Nutzt dazu die Variablen `realeSchrittzahl` und `erkannteSchrittzahl`. Klickt

anschließend auf "Run Section", um das Ergebnis zu überprüfen.

Hinweis: Du kannst für diese Aufgabe das Internet befragen.

```
Ungenauigkeit = @(realeSchrittzahl, erkannteSchrittzahl) NaN;  
check_A2b(Ungenauigkeit);
```

Teil c)

Wir wollen nun schauen, wie gut unsere Methode zur Schritterkennung funktioniert. Dazu haben wir uns in Teil b) bereits Gedanken zur relativen Messungenauigkeit gemacht.

Überprüft nun für mindestens fünf Experimente, wie hoch diese Messungenauigkeit ist und interpretiert das Ergebnis. Die Ungenauigkeit wird euch angezeigt, wenn ihr ein Experiment auswählt und auf "Run Section" klickt. Schätzt die Zuverlässigkeit der Schritterkennung basierend auf der Messungenauigkeit ein.

Hinweis: Dieser Aufgabenteil setzt die Bearbeitung von Teil a) und b) voraus.

```
Experiment = ""; % Experiment (Dateiname)  
  
plot_A2c(Experiment, Ungenauigkeit);
```

Die Ergebnisse könnt ihr hier notieren:

- Experiment ...:

Einschätzung:

Teil d)

Wir wollen nun die Schritterkennung weiter verbessern. Im Folgenden werden Regeln formuliert, mit denen wir die Schritterkennung verbessern wollen:

- **"diff"**: Berechnet die Differenz zwischen jedem y-Wert eines Hochpunktes und dem y-Wert des globalen Maximums. Ist der Wert kleiner als der Parameter N , so wird der Hochpunkt als Schritt erkannt.
- **"ratio"**: Berechnet den Quotienten cur/max , wobei cur der y-Wert des Hochpunktes und max das globale Maximum ist. Ist der Wert größer als der Parameter N , so wird der Hochpunkt als Schritt erkannt.
- **"median"**: Berechnet die Differenz zwischen jedem Hochpunkt und dem Median aller Hochpunkte. Ist der Wert kleiner als der Parameter N , so wird der Hochpunkt als Schritt erkannt.
- **"mean"**: Berechnet die Differenz zwischen jedem Hochpunkt und dem arithmetischen Mittel aller Hochpunkte. Ist der Wert kleiner als der Parameter N , so wird der Hochpunkt als Schritt erkannt.
- **"threshold"**: Ist der Wert größer als der Parameter N , so wird der Hochpunkt als Schritt erkannt.

Wählt zwei Regeln aus, von denen ihr glaubt, dass sie gute Ergebnisse liefern und ermittelt durch ausprobieren, wie der Parameter N zu wählen ist. Wendet beide Regeln auf das gleiche Experiment an. Tragt Experiment, Regel und den Parameter N jeweils unten in den Code ein und klickt auf "Run Section". Notiert eure Ergebnisse unten.

Lassen sich die Regeln gleich gut auch für andere Experimente nutzen? Überprüft die relative Messungengenauigkeit, indem ihr drei weitere Experimente mit der gleichen Regel und gleichem Parameter N auswertet.

```
Experiment = "";           % Experiment (Dateiname)

Regel = "";               % Regel
N = NaN;                 % Parameter N

plot_A2d(Experiment, Ungenauigkeit, Regel, N);
```

Ergebnis 1. Regel:

- Regel:
- $N=$
- Experiment 1: ... Schritte erkannt / relative Messungengenauigkeit: ... %
- Experiment 2: ... Schritte erkannt / relative Messungengenauigkeit: ... %

Ergebnis 2. Regel:

- Regel:
- $N=$
- Experiment 1: ... Schritte erkannt / relative Messungengenauigkeit: ... %
- Experiment 2: ... Schritte erkannt / relative Messungengenauigkeit: ... %

Wenn ihr mit diesem Aufgabenblatt fertig seid, fragt nach Zusatzaufgaben!

A.1.3 Aufgabenblatt 2

CAMMP day (Fittesstracker) - Aufgabenblatt 2

Übersicht Rechenoperatoren

Hier sind einige Rechenoperationen aufgelistet, welche bei der Bearbeitung der folgenden Aufgaben hilfreich sein können:

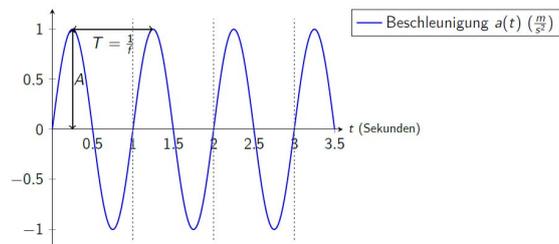
- Addieren: +
- Subtrahieren: -
- Multiplizieren: *
- Dividieren: /
- Betrag: `abs(x)` berechnet den Betrag von `x`
- Pi: `pi`

Aufgabe 3: Fourieranalyse

Wir wollen nun das Zählen der Schritte verbessern. Dazu nutzen wir aus, dass das Signal periodisch ist, das heißt es wiederholt sich. Zwar ist das Signal keine perfekte Sinus-Funktion, aber wir werden sehen, dass die Methode dennoch funktioniert.

Wir nehmen an, dass die ausschlaggebende Sinus-Formel für die Beschleunigung wie folgt lautet:

$$a(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$



Joseph Fourier (1768 – 1830) hat herausgefunden, dass sich jede periodische Funktion als Summe von Sinus- und Cosinus-Funktionen zusammensetzen lässt. Mit Hilfe der Fourieranalyse können wir bei zusammengesetzten Funktionen die einzelnen Frequenzen und Amplituden dieser Funktion herausfinden.

Teil a: Formel für Schritte

Bevor wir uns an das Zählen der Schritte wagen, müssen wir etwas Vorarbeit leisten. Zunächst müssen wir uns überlegen, wie wir basierend auf der Frequenz die eigentliche Schrittzahl berechnen können.

Formuliert eine Formel für die Anzahl der Schritte basierend auf der Frequenz und der Dauer. Tragt eure Formel in den Code unten ein und klickt zum Überprüfen auf "Run Section".

Hierzu liegen die Hilfefkarten 1 und 2 aus.

```
Schritte = @(frequency, duration) NaN; % Tragt hier die Formel für die Anzahl der Schritte ein
check_A3a(Schritte);
```

Teil b

Wir schauen uns nun an, was uns die Fourieranalyse liefert. Berechnet basierend auf der Frequenz der maximalen Amplitude und den Überlegungen von Teil a), wie viele Schritte basierend auf der Fourieranalyse erkannt werden können.

Die Berechnungen könnt ihr entweder mit dem Taschenrechner oder im Kopf durchführen.

```
Experiment = ""; % Experiment (Dateiname)
plot_A3b(Experiment);
```

Berechnete Schrittzahl:

Teil c

Wir möchten nun prüfen, ob die Methode unter Verwendung der Fourieranalyse sinnvoll war. Dazu dient der folgende Plot, welcher sowohl die ursprünglichen Daten als auch die von der Fourieranalyse rekonstruierten Daten enthält.

Rekonstruiert aus der Frequenz und der Amplitude die Sinus-Funktion, welche bei dem ausgewählten Experiment dominiert. Tragt den Term unten in den Code für `NaN` ein und klickt anschließend auf "Run Section":

Überlegt euch, wie ihr die beiden Graphen sinnvoll vergleichen könnt. Anschließend vergleicht ihr sie basierend auf euren Überlegungen.

```

Experiment = ""; % Experiment (Dateiname)

Sinus = @(t, frequency, amplitude) NaN; % NaN durch den Sinus-Term ersetzen

plot_A3c(Experiment, Sinus);

```

Teil d: Genauigkeit messen

Nun möchten wir herausfinden, ob wir mit Hilfe der Fourieranalyse die Schrittzahl zuverlässig messen können.

Überprüft für drei Experimente, wie gut die Schrittzahl bestimmt werden kann. Vergleicht die Ergebnisse mit den Ergebnissen von Aufgabenblatt 1. Ist der Fehler bei den einzelnen Experimenten größer oder kleiner?

Wichtig: Wählt dazu die gleichen Experimente aus, welche ihr in Aufgabe 3c ausgewählt habt.

```

Experiment = ""; % Experiment (Dateiname)

check_A3d(Experiment, Schritte, Ungenauigkeit);

```

Eure Ergebnisse könnt ihr hier notieren:

- Experiment ...:
- Experiment ...:
- Experiment ...:

Teil e: Vergleich der Hochpunkt-Methode und Fourieranalyse

Beurteilt basierend auf den Ergebnissen von Aufgabe 2d und 3d, warum die Schrittzahl mit Hilfe der Fourieranalyse besser ist. Nennt zwei Gründe.

- Grund 1: ...
- Grund 2: ...

Wir diskutieren die Ergebnisse später gemeinsam im Plenum.

Aufgabe 4: Modellverbesserung

Teil a

Wir betrachten nun einen weiteren Datensatz. Bei diesem ist die Person 67 Schritte gegangen. Drückt auf "Run Section" und berechnet basierend auf der Frequenz mit der maximalen Amplitude die Anzahl an Schritten. Was fällt euch auf?

```
plot_A4a();
```

Ergebnis:

Teil b

Berechnet die Anzahl der Schritte mithilfe der zweit-maximalen Amplitude. Wie groß ist der relative Fehler nun? Was fällt euch beim Vergleich der beiden Frequenzen auf?

Nutzt zum Berechnen gerne euren Taschenrechner oder tippt die Rechnung in das "Command Window" ein. Notiert die Ergebnisse hier in MATLAB:

Anzahl Schritte:

Relativer Fehler:

Vergleich der Frequenzen:

Teil c

Nun gilt es, unseren ausgehenden Algorithmus, welcher bisher eine Fourieranalyse durchführt, anzupassen. Offensichtlich ist die Frequenz mit der maximalen Amplitude nicht immer die ausschlaggebende Frequenz, welche wir zum Zählen der Schritte nutzen können.

Unser Arm bewegt sich beim Gehen. Beim ersten Schritt bewegt sich der Arm nach vorne und beim zweiten Schritt bewegt sich der Arm nach hinten. Während man also den Arm nach vorne, nach hinten und wieder in die Ausgangslage bewegt, hat man zwei Schritte zurückgelegt. Es gilt also für die Frequenzen von Arm und Fuß:

$$f_{\text{Fuß}} \approx 2 * f_{\text{Arm}}$$

Es kann also sein, dass die Beschleunigung von Arm und Fuß sich so überlagern, dass die Bewegung des Arms dominiert.

Überlegt euch, wie ihr überprüfen könnt, ob die Arm- statt der Fußfrequenz gemessen wurde. Dazu ist die Funktion `isApproxDouble(x, y, epsilon)` hilfreich. Die Funktion prüft, ob x ungefähr das Doppelte von y ist. Der Parameter `epsilon` gibt dabei die Toleranz an. Mathematisch wird folgendes überprüft:

$$|2 * y - x| < \epsilon$$

In einigen Fällen kann es jedoch sein, dass die doppelte Frequenz die zweit-größte Amplitude besitzt, obwohl die Frequenz der maximalen Amplitude der Fußfrequenz entspricht. Daher wird zusätzlich geprüft, ob die zweit-maximale Amplitude mehr als 60% der maximalen Amplitude entspricht: `secondMaxAmplitude / maxAmplitude > 0.6`. Der Schwellenwert von 60% wurde in vorigen Tests ermittelt.

Ersetzt unten NaN durch einen geeigneten Aufruf der Funktion `isApproxDouble`.

Wichtig: Achtet darauf, dass ihr das `%%` und alles dahinter nicht entfernt.

```
Patch = @(maxFrequency, maxAmplitude, secondMaxFrequency, secondMaxAmplitude) NaN && secondMaxAmplitude / maxAmplitude > 0.6;  
check_A4c(Schritte, Ungenauigkeit, Patch);
```

Teil d

In Teil c) haben wir den Algorithmus angepasst. Nun gilt es, den Algorithmus auf mehrere Experimente anzuwenden und die Ergebnisse zu überprüfen.

Wendet den Algorithmus auf mindestens fünf Experimente an und überprüft, ob sich die Erkennung der Schritte verbessert hat oder mindestens gleich geblieben ist. Klickt anschließend auf "Run Section" und notiert die Ergebnisse unterhalb des Codes.

```
Experiment = ""; % Experiment (Dateiname)  
  
check_A4d(Experiment, Schritte, Ungenauigkeit, Patch);
```

Ergebnisse:

- Experiment 1: ...
- Experiment 2: ...
- Experiment 3: ...
- Experiment 4: ...
- Experiment 5: ...

Falls ihr mit dem Arbeitsblatt fertig seid, bearbeitet Arbeitsblatt 3. Öffnet dazu die Datei "Aufgabenblatt 3.mlx" (im linken Bereich "Current Folder").

A.1.4 Aufgabenblatt 3

CAMMP day (Fittnesstracker) - Aufgabenblatt 3

Bisher haben wir uns einzelne Aktivitäten angesehen. Nun wollen wir Experimente analysieren, welche mehrere Aktivitäten enthalten.

Aufgabe 5: Aktivitäts-Bereiche erkennen (Auge)

Betrachtet zunächst einen Datensatz und stellt Vermutungen anhand des Graphen auf, an welchen Stellen ein Aktivitätswechsel vorliegen könnte. Tragt dazu zunächst eine Gruppennummer ein (die einer anderen Gruppe) und klickt auf "Run Section".

Notiert die Ergebnisse unterhalb des Graphen.

Tipp: Ihr könnt den Graphen etwas vergrößern, indem ihr auf den Pfeil  oben rechts in dem Plot klickt (dieser erscheint, sobald ihr die Maus über das Bild bewegt).

```
Gruppennummer = NaN;  
plot_A5(Gruppennummer);
```

Ergebnisse:

- Aktivität 1: XX s - XX s
- Aktivität 2: XX s - XX s
- Aktivität 3: XX s - XX s
- ...

Tragt das jeweilige Ende der einzelnen Aktivitäten durch Leerzeichen getrennt unten in die eckigen Klammern ein. Das Ende der letzten Aktivität müsst ihr nicht eintragen. Klickt anschließend erneut auf "Run Section". Wir benötigen die Zeiten in der nächsten Aufgabe, daher gibt es erstmal keine Rückmeldung.

```
BereicheManuell = [ ];
```

Aufgabe 7: Aktivitäts-Bereiche erkennen (Computer)

Wir möchten nun versuchen, die einzelnen Aktivitätsbereiche mit Hilfe des Computers zu erkennen. Wie man anhand des Graphen sehen kann, lassen sich die einzelnen Aktivitäten bereits vom Auge zeitlich einteilen.

Teil a: Daten reduzieren

Bisher haben wir für jede Zeit eine Beschleunigung, die wir auswerten müssten. Da dies jedoch sehr viele Daten sind, müssen wir diese zunächst reduzieren.

Um dabei Eigenschaften der Daten nicht zu verlieren, können wir statistische Methoden verwenden. Welche statistischen Methoden kennt ihr aus der Schule? Notiert alle Größen und recherchiert die zugehörigen Funktionsnamen für MATLAB. Tragt als ersten Parameter `data` ein (wie im ersten Beispiel).

- arithmetisches Mittel: `mean(data)`
-
-
-
-
-

Teil b: Daten reduzieren

Nun müssen wir die Daten auch tatsächlich reduzieren. Wählt dazu zunächst eine statistische Methode aus Aufgabenteil a) aus und tragt die entsprechende Funktion ein. Anschließend legt ihr fest, auf wie vielen Punkten die Funktion angewendet werden soll. Ein Punkt ist dabei die Beschleunigung zu einem bestimmten Zeitpunkt. In der Variable `data` sind jeweils so viele `y`-Werte gespeichert, wie ihr in `AnzahlPunkte` festgelegt habt.

Klickt auf "Run Section" um das Ergebnis zu sehen. In orange seht ihr die in Aufgabe 6 eingetragenen Bereiche, welche ihr durch Betrachten herausgefunden habt.

Probiert alle statistische Methoden aus und variiert die Anzahl der Punkte, auf denen die Funktion angewendet werden soll. *Tipp: die Anzahl der Punkte sollte nicht zu klein und mindestens 100 sein.*

Überprüft, ob sich die einzelnen Aktivitäten auch in den reduzierten Daten erkennen lassen.

```
Funktion = @(data) NaN; % Tragt hier für NaN die jeweilige Funktion ein, mit der ihr die Daten reduzieren möchtet  
AnzahlPunkte = NaN; % Tragt hier für NaN die Anzahl der Punkte ein, auf denen die Funktion ausgewertet werden soll  
  
plot_A6b(Gruppennummer, AnzahlPunkte, Funktion, BereicheManuell);
```

Teil c: Aktivitäts-Bereiche erkennen

Um die einzelnen Bereiche tatsächlich zu unterteilen, müssen wir nun einen geeigneten Schwellenwert finden, ab welcher Differenz zwischen zwei zusammengefassten Bereichen ein Aktivitätswechsel stattfindet.

Betrachtet erneut den Plot von Teil b) und bestimmt einen geeigneten Schwellenwert. Überprüft die Wahl des Schwellenwertes, indem ihr auf "Run Section" klickt.

```
Schwellenwert = NaN; % Tragt hier für NaN den Schwellenwert ein  
Bereiche = plot_A6c(Gruppennummer, AnzahlPunkte, Funktion, BereicheManuell, Schwellenwert);
```

Aufgabe 7: Aktivitäten klassifizieren

Nun wollen wir die einzelnen Aktivitäten klassifizieren, das heißt wir erarbeiten Kriterien, anhand derer man feststellen kann, ob jemand steht, geht, läuft oder sprintet. Diese Klassifizierung können wir dann im nächsten Schritt auf die einzelnen Bereiche von Aufgabe 7 anwenden.

Teil a: Klassifizierungen bestimmen

Wir betrachten nun alle Experimente mit je einer Aktivität genauer, indem wir diese mithilfe der Fourieranalyse und weiteren statistischen Merkmalen untersuchen, damit der Computer sie am Ende voneinander unterscheiden kann. Geht dazu wie folgt vor:

Für jede Art von Aktivität setzt ihr die Variable "Aktivitaet" und klickt auf "Run Section". Vergleicht dabei die einzelnen Werte und arbeitet Unterschiede heraus. Vergleicht eure Ergebnisse anschließend mit anderen Gruppen.

Tipp: Betrachtet jeweils den Mittelwert oder Minimum/Maximum einer Größe (bspw. Frequenz).

Hierzu liegt Hilfekarte 3 aus.

```
Aktivitaet = ""; % Art der Aktivität (gehen, laufen, sprinten, stehen)  
analysis_A7a(Aktivitaet, Patch);
```

- Gehen:
- Laufen:
- Sprinten:
- Stehen:

Teil b: Regeln zur Klassifizierung

Wir möchten nun die Ergebnisse aus Teil a) in Form von Regeln formulieren. Formuliert für jede Aktivität eine Regel in der Form "Wenn Größe kleiner/größer/gleich (als) Wert" (ohne Einheit). Beispiel: "wenn Maximum größer als 10". Ihr könnt mehrere Regeln mit einem "und" oder einem "oder" verknüpfen.

- Gehen:
- Laufen:
- Sprinten:
- Stehen:

Teil c: Regeln zur Klassifizierung

Nun müssen die jeweiligen Regeln MATLAB beigebracht werden. Dazu müssen die Regeln in MATLAB-Syntax übertragen werden. Nutzt dazu die folgenden Regeln:

Vergleichsoperatoren:

- kleiner oder gleich: <=
- kleiner: <
- gleich: ==
- größer: >
- größer oder gleich: >=

Größen:

- Minimum: minimum
- Maximum: maximum
- Mittelwert: mean
- Standardabweichung: standarddeviation
- Frequenz: frequency

Mit Hilfe logischer Operatoren könnt ihr mehrere Regeln miteinander verknüpfen:

- und: &&
- oder: ||

Beispiel:

- Regel: wenn Minimum kleiner oder gleich als 0.5
- MATLAB: minimum <= 0.5

Wenn ihr das vorgebene Muster in Teil b) genutzt habt, müsst ihr beim Übertragen das "wenn" weglassen und die jeweiligen Operatoren beziehungsweise Größen ersetzen. Klickt anschließend auf "Run Section".

Hinweis: es müssen nicht zwingend alle zur Verfügung gestellten Variablen in eurer Regel genutzt werden.

```
Gehen = @(mean, minimum, maximum, standarddeviation, frequency) NaN;  
Laufen = @(mean, minimum, maximum, standarddeviation, frequency) NaN;  
Sprinten = @(mean, minimum, maximum, standarddeviation, frequency) NaN;  
Stehen = @(mean, minimum, maximum, standarddeviation, frequency) NaN;  
  
check_A7c(Gehen, Laufen, Sprinten, Stehen, Patch);
```

Hinweis zum Lesen der Tabelle: eine 1 bedeutet, dass der Test diese Aktivität als solche klassifiziert hat. Eine 0 bedeutet entsprechend das Gegenteil.

Aufgabe 9: Aktivitätsanalyse

Nun können wir unsere Klassifizierungen in die Aktivitätsanalyse einfließen lassen. Klickt auf "Run Section" und überprüft anschließend die Ergebnisse, indem ihr eure Auswertung mit den echten Daten des Experiments vergleicht. Die Dokumentation der Gruppe liegt vorne aus. Berechnet euren relativen Fehler mit dem Taschenrechner.

Wenn ihr die Analyse für eine andere Gruppe durchführen möchtet, müsst ihr ganz oben (bei Aufgabe 6) die Gruppennummer ändern und anschließend auf "Run All" (nicht "Run Section") klicken.

```
analysis_A8(Gruppennummer, Bereiche, Patch, Gehen, Laufen, Sprinten, Stehen);
```

A.1.5 Zusatzblatt

CAMMP day
Fitnessstracker



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Zusatzaufgabe

Wir wollen nun einen Blick auf den Datenschutz werfen. Bearbeitet dazu die folgenden Aufgabenteile:

- a) Informiert euch im Internet bei den Anbietern für Fitnessstrackern (bspw. Fitbit, Garmin, Polar) welche Daten sie bei der Nutzung ihrer Fitnessstracker erheben.
- b) Werden diese Daten an Dritte weitergegeben?
- c) Wer könnte an den Daten interessiert sein und warum?

A.2 Lösungen

A.2.1 Lösung zu Aufgabenblatt 1

CAMMP day
Fitnessstracker



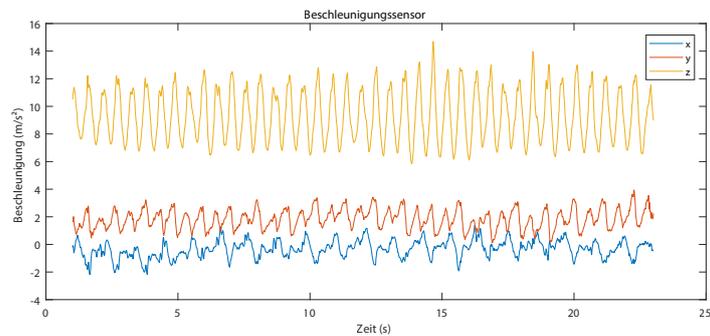
RWTH AACHEN
UNIVERSITY

Musterlösung vom ersten Arbeitsblatt

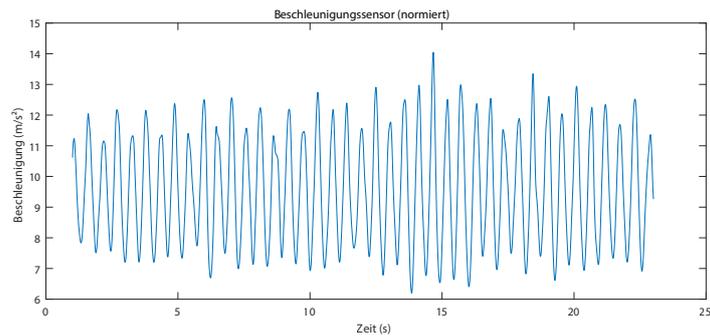
Aufgabe 2 | Datensätze sichten

- a) Schritte lassen sich anhand von Hoch- oder Tiefpunkten erkennen. Je nach Experiment muss jedoch nur jeder zweite Hochpunkt gezählt werden, da sich die Bewegung des Armes und die des Körpers überlagern.

In diesem Fall ist die z-Achse jene Achse, an der man die Bewegung „ablesen“ kann. Je nach Art und Weise, wie das Handy bei der Aufnahme gehalten wurde, muss eine andere Achse betrachtet werden.



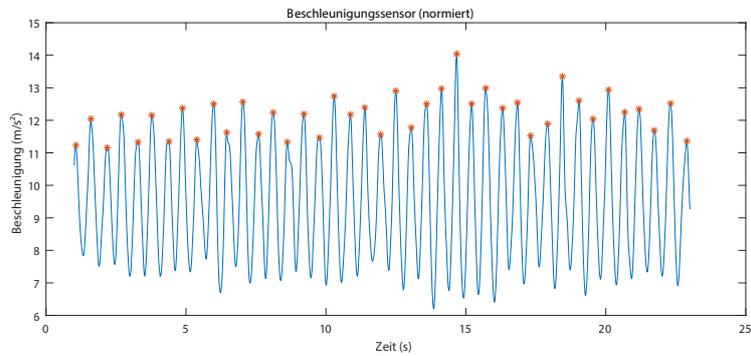
- b) Nach dem Anwenden der Norm lassen sich die Schritte ebenfalls anhand der Hoch- oder Tiefpunkte ablesen:



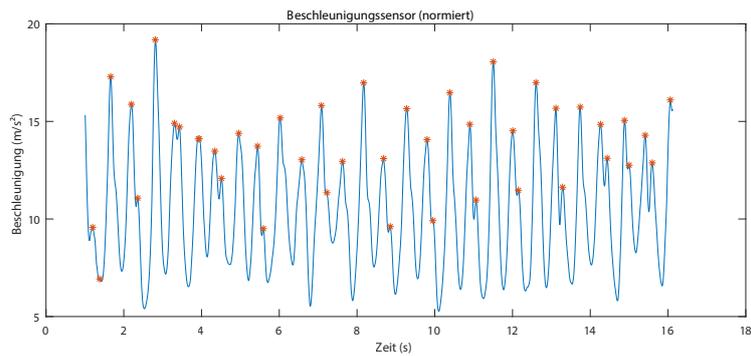
Aufgabe 3

- a) Jetzt sollen die Hochpunkte mithilfe des Computers gezählt werden. Dies klappt je nach Experiment bereits zu Beginn gut (1. Plot) oder weniger gut (2. Plot):

1/3



Es werden 41 Hochpunkte gezählt (Experiment enthält 44 Schritte)



Es werden 43 Hochpunkte gezählt (Experiment enthält 28 Schritte)

Basierend auf diesen Ergebnissen ist die Methode nicht zuverlässig.

b) Die Formel für die relative Ungenauigkeit lautet:

$$\frac{|\text{gemessenerWert} - \text{realerWert}|}{\text{realerWert}} * 100$$

Entsprechend muss im Code folgendes eingetragen werden:

```
Ungenauigkeit = @(realeSchrittzahl, erkannteSchrittzahl) abs(realeSchrittzahl -
    erkannteSchrittzahl) / realeSchrittzahl * 100;
```

c) Hier soll die relative Ungenauigkeit für mindestens fünf Experiment bestimmt werden. Man erhält als Ausgabe (hier anhand der Aktivität „gehen“ und Experiment 0-28):

```
Du hast "43" Schritte erkannt
Deine relative Messungenauigkeit betraegt 53.57%
```

Die Einschätzung von Teil a) wird hier bestätigt: die Methode ist nicht zuverlässig.

- d) Ausgehend von der Experiment 0-28 der Aktivität „gehen“ lassen sich folgende optimale Parameter finden:

```
Regel = "mean";  
N = 2.3;  
  
Regel = "ratio";  
N = 0.68;  
  
Regel = "median";  
N = 2.4;  
  
Regel = "diff";  
N = 6.1;  
  
Regel = "threshold";  
N = 13;
```

Zwar liefern diese Werte optimale Ergebnisse für das ausgewählte Experiment, aber sobald man diese Parameter auf ein anderes Experiment anwendet, scheitert die Schritterkennung.

A.2.2 Lösung zu Aufgabenblatt 2

Musterlösung vom zweiten Arbeitsblatt

Aufgabe 4 | Fourieranalyse

- a) Die Schrittzahl ergibt sich aus der Multiplikation von Frequenz und Dauer:

```
Schritte = @(frequency, duration) frequency*duration;
```

- b) Für das Experiment 0-44 der Aktivität „gehen“ ergibt sich folgende Rechnung:

$$f = 1.81893; d = 22 \text{ (diese Werte können abgelesen werden)}$$
$$\Rightarrow f * d = 40.0165$$

Es werden ca. 40 Schritte gezählt.

- c) Es muss der Sinus-Term mit der maximalen Amplitude rekonstruiert werden:

```
Sinus = @(t, frequency, amplitude) amplitude * sin(2*pi*frequency*t)
```

Man kann nun die einzelnen Hochpunkte vergleichen. Diese sind ungefähr auf derselben Zeit.

- d) Es wird der relative Fehler von drei Experimenten verglichen. Dieser ist bei der Fourieranalyse in der Regel deutlich geringer als bei der Hochpunkt-Methode:

Experiment	Hochpunkt-Methode	Fourieranalyse
gehen/0-44	6.82%	9.05%
gehen/0-28	53.57%	0.07%
laufen/0-60	48.22%	8.29%
sprinten/0-67	76.12%	58.18% ¹

- e) Mögliche Begründungen sind:

- Methode ist oft genauer aufgrund des kleineren Fehlers
- Methode benötigt keinen Parameter N (welcher oftmals vom Experiment abhängig war)
- Methode funktioniert für alle Experimente gut

¹Das Ergebnis dieses Experiments wird noch verbessert im weiteren Verlauf.

Aufgabe 5 | Modellverbesserung

- a) Auffällig ist, dass die Frequenz der zweit-höchsten Amplitude ungefähr doppelt so groß ist wie die Frequenz der maximalen Amplitude.
- b) Basierend auf der Ausgabe

```
Das Experiment "sprinten" umfasst 16.83 Sekunden
Maximale Amplitude (2.69119) bei Frequenz 1.66462 Hz
Zweit-maximale Amplitude (1.64319) bei Frequenz 3.26979 Hz
```

Kann man nun mithilfe der Formel zur Berechnung der Schritte (siehe Aufgabe 4a) die Anzahl der Schritte berechnen:

$$f = 3.26979; d = 16.83$$
$$\Rightarrow f * d = 55.0306$$

Der relative Fehler errechnet sich dann wie folgt:

$$err = \frac{|55.0306 - 67|}{67} * 100$$
$$= 17.86$$

- c) In einigen Fällen ist die Armfrequenz jene, welche die größte Amplitude besitzt, und die Körper- bzw. Fußfrequenz ist diejenige mit der zweit-höchsten Amplitude. Da die Armfrequenz ungefähr doppelt so groß ist wie die des Fußes, müssen die beiden Frequenzen verglichen werden. Dies kann mit der Funktion `isApproxDouble` geschehen.

Die Implementierung sieht daher wie folgt aus:

```
useSecondFrequency = isApproxDouble(secondMaxFrequency, maxFrequency) &&
    secondMaxAmplitude / maxAmplitude > 0.6;
```

Die Ausgabe sollte dann so aussehen:

```
Das Experiment "sprinten" umfasst 67 Schritte
Du hast 55 Schritte erkannt
Deine relative Messungenaugigkeit beträgt 17.86%
```

- d) Nun sollen die SuS ihre Verbesserung an mindestens fünf Experimenten ausprobieren. Die Ausgaben sind stark von der Implementierung bei Aufgabenteil c) abhängig. Bei der obigen Lösung ergibt sich für das Experiment 0-44 der Aktivität „gehen“:

```
Das Experiment "gehen" umfasst 44 Schritte
Du hast 40 Schritte erkannt
Deine relative Messungenaugigkeit beträgt 9.05%
Du hast mit Patch 40 Schritte erkannt
Deine relative Messungenaugigkeit beträgt mit dem Patch 9.05%

Deine Anpassung des Algorithmus hat die Schritterkennung nicht verändert.
```

A.2.3 Lösung zu Aufgabenblatt 3

Musterlösung vom dritten Arbeitsblatt

Aufgabe 6 | Aktivitäts-Bereiche erkennen (Auge)

Es ergibt sich für Gruppe 0 (vorgegeben) folgende drei Bereiche:

```
BereicheManuell = [ 50 85 100 ];
```

Wichtig: Eine wirkliche Überprüfung dieser Aufgabe ist nur schwer möglich, da die SuS andere Gruppen auswerten und die Bereiche somit individuell festzulegen sind.

Aufgabe 7 | Aktivitäts-Bereiche erkennen (Computer)

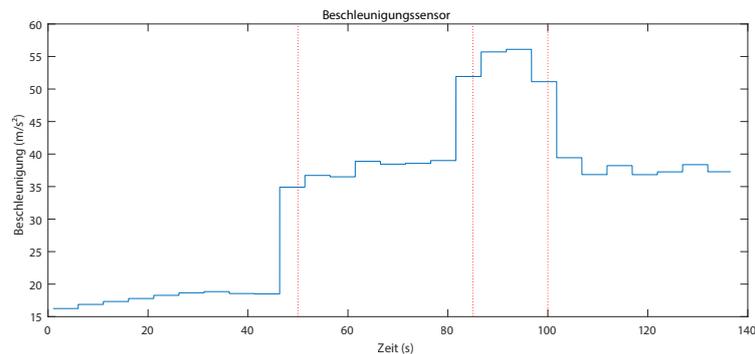
a) Es sollten die folgenden statistischen Größen genannt werden:

- arithmetisches Mittel: `mean(data)`
- Minimum: `min(data)`
- Maximum: `max(data)`
- Median: `median(data)`
- Standardabweichung: `std(data)`

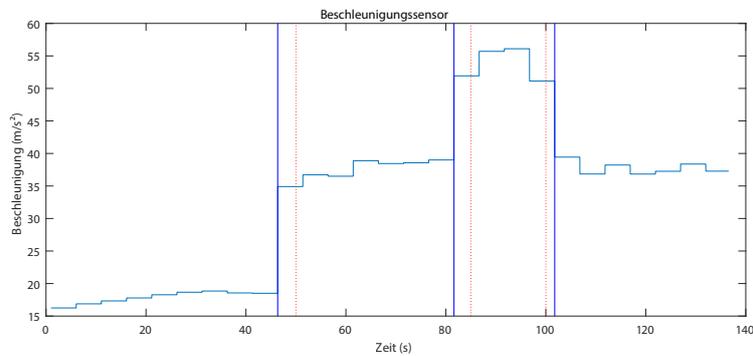
b) Am besten funktioniert die Reduzierung der Daten auf das arithmetische Mittel. Die Anzahl der Punkte sollte zwischen 250 und 500 liegen:

```
Funktion = @(data) mean(data);  
AnzahlPunkte = 500;
```

Als Ergebnis (wieder Gruppe 0) erhält man folgenden Plot:



c) Für Gruppe 0 ist der Schwellenwert 8 gut geeignet:



Dass die blauen und roten Striche weit auseinanderliegen hat die Gründe, dass (a) die Anzahl der Datenpunkte zu groß gewählt wurde und/oder (b) dass die Bereiche zu Beginn ungenau bestimmt wurden.

Aufgabe 8 | Aktivitäten klassifizieren

a) Bei der Analyse können sich folgende Regeln ergeben:

- gehen: wenn Frequenz kleiner-gleich 2.1
- laufen: wenn Frequenz größer als 2 und Frequenz kleiner 3
- sprinten: wenn Frequenz größer-gleich 3
- stehen: wenn Standardabweichung kleiner als 1

Hinweis: Diese Regeln wurden basierend auf den Beispiel-Daten gemacht. Es ist gut möglich, dass die Experimente der Schüler für leicht variierende Ergebnisse sorgen.

b) Basierend auf den oberen Regeln ergibt sich folgender Code:

```
Gehen = @(mean, minimum, maximum, standarddeviation, frequency) frequency < 2.1 &&
standarddeviation >= 1;
Laufen = @(mean, minimum, maximum, standarddeviation, frequency) frequency >= 2.1 &&
frequency < 3 && standarddeviation >= 1;
Sprinten = @(mean, minimum, maximum, standarddeviation, frequency) frequency >= 3 &&
standarddeviation >= 1;
Stehen = @(mean, minimum, maximum, standarddeviation, frequency) standarddeviation <
1;
```

Aufgabe 9 | Aktivitätsanalyse

Hat man die bisherigen Aufgaben nach Musterlösung implementiert, ergibt sich für Gruppe 0 folgende Ausgabe:

```
Insgesamt wurden 368 Schritte erkannt
[1.01-46.35] gehen: 95 Schritte
[46.35-81.62] laufen: 104 Schritte
[81.62-101.78] rennen: 71 Schritte
[101.78-136.59] laufen: 98 Schritte
```

Insgesamt wurden 368 Schritte erkannt

Das Experiment sah wie folgt aus:

Aktivität	Schritte
gehen	100
laufen	100
sprinten	50
laufen	100
Gesamte Schrittzahl:	350

Der relative Fehler beläuft sich auf 5.1429%.

A.3 Hilfekarten

CAMMP day
Fitnessstracker



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Hilfekarten

Aufgabe 4 a) | Hilfekarte 1

Betrachte die Einheiten für Frequenz und Dauer.

Aufgabe 4 b) | Hilfekarte 2

Die Einheit für Frequenz ist Herz $[Hz] = \left[\frac{1}{s}\right]$. Die Einheit für die Dauer ist Sekunden $[s]$.

Aufgabe 8 a) | Hilfekarte 3

Klassifiziert die Aktivitäten gehen, laufen und sprinten über die Frequenz. Betrachtet dazu für jede Aktivitäten jeweils die minimale und maximale Frequenz der Aktivitäten.

A.4 Matlab-Einführung

Matlab Einführung

Aufgabe 1

Formuliere eine Formel für den Flächeninhalt eines Rechtecks.

```
Flaecheninhalt = @(breite, laenge) NaN;  
check_A1(Flaecheninhalt);
```

A.5 Präsentationen

A.5.1 Problemstellungsvortrag



Wie funktionieren eigentlich Fitnessstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun?

Lehrstuhl für Mathematik
Center for Computational Engineering Science



Ein bisschen Geschichte



- 1780: erster mechanischer Pedometer (Abraham-Louis Perrelet)

Ein bisschen Geschichte



- 1780: erster mechanischer Pedometer (Abraham-Louis Perrelet)
- 1981: mobile Herzfrequenz-Monitore für Sportler

Ein bisschen Geschichte



- 1780: erster mechanischer Pedometer (Abraham-Louis Perrelet)
- 1981: mobile Herzfrequenz-Monitore für Sportler
- 1990er: Fahrradcomputer

Ein bisschen Geschichte



- 1780: erster mechanischer Pedometer (Abraham-Louis Perrelet)
- 1981: mobile Herzfrequenz-Monitore für Sportler
- 1990er: Fahrradcomputer
- 2000er: tragbare Geräte zur Aufzeichnung der Fitness-Aktivität (Fitnessstudios)

Ein bisschen Geschichte



- 1780: erster mechanischer Pedometer (Abraham-Louis Perrelet)
- 1981: mobile Herzfrequenz-Monitore für Sportler
- 1990er: Fahrradcomputer
- 2000er: tragbare Geräte zur Aufzeichnung der Fitness-Aktivität (Fitnessstudios)
- 2006: Fitnessstracker in Form von Bändern (Arm, Hüfte, Fußgelenk)

Einstieg

- Wer von euch besitzt einen Fitnesstracker?



Einstieg

- Wer von euch besitzt einen Fitnesstracker?
 - Bitkom: 31% der ab 14-jährigen nutzt Fitnesstracker (2016) ¹

¹<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Gemeinsame-Pressenote-von-Bitkom-und-BMJV-Fast-ein-Drittel-nutzt-Fitness-Tracker.html>



Einstieg

- Wer von euch besitzt einen Fitnesstracker?
 - Bitkom: 31% der ab 14-jährigen nutzt Fitnesstracker (2016) ¹
- Welche Funktionen besitzen aktuelle Fitnesstracker?

¹<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Gemeinsame-Pressenote-von-Bitkom-und-BMJV-Fast-ein-Drittel-nutzt-Fitness-Tracker.html>



Einstieg

- Wer von euch besitzt einen Fitnesstracker?
 - Bitkom: 31% der ab 14-jährigen nutzt Fitnesstracker (2016) ¹
- Welche Funktionen besitzen aktuelle Fitnesstracker?
 - Schrittzähler
 - Aktivitätserkennung
 - Distanzmesser
 - Geschwindigkeitsanzeige
 - Herzfrequenzmesser
 - Höhenmesser

¹<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Gemeinsame-Pressenote-von-Bitkom-und-BMJV-Fast-ein-Drittel-nutzt-Fitness-Tracker.html>



Einstieg

- Wer von euch besitzt einen Fitnesstracker?
 - Bitkom: 31% der ab 14-jährigen nutzt Fitnesstracker (2016) ¹
- Welche Funktionen besitzen aktuelle Fitnesstracker?
 - Schrittzähler
 - Aktivitätserkennung
 - Distanzmesser
 - Geschwindigkeitsanzeige
 - Herzfrequenzmesser
 - Höhenmesser

¹<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Gemeinsame-Pressenote-von-Bitkom-und-BMJV-Fast-ein-Drittel-nutzt-Fitness-Tracker.html>

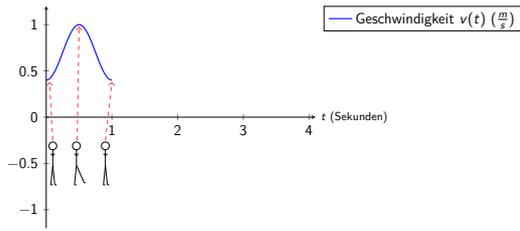


Heutige Fragestellung

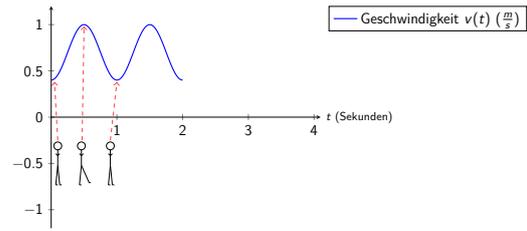
Wie funktionieren eigentlich Fitnesstracker?



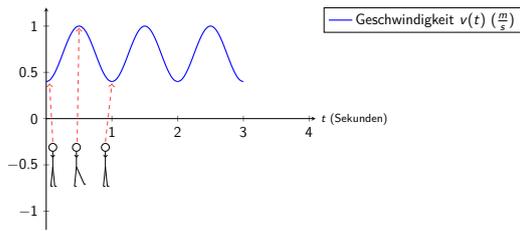
Bewegungen messen



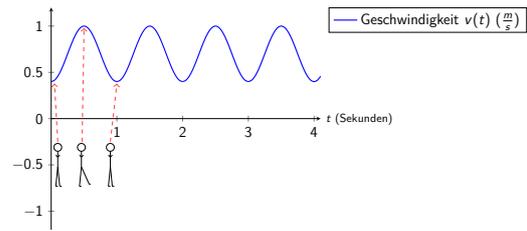
Bewegungen messen



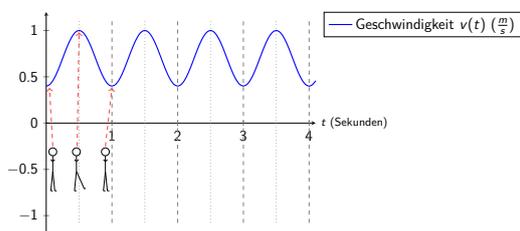
Bewegungen messen



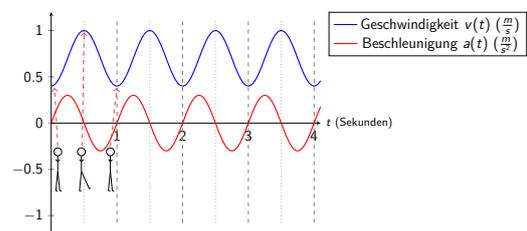
Bewegungen messen



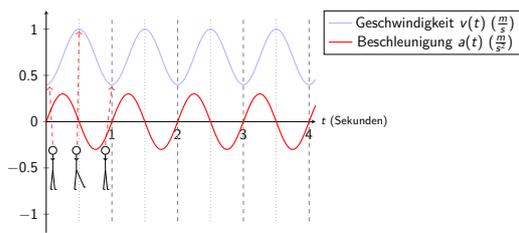
Bewegungen messen



Bewegungen messen



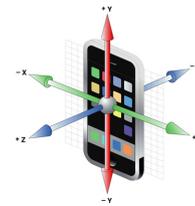
Bewegungen messen: Hochpunkt-Methode



- pro Schritt gibt es einen Hochpunkt

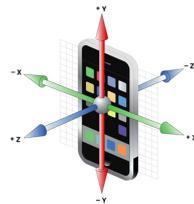
Beschleunigung messen

- Beschleunigungssensor
 - misst Beschleunigung ($\frac{m}{s^2}$) des Geräts



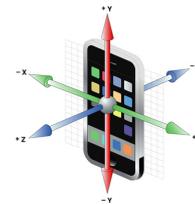
Beschleunigung messen

- Beschleunigungssensor
 - misst Beschleunigung ($\frac{m}{s^2}$) des Geräts
 - Koordinatensystem relativ zum Gerät (nicht zur Erde)



Beschleunigung messen

- Beschleunigungssensor
 - misst Beschleunigung ($\frac{m}{s^2}$) des Geräts
 - Koordinatensystem relativ zum Gerät (nicht zur Erde)
 - Erdbeschleunigung wird immer gemessen



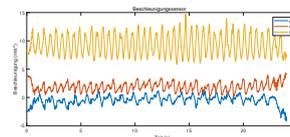
Beschleunigung messen

- Beschleunigungssensor
 - misst Beschleunigung ($\frac{m}{s^2}$) des Geräts
 - Koordinatensystem relativ zum Gerät (nicht zur Erde)
 - Erdbeschleunigung wird immer gemessen
- messen mit phyphox-App



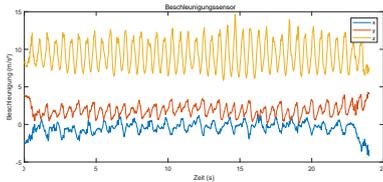
Beschleunigung messen

- Beschleunigungssensor
 - misst Beschleunigung ($\frac{m}{s^2}$) des Geräts
 - Koordinatensystem relativ zum Gerät (nicht zur Erde)
 - Erdbeschleunigung wird immer gemessen
- messen mit phyphox-App



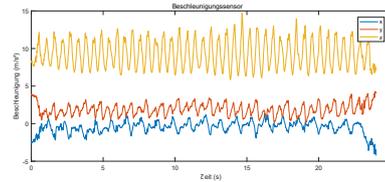
Absolute Beschleunigung

- Problem: wir müssen drei Achsen auswerten



Absolute Beschleunigung

- Problem: wir müssen drei Achsen auswerten

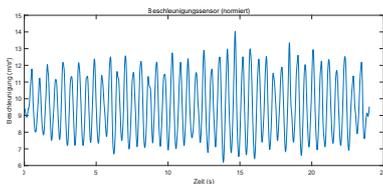


- Lösung: wir nutzen die sogenannte Norm

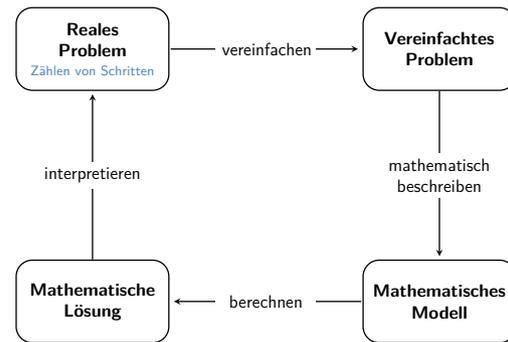
$$\left\| \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \right\| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Absolute Beschleunigung

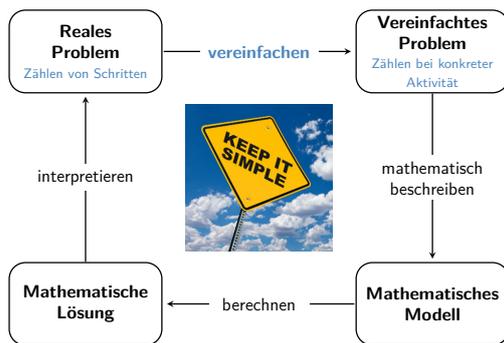
- Ergebnis: wir haben einen Graphen statt drei



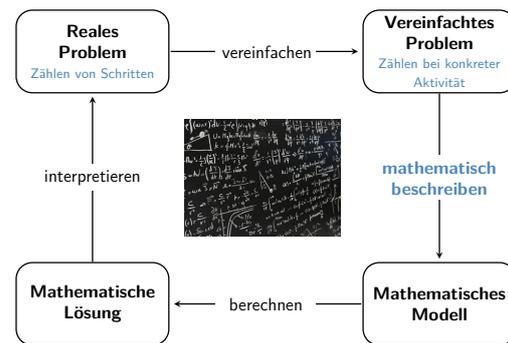
Modellierungskreislauf

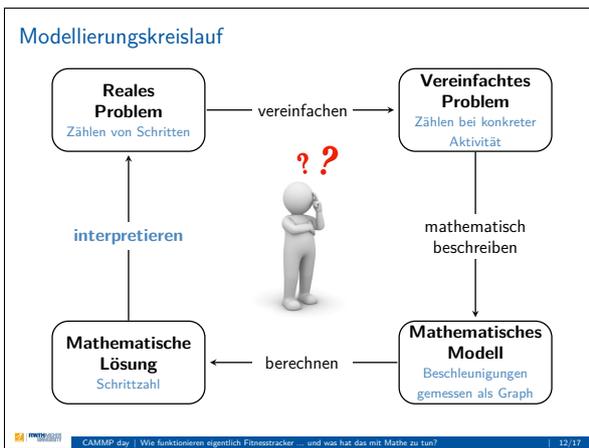
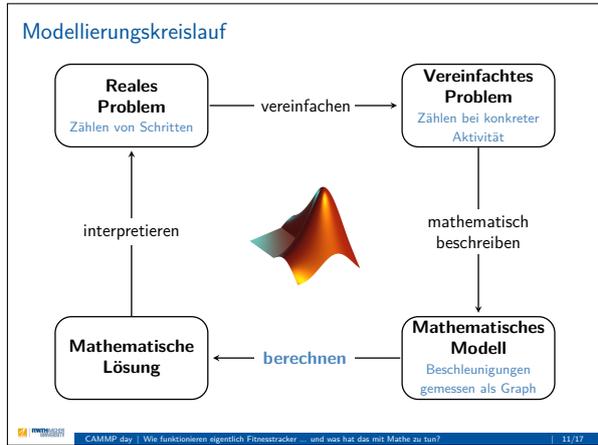
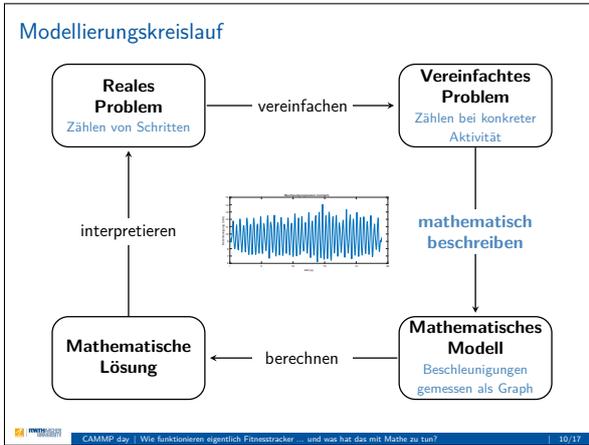


Modellierungskreislauf



Modellierungskreislauf





- ### Ablauf
- 1 Experimente aufnehmen
- CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnesstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 13/17

- ### Ablauf
- 1 Experimente aufnehmen
 - 2 Werkzeug zum Zählen von Schritten finden und dessen Güte bestimmen
- CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnesstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 13/17

- ### Ablauf
- 1 Experimente aufnehmen
 - 2 Werkzeug zum Zählen von Schritten finden und dessen Güte bestimmen
 - 3 Aktivitäten klassifizieren
- CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnesstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 13/17

Ablauf

- 1 Experimente aufnehmen
- 2 Werkzeug zum Zählen von Schritten finden und dessen Güte bestimmen
- 3 Aktivitäten klassifizieren
- 4 Aktivitäten einer fremden Gruppe analysieren

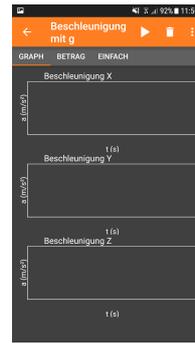
Experimente aufzeichnen



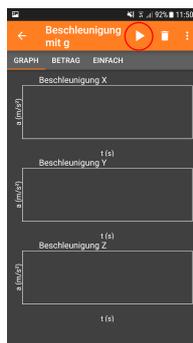
Experimente aufzeichnen



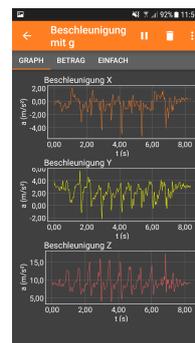
Experimente aufzeichnen



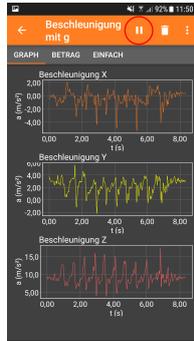
Experimente aufzeichnen



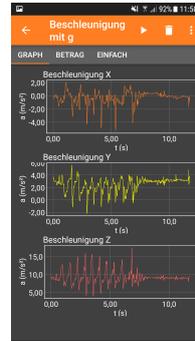
Experimente aufzeichnen



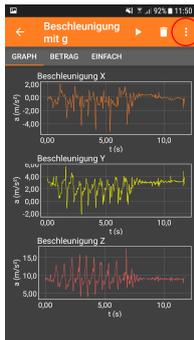
Experimente aufzeichnen



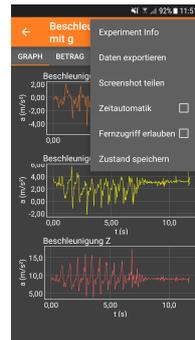
Experimente aufzeichnen



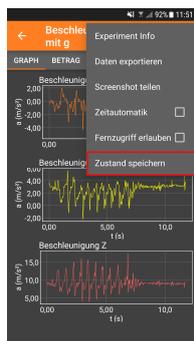
Experimente aufzeichnen



Experimente aufzeichnen



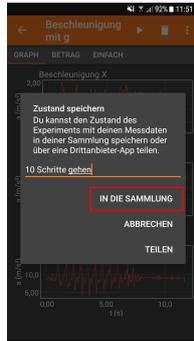
Experimente aufzeichnen



Experimente aufzeichnen



Experimente aufzeichnen

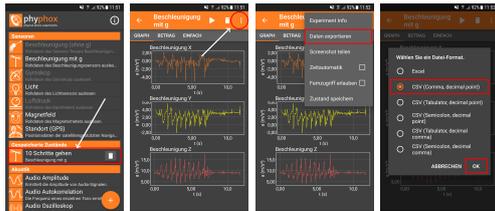


App herunterladen



Google Play und das Google Play-Logo sind Marken von Google Inc.
 Apple, das Apple-Logo und iPhone sind Marken der Apple Inc., die in den USA und weiteren Ländern eingetragen sind. App Store ist eine Dienstleistungsmarke der Apple Inc.

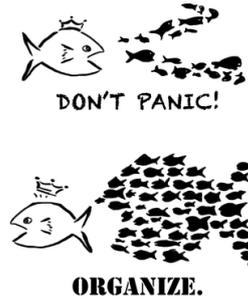
Experimente auf den Computer übertragen



Experiment auswählen Kontextmenü öffnen Daten exportieren auswählen CSV-Format auswählen und auf OK klicken

- via **Bluetooth** auf den Computer übertragen
- nicht vergessen: Dateien nach Übertragung auf Computer umbenennen
- Dateien in den Dropbox-Ordner „Dropbox Fitnesstracker“ kopieren (kopieren: $\text{⌘} + \text{C}$, einfügen: $\text{⌘} + \text{V}$)

Wie findest du Antworten auf all diese Fragen?



- Bearbeite die Arbeitsblätter!
- Nutze MATLAB!
- Arbeite im Team mit deinem Partner!
- Nutze die Hilfekarten!
- Frag' die Betreuer!
- Nutze das Internet!
- Präsentiere Ergebnisse deinen Mitschülern!
- Hilf deinen Mitschülern!

A.5.2 Notizen zum Problemstellungsvortrag

Notizen Einführungsvortrag

Folie 2: Ein bisschen Geschichte

- Pedometer ist ein Gerät, was Schritte zählt (durch Messen von Erschütterungen)
 - Erster mobiler Herzfrequenz-Monitor von der Firma Polar (die stellt heute übrigens auch Fitnessstracker her).
-

Folie 3: Einstieg

- Zu Beginn eine kurze Umfrage, wer alles einen Fitnessstracker verwendet, dies schließt nicht nur Armbänder oder Smartwatches sondern auch Apps (bspw. Runtastic) ein.
- Welche Funktionen von aktuellen Fitnesstrackern sind bekannt? (entweder aus Werbung oder weil man sich informiert hat) → einige Antworten sammeln, dann aufdecken
- Wir wollen uns heute mit den ersten beiden Funktionen beschäftigen.

→ zur heutigen Fragestellung überleiten...

Folie 4: Heutige Fragestellung

- ... denn wir wollen heute herausfinden, wie Fitnessstracker funktionieren
-

Folien 5: Bewegungen messen

- Da Fitness immer etwas mit bewegen zu tun hat, müssen wir Bewegungen irgendwie messen.
- Wir betrachten zunächst die Geschwindigkeit auf der y-Achse (d.h. die Geschwindigkeit nach vorne, gemessen im Erdkoordinatensystem).
- Nun anhand des Graphen die Geschwindigkeit erklären: pro Berg wird man zunächst etwas schneller und bremst beim Auftreten leicht ab.
- Schüler die einzelnen Haltungen des Männchen in Kombination mit dem Graphen erklären lassen.
- Schüler gehen vorführen lassen und dabei die Geschwindigkeit beschreiben (insb. sagen, wann die Geschwindigkeit maximal ist).
- Man hat eine Grundgeschwindigkeit, daher ist die Geschwindigkeit stets positiv.

- Die Geschwindigkeit jetzt durch-skippen bis zum Ende (immer sagen, dass man sich einen Schritt bewegt).
 - Da die Beschleunigung die Änderung der Geschwindigkeit ist, müssen wir ableiten → Ableitung einblenden.
 - Wird man schneller ist die Beschleunigung positiv, wird man langsamer (d.h. man bremst ab) ist die Beschleunigung negativ.
 - Nochmals klarmachen: wir messen die Beschleunigung, nicht die Geschwindigkeit!
 - Wenn wir nun nur die Beschleunigung betrachten, fällt auf, dass wir genau einen Hochpunkt pro Schritt zählen können. Wir können so daher die Anzahl der Schritte bestimmen, indem wir Hochpunkte zählen.
-

Folie 6: Beschleunigung messen

- Wir nutzen den Beschleunigungssensor.
 - Beschleunigung = (momentane) Änderung der Geschwindigkeit.
 - Wir messen die Beschleunigung heute mit unseren Handys.
 - Das Koordinatensystem ist fix (wie im Symbolbild angegeben kommt die z-Achse aus dem Display heraus usw.).
 - optional: Umrechnung in Erd-Koordinatensystem wäre mit Gyroskop (Neigungssensor) möglich.
 - optional: Neigungssensor gibt an, wie das Gerät geneigt ist (Umrechnen müsste man eigenständig).
 - Aufzeichnen des Sensors mit der phyphox-App von der RWTH Aachen.
 - Liefert uns für alle drei Achsen die Beschleunigung.
-

Folie 7: Absolute Beschleunigung

- Wir erhalten die Beschleunigung für alle drei Achsen. Problem: wir müssten auch drei Achsen auswerten.
 - Aber zum Glück gibt es ja die Mathematik: wir berechnen für jeden Zeitpunkt die Norm der Beschleunigungen der drei Achsen.
 - Anmerkung: Die SuS kennen diese Norm bereits als „Länge eines Vektors“!
 - Ergebnis: sogenannte absolute Beschleunigung, also jene Beschleunigung, die alle drei Achsen berücksichtigt (ähnlich wie in einem Kräfteparallelogramm).
-

Folien 8-12: Modellierungskreislauf

- Unser reales Problem ist die Erkennung von Schritten.
 - Dazu müssen wir das Problem zunächst vereinfachen: wir erkennen erstmal nur einzelne Schritte einer Aktivität.
 - Mit Hilfe der App erhalten wir die gemessene Beschleunigung als Graphen, welchen wir untersuchen werden.
 - Wir erhalten dann eine Schrittzahl als Lösung und müssen diese anschließend interpretieren.
-

Folien 13: Ablauf

- Kurz den Ablauf darstellen
 - Experimente aufzeichnen: draußen (bei gutem Wetter), sonst im Flur (wichtig: ruhig verhalten und ggf. auf mehrere Flure verteilen)
 - Güte kann nur bestimmt werden, wenn wir die Schrittzahl bereits kennen (wir probieren also mit unseren Methoden möglichst nah an die echte Schrittzahl zu kommen)
 - Anschließend klassifizieren wir einzelne Aktivitäten
 - alle Ergebnisse werden schließlich angewandt, um ein fremdes Experiment einer anderen Gruppe zu untersuchen
-

Folien 14: App erklären

Hinweis: Die Folie besteht aus mehreren Frames! Nach jedem hier genannten Item zum nächsten Frame navigieren ;-)

1. Wir starten die App phyphox und sehen die Übersichtsseite.
 2. Dort wählen wir den Sensor „Beschleunigung mit g“ aus.
 3. Es öffnet sich die Experiment-Ansicht.
 4. Zum Aufzeichnen tippen wir auf das Play-Symbol.
 5. Nun führt man die entsprechende Aktivität durch (beispielsweise 10 Schritte gehen) → 10 Schritte mit dem Handy gehen.
 6. Man tippt auf das Pause-Symbol.
 7. Das Symbol wird dann wieder zu einem Play-Symbol.
 8. Wir tippen oben rechts auf das Menü-Icon (drei Punkte-Symbol).
 9. Es öffnet sich ein Kontextmenü.
 10. Dort tippen wir auf „Zustand speichern“.
 11. In dem sich öffnenden Fenster geben wir einen Namen für den Zustand ein (dieser sollte die Anzahl der Schritte und die Aktivität enthalten).
 12. Anschließend tippen wir auf „In die Sammlung“. Das Experiment ist nun gespeichert.
-

Folien 15: App herunterladen

- Es werden zwei QR-Codes angezeigt, welche die SuS scannen können, um im jeweiligen App-Store die App herunterladen zu können.
- **nicht vergessen:** WLAN-Kennung sichtbar machen und entsprechenden Hinweis geben, dass mops zum Downloaden verwendet werden kann.

Nun die Experimente durchführen.

Folien 16: App herunterladen

- Diese Folie unterstützend zur Papier-Anleitung (Schritt 3) anzeigen und ggf. darauf verweisen

A.5.3 Zwischenpräsentation



Wie funktionieren eigentlich Fitnessstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun?

Lehrstuhl für Mathematik
Center for Computational Engineering Science

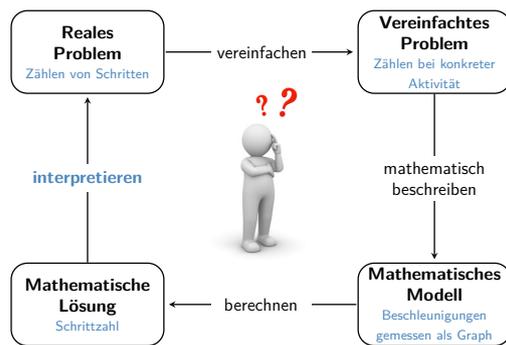


Zusammenfassung

- 1 Experimente aufgezeichnet
- 2 Auswertung basierend auf Hochpunkten

CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnessstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 2/12

Modellierungskreislauf



CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnessstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 3/12

Interpretation



- Wie gut konnten Schritte mithilfe der Hochpunkte gezählt werden?

CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnessstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 4/12

Interpretation



- Wie gut konnten Schritte mithilfe der Hochpunkte gezählt werden?
- Welche der Methoden hat am besten Schritte gezählt?

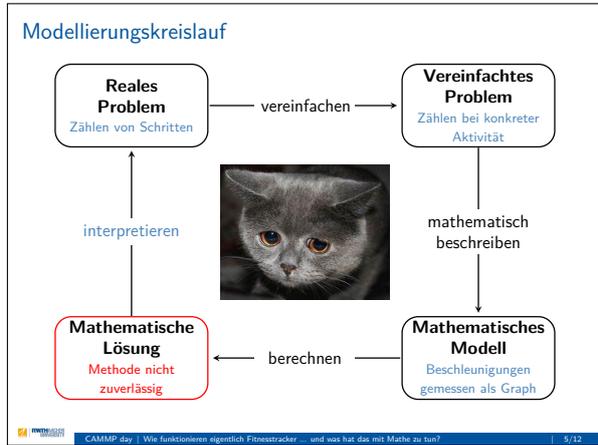
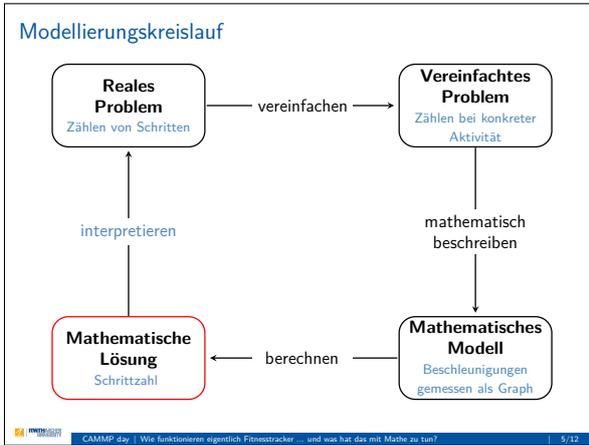
CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnessstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 4/12

Interpretation



- Wie gut konnten Schritte mithilfe der Hochpunkte gezählt werden?
- Welche der Methoden hat am besten Schritte gezählt?
- Konnten die Methoden auf mehrere Experimente gleich gut angewendet werden?

CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnessstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 4/12



Modellverbesserung

- Gibt es eine Alternative zum Zählen von Hochpunkten?

Modellverbesserung

- Gibt es eine Alternative zum Zählen von Hochpunkten?

The graph shows 'Beschleunigungssensor (normiert)' (Normalized Acceleration Sensor) on the y-axis (ranging from 6 to 15) and 'Zeit (s)' (Time in seconds) on the x-axis (ranging from 0 to 25). The signal is a highly oscillatory, noisy wave.

- Fällt euch etwas am Graphen auf? Welche Eigenschaften hat der Graph?

Modellverbesserung

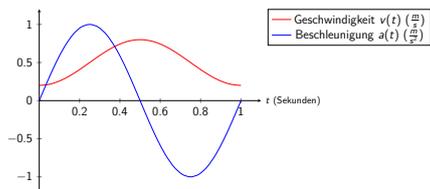
The graph shows velocity $v(t)$ in $\frac{m}{s}$ on the y-axis (ranging from -1 to 1) and time t in seconds on the x-axis (ranging from 0 to 1). The curve is a smooth, bell-shaped curve starting at 0, peaking at approximately 0.8 around $t=0.5$, and returning to 0 at $t=1$.

- Wie sieht der Graph der Beschleunigung aus?

Modellverbesserung

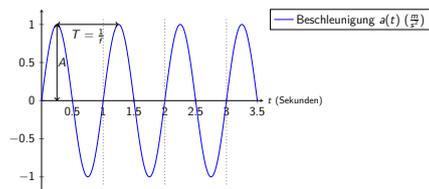
The graph shows velocity $v(t)$ in $\frac{m}{s}$ (red curve) and acceleration $a(t)$ in $\frac{m}{s^2}$ (blue curve) on the y-axis (ranging from -1 to 1) and time t in seconds on the x-axis (ranging from 0 to 1). The velocity curve is the same as in the previous graph. The acceleration curve is a smooth wave that starts at 0, reaches a peak of 1 at $t \approx 0.2$, crosses the x-axis at $t \approx 0.5$, reaches a trough of -1 at $t \approx 0.8$, and returns to 0 at $t=1$.

Modellverbesserung



- eine solche Sinus-Periode modelliert genau einen Schritt (hier: ein Schritt in einer Sekunde)
- Allgemeine Formel für die Beschleunigung:
 $a(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$

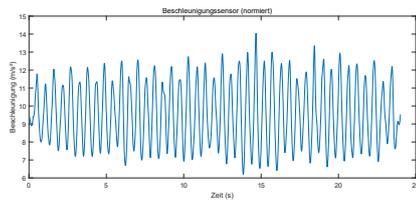
Modellverbesserung



- eine solche Sinus-Periode modelliert genau einen Schritt (hier: ein Schritt in einer Sekunde)
- Allgemeine Formel für die Beschleunigung:
 $a(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$

Modellverbesserung

- gegeben:



- gesucht: Formel für $a(t)$

Modellverbesserung



Joseph Fourier (1768 – 1830)

Satz von Fourier
 Jede periodische Funktion lässt sich als Summe von Sinus- und Cosinusfunktionen darstellen.

Modellverbesserung

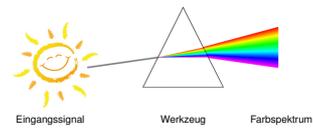


Joseph Fourier (1768 – 1830)

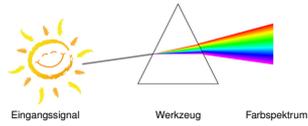
Satz von Fourier
 Jede periodische Funktion lässt sich als Summe von Sinus- und Cosinusfunktionen darstellen.

- entwickelte die Fourieranalyse

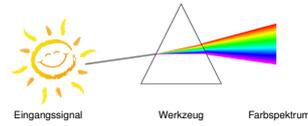
Fourieranalyse



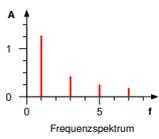
Fourieranalyse



Fourieranalyse

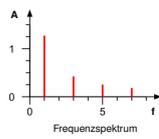


Fourieranalyse



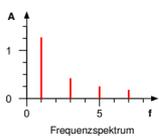
- Mit welcher Frequenz lässt sich die Anzahl der Schritte zählen?

Fourieranalyse



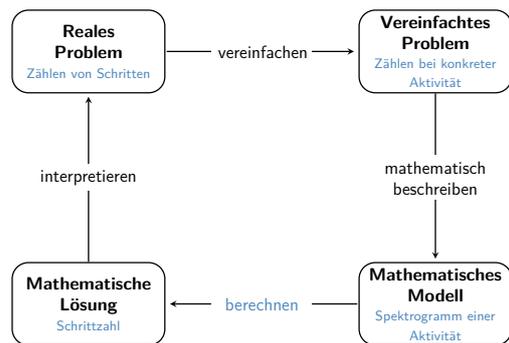
- Mit welcher Frequenz lässt sich die Anzahl der Schritte zählen?
 - Frequenz mit der größten Amplitude

Fourieranalyse



- Mit welcher Frequenz lässt sich die Anzahl der Schritte zählen?
 - Frequenz mit der größten Amplitude
 - Die größte Beschleunigung ist die des Körpers

Modellierungskreislauf



A.5.4 Notizen zur Zwischenpräsentation

Notizen Zwischenvortrag

Folie 2: Zusammenfassung

- Wir beginnen mit einer kleinen Zusammenfassung, was wir gemacht haben (einfach kurz erläutern).

→ Übergang zum Modellierungskreislauf

Folie 3: Interpretation

- Wie gut konnten Schritte mithilfe der Hochpunkte gezählt werden? → recht Hohe relative Messungengenauigkeit (~ 40%, ist jedoch abhängig von der Daten!)
- Welche der Methoden hat am besten Schritte gezählt? → sehr stark von den Daten abhängig
- Konnten die Methoden auf mehrere Experimente gleich gut angewendet werden? → in der Regel nicht, da der Parameter N angepasst werden muss

→ Übergang zum Modellierungskreislauf

Folien 4-5: Modellierungskreislauf

- wir haben eine Lösung und müssen diese interpretieren...
 - ist unsere Schrittzahl denn gut? (d.h. geringer relativer Fehler)
-

Folie 6: Modellverbesserung

- ... also wollen wir unser Modell verbessern
 - Frage stellen, was am Graphen auffällt (erwartete Antwort: „periodisch“, wenn auch nicht perfekt periodisch / Alternativ: sieht aus wie transformierter Sinus/Kosinus).
-

Folie 7: Modellverbesserung

- Wir wollen uns die Periodizität etwas genauer anschauen (woher kommt die?).
 - Wir betrachten erneut den Graphen der Geschwindigkeit.
 - Fragen an SuS (Wiederholung):
 1. Wieso sieht der Graph der Geschwindigkeit so aus?
 2. Wie sieht der Graph der Beschleunigung aus?
 - Es wird zum Schluss noch die Periodendauer T und die Amplitude A angezeigt:
 - T gibt an, wie lange man für einen Schritt benötigt
 - f gibt somit an, wie viele Schritte man pro Sekunde gehen kann
 - A gibt die maximale Beschleunigung an
 - Wichtig für das Bild am Schluss: hier sieht man eine ideale Sinus-Kurve, in der Realität sieht die nicht so gut aus weil wir uns nicht perfekt und vor allem immer gleich bewegen!
-

Folien 8: Modellverbesserung

- Wir haben einen Graphen gegeben (durch unser Experiment).
 - Wir hätten gerne die Formel für die Beschleunigung, damit wir daraus die Schrittzahl berechnen können...
-

Folien 9: Fourieranalyse

- ... und damit wir das bekommen, greifen wir auf den Herrn Fourier zurück!
 - Satz vorlesen und Fourieranalyse ansprechen (Details auf der nächsten Folie!)
-

Folien 10: Fourieranalyse

- Die Fourieranalyse kann man sich analog vorstellen wie ein Prisma aus der Optik: wenn Sonnenstrahlen (oder Licht allg.) auf ein Prisma fällt, wird das einfallende Licht in seine Spektralfarben zerlegt.
 - So ähnlich kann man sich die Fourieranalyse vorstellen: wir erhalten ein Eingangssignal, der Computer führt eine Fourieranalyse durch und zerlegt das Signal so in seine einzelnen Bestandteile. Wir erhalten ein Spektrum als Ergebnis, wo wir die Frequenzen mit ihren Amplituden sehen.
 - Wir hätten gerne die Funktionsgleichung, damit wir daraus die Schrittzahl berechnen können.
 - Annahme: aus den vielen Frequenzen ist diejenige mit der größten Amplitude (also Beschleunigung) die Frequenz des Körpers/Fußes. Alle anderen Frequenzen sind Störungen (wir bewegen beispielsweise unseren Arm oder die Hand leicht).
-

Folien 11: Fourieranalyse

- Jetzt haben wir ein Spektrogramm und erhalten aber mehrere Frequenzen. Was also tun?
 - Zunächst die Schüler diesbezüglich fragen: mit welcher Frequenz lässt sich die Anzahl der Schritte zählen?
 - → Wir nutzen die Frequenz mit der größten Amplitude, also die mit der größten Beschleunigung. Es werden viele kleinere Bewegungen (wie beispielsweise der der Hand, welche nicht perfekt still gehalten wird) mit aufgezeichnet, aber die Beschleunigung des Körpers überwiegt diese kleinen Bewegungen. Daher nutzen wir die Frequenz der größten Amplitude.
-

Folien 12: Modellierungskreislauf

- Diese Folie zeigt den aktualisierten Modellierungskreislauf (siehe Mathematisches Modell) und „berechnen“ ist der nächste Schritt

A.5.5 Abschlussvortrag



Wie funktionieren eigentlich Fitnesstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun?

Lehrstuhl für Mathematik
Center for Computational Engineering Science

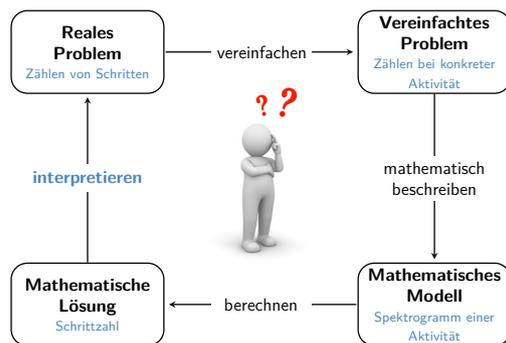


Zusammenfassung

- 1 Experimente aufgezeichnet
- 2 Auswertung basierend auf Hochpunkten
- 3 Auswertung mit Hilfe der Fourieranalyse
- 4 Auswertung von mehreren Aktivitäten

CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnesstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 2/7

Modellierungskreislauf



CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnesstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 3/7

Zusammenfassung

- Wie groß war der Fehler beim Zählen der Schritte mithilfe der Fouriertransformation?

CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnesstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 4/7

Zusammenfassung

- Wie groß war der Fehler beim Zählen der Schritte mithilfe der Fouriertransformation?
- War der Fehler größer oder kleiner verglichen mit der Hochpunkt-Methode?

CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnesstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 4/7

Zusammenfassung

- Wie groß war der Fehler beim Zählen der Schritte mithilfe der Fouriertransformation?
- War der Fehler größer oder kleiner verglichen mit der Hochpunkt-Methode?
- Falls jemand einen Fitnesstracker besitzt: wie gut zählt euer Tracker eure Schritte?

CAMMP day | Wie funktionieren eigentlich Fitnesstracker ... und was hat das mit Mathe zu tun? | 4/7

Zusammenfassung: Aktivitätsanalyse

- Welche statistische Methode habt ihr ausgewählt zum Reduzieren der Daten?



Zusammenfassung: Aktivitätsanalyse

- Welche statistische Methode habt ihr ausgewählt zum Reduzieren der Daten?
- Auf wie vielen Punkten habt ihr die Methode angewendet?



Zusammenfassung: Aktivitätsanalyse

- Welche statistische Methode habt ihr ausgewählt zum Reduzieren der Daten?
- Auf wie vielen Punkten habt ihr die Methode angewendet?
- Mit welchen Regeln habt ihr die einzelnen Aktivitäten klassifiziert?



Erweiterungen



- Welche Features lassen sich zusätzlich realisieren basierend auf den Ergebnissen von heute?



Erweiterungen



- Welche Features lassen sich zusätzlich realisieren basierend auf den Ergebnissen von heute?
 - Messen der Distanz
 - Messen der Geschwindigkeit



Datenschutz



- Welche Daten werden bei der Nutzung von Fitnesstrackern übertragen?



Datenschutz



- Welche Daten werden bei der Nutzung von Fitnesstrackern übertragen?
- Werden die Daten vertraulich behandelt?



Datenschutz



- Welche Daten werden bei der Nutzung von Fitnesstrackern übertragen?
- Werden die Daten vertraulich behandelt?
- Wer könnte Interesse an solchen Daten haben und warum?



A.5.6 Notizen zum Abschlussvortrag

Notizen Abschlussvortrag

Folie 2: Zusammenfassung

- wir beginnen mit einer kleinen Zusammenfassung, was wir gemacht haben
-

Folien 3: Modellierungskreislauf

- Wir haben den Modellierungskreislauf erneut durchlaufen und müssen unsere Ergebnisse interpretieren.
-

Folie 4: Zusammenfassung

- 1. Frage: Ergebnisse der SuS sammeln.
 - 2. Frage: Der Fehler ist mit Fouriertransformation in der Regel kleiner.
 - 3. Frage: Ergebnisse mit Fitnessstracker der SuS vergleichen (falls jemand einen hat)
-

Folie 5: Zusammenfassung (Aktivitätsanalyse)

- 1. Frage: Ergebnisse der SuS sammeln. Arithmetisches Mittel und Standardabweichung klappen am besten (beschreiben den Datensatz besser als Minimum/Maximum)
 - 2. Frage: Ergebnisse der SuS sammeln. Diskussion: welche Werte sind denn hier optimal? 200-500 sind optimal, da sie (a) Daten gut reduzieren (von der Anzahl her) und (b) sollte die Zahl nicht zu groß sein, da man sonst sehr ungenau bei der Unterteilung wird.
 - 3. Frage: Ergebnisse der SuS sammeln. Musterlösung:
 - Gehen: $f \leq 2.2$
 - Laufen: $f > 2.2 \ \&\& \ f \leq 2.8$
 - Sprinten: $f > 2.8$
 - Sitzen/Stehen: $std < 1$

⇒ Aktivitätsanalyse klappt bereits mit einfachen Regeln sehr gut!
-

Folie 6: Erweiterungen

- Erhält man zusätzlich die Länge eines Schrittes, lässt sich die Distanz messen.
 - Hat man die Distanz, so kann man die Geschwindigkeit erreichen (=Strecke pro Zeit; Zeit ist aus Messung bekannt).
 - Für beide Erweiterungen benötigt man kein GPS!
-

Folie 7: Datenschutz

- wir wollen uns einige Sachen zum Thema Datenschutz ansehen (im besten Fall haben SuS das als Zusatzaufgabe gemacht)
- die erste Frage kann auch von SuS beantwortet werden, die selbst einen Tracker haben (Armband oder App)
- die zweite Frage kann nur bei Beantwortung der Zusatzaufgabe beantwortet werden (es ist aber so, dass die Unternehmen die Daten nicht verkaufen sondern nur intern zur Verbesserung der Dienste nutzen)
- die dritte Frage kann ohne Zusatzaufgabe beantwortet werden: Versicherungen (Krankenkassen) könnte das sicherlich interessieren oder Unternehmen, die Werbung machen

A.6 Methodisches Konzept

CAMMP day

Fitnesstracker

Methodisches Konzept für die Dozenten

Material

Blätter:

- Evaluationsbogen.pdf
- ZDI-Unterschriftenliste
- Gruppennummern.pdf
- Experiment.pdf
- Hilfekarten.pdf
- Zusatzaufgabe.pdf

Code:

- Schueler-Code
- Matlab-Einfuehrung (nur Präsentations-laptop)

Präsentationen:

- opening presentation.pdf
- Modellierungsvortrag.pdf
- Einfuehrungsvortrag.pdf
- Zwischenvortrag.pdf
- Abschlussvortrag.pdf
- Berufs-Studieninformation presentation.pdf
- closing presentation.pdf

Vorbereitungen Mac

Die Computer müssen für die Bluetooth-Übertragung vom Handy vorbereitet werden.

- Bluetooth muss aktiviert sein
- der Bluetooth-Name des Computers muss dem Computer-Namen entsprechen (oder sollte mindestens eindeutig sein)
- WLAN muss aktiviert sein¹
- es muss oben rechts das Bluetooth-Icon sichtbar gemacht werden
- die Bluetooth-Freigabe muss aktiviert sein und die empfangenen Dateien müssen auf dem Schreibtisch gespeichert werden
- Dropbox-Ordner muss auf dem Schreibtisch sein
- für jeden Schüler muss ein Mops-Zugang bereitgestellt werden

Ablauf

- | | | |
|-------|-----------------|--|
| 8:30 | Vorbereitung | <input type="checkbox"/> allgemeine Vorbereitungen treffen (Laptops vorbereiten, ...) |
| | | <input type="checkbox"/> Aufgabenblatt 1.mlx öffnen |
| | | <input type="checkbox"/> MATLAB-Einfuehrung.mlx auf dem Präsentationslaptop öffnen |
| | | <input type="checkbox"/> Gruppennummern austeilen |
| | | <input type="checkbox"/> Mops-Zugang an die Tafel schreiben |
| 9:00 | Einfuehrung | <input type="checkbox"/> Eröffnungsvortrag halten opening presentation.pdf |
| | | <input type="checkbox"/> Modellierungsvortrag halten |
| | | <input type="checkbox"/> Einfuehrungsvortrag Einfuehrungsvortrag.pdf halten |
| 9:45 | Partnerarbeit I | <input type="checkbox"/> Kurze Einfuehrung zur Durchführung des Experiments geben (s.u.) |
| | | <input type="checkbox"/> Arbeitsblatt Experiment.pdf austeilen und bearbeiten lassen |
| | | (Zeit von max. 45 Minuten vorgeben) |
| 10:30 | | <input type="checkbox"/> Dokumentation der Experimente vorne sammeln |
| | | <input type="checkbox"/> Kurze Einfuehrung in MATLAB geben mit |
| | | MATLAB-Einfuehrung.mlx und Notizen (s.u.) |
| 10:30 | | <input type="checkbox"/> Arbeitsblatt 1 (MATLAB) bearbeiten lassen |
| 11:30 | Präsentation | <input type="checkbox"/> CES-Vortrag halten |
| 11:45 | Mittagspause | |

¹In eigenen Tests hat sich gezeigt, dass Bluetooth nur ordnungsgemäß funktioniert, falls das WLAN aktiviert ist.

- | | | | |
|----------|-------------------|--------------------------|--|
| 12:45 | | <input type="checkbox"/> | Zwischenvortrag Zwischenvortrag.pdf halten |
| 13:00 | Partnerarbeit II | <input type="checkbox"/> | Arbeitsblatt 2 bearbeiten lassen |
| parallel | Powerwall | | |
| 13:45 | Partnerarbeit III | <input type="checkbox"/> | Arbeitsblatt 3 bearbeiten lassen und Dokumentationen vom Experiment vorne auslegen |
| 14:30 | Diskussion | <input type="checkbox"/> | Abschlussdiskussion Abschlusspraesentation.pdf halten |
| 14:45 | Tagesabschluss | <input type="checkbox"/> | Tagesabschluss aus organisatorischer Sicht (closing presentation.pdf, Evaluation) |

Experiment-Einführung

- App starten und zum Sensor „Beschleunigung mit g“ navigieren
- auf Play drücken
- Experiment (nur eine Aktivität!) durchführen (1 Sekunde Zeit zu Beginn und am Schluss um Haltung einzunehmen)
- Handy am Körper halten (Display nach oben)
- am Ende auf Pause drücken
- im Menü auf „Zustand speichern“ drücken
- sinnvollen Namen vergeben (idealerweise Aktivität reinschreiben)
- Anzahl der Schritte auf dem Zettel notieren
- am Ende: Experiment mit mehreren Aktivitäten durchführen → Dokumentation auf der letzten Seite!

MATLAB-Einführung

Mit Hilfe der `MATLAB-Einfuehrung.mlx` können einige MATLAB-Basics erklärt werden. Es sollen folgende Dinge erklärt werden:

- Aufgabe der SuS ist es fast immer, Funktionen oder Variablen mit `NaN` durch entsprechende Zahlen oder Terme ersetzen
- bei Funktionen (bspw. `@(x,y) NaN`) stehen in der Klammer die Parameter, welche innerhalb der Funktion als Variablen genutzt werden können
- zum Überprüfen muss immer auf „Run Section“ geklickt werden (gerne auch zeigen, was im Falle eines Fehlers passiert)
- das ganze beispielhaft für die Aufgabe zum Flächeninhalt erklären
- Anschließend noch zeigen, dass die Ordner-Struktur bei `experiments` zum einen die Aktivitäten und in deren Ordnern die Experimente darstellt

A.7 Evaluation

A.7.1 Evaluationsbogen

CAMMP day
Fitnessstracker



Evaluation

Schüleruni Mathematik – 21. Juli 2017

Es besteht immer die Möglichkeit unsere Programme zu verbessern und wir würden gerne deine Meinung erfahren. Vielen Dank für deine Rückmeldung.

1. Persönliche Angaben

Jahrgangsstufe: _____ Geschlecht: weiblich männlich

2. Angaben zur Schullaufbahn

Leistungskurse: _____

Welche Schulform besuchst du?

- Hauptschule Realschule Gesamtschule Gymnasium
 Andere Schulform: _____

3. Kursangebot

Wie hast du von den Kursangeboten erfahren?

Bitte kreuze jede zutreffende Aussage an. Mehrfachnennungen sind möglich.

- Infoveranstaltung in der Schule Eltern Flyer / Plakate / Zeitungen
 Lehrerinnen und Lehrer Freunde Internet
 Sonstiges: _____

Was waren deine Gründe für deine Anmeldung an diesem Kurs?

Bitte kreuze jede zutreffende Aussage an. Mehrfachnennungen sind möglich.

- Weil ich das machen wollte und mich selbst dafür entschieden habe.
 Weil Lehrerinnen und Lehrer meiner Schule mir das empfohlen haben.
 Weil meine Eltern das wollen.
 Weil Mitschüler / Freunde diesen oder einen anderen Kurs besucht haben.
 Ich habe mich aus anderen Gründen angemeldet: _____

4. Bewertung des Workshops

	Trifft gar nicht zu (-)	Trifft eher nicht zu (-)	Trifft zum Teil zu (+)	Trifft voll zu (++)
Mich hat das Thema Fitnessstracker interessiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe das Konzept der Beschleunigung verstanden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe verstanden, wie Fitnessstracker Schritte zählen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe verstanden, wie Fitnessstracker Aktivitäten erkennen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich hatte zwischen Aufgabenblättern nichts zu tun (Leerlauf).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durch den Workshop habe ich mathematisches Modellieren besser begriffen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

1/3

	Trifft gar nicht zu (-)	Trifft eher nicht zu (-)	Trifft zum Teil zu (+)	Trifft voll zu (++)
Der Vortrag über Modellierung war hilfreich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der einführende Kurzfilm war hilfreich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Einführung in MATLAB war hilfreich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Umgang mit MATLAB fiel mir schwer.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aufgaben waren zu einfach.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Aufgaben waren zu schwierig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Hilfefkarten waren hilfreich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Lernzuwachs

Was würdest du am Workshop verändern bzw. verbessern wollen?

6. Weiterführende Fragen

Wenn du über deine Erfahrungen mit diesem Kurs nachdenkst, wie sehr treffen die folgenden Aussagen auf dich zu?

	Trifft gar nicht zu (-)	Trifft eher nicht zu (-)	Trifft zum Teil zu (+)	Trifft voll zu (++)
Durch diesen Kurs hat sich mein Interesse an den behandelten Themen erhöht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Kurs hat Einfluss auf meine beruflichen Vorstellungen gehabt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Kurs hat mir Einblicke in alltagspraktische oder betriebliche Anwendungen ermöglicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durch den Kurs habe ich interessante Berufs- und Studienmöglichkeiten kennen gelernt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe in diesem Kurs viel Neues gelernt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Themen dieses Kurses haben mir Einblicke in die gesellschaftliche Bedeutung von MINT (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) ermöglicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich würde wieder einen Kurs des zdi-Netzwerkes besuchen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich würde auch anderen Schülern die Teilnahme an einem Kurs empfehlen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Betreuer haben das selbstständige Arbeiten gefördert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Dozenten haben die Inhalte plausibel und klar dargestellt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Anleitungen zu den Aufgaben waren zufriedenstellend und gut verständlich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann mir gut vorstellen später ein Studium oder eine Ausbildung im Bereich Technik oder Naturwissenschaften aufzunehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Hat dir etwas an dem Kurs absolut **nicht** gefallen?

- Nein
- Ja, und zwar: _____

Hat dir etwas an diesem Kurs besonders **gut** gefallen?

- Nein
- Ja, und zwar: _____

Hättest du gerne noch etwas anderes gesehen oder erfahren?

- Nein
- Ja, und zwar: _____

7. Lernzuwachs

Was hast du für dich persönlich durch die Teilnahme am Workshop gelernt?

8. Abschließende Bewertung

Ich gebe dem CAMMP day die Schulnote: _____

- 1 (sehr gut) 2 (gut) 3 (befriedigend) 4 (ausreichend) 5 (mangelhaft)
- 6 (ungenügend)

Ich gebe den Betreuern die Schulnote:

- 1 (sehr gut) 2 (gut) 3 (befriedigend) 4 (ausreichend) 5 (mangelhaft)
- 6 (ungenügend)

Abschließender persönlicher Kommentar (z.B. Lob, Kritik, Verbesserungsvorschläge):

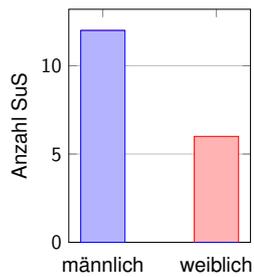


Evaluation

Schüleruni
21.07.2017

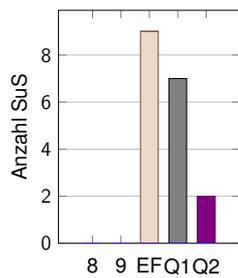
1 Persönliche Angaben

1.1 Geschlecht



m: 12 w: 6

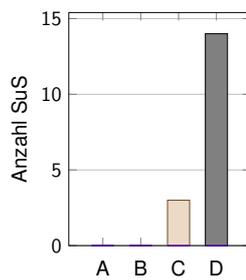
1.2 Jahrgangsstufe



8: 0 9: 0 EF: 9 Q1: 7 Q2: 2

2 Angaben zur Schullaufbahn

2.1 Welche Schulform besuchst du?

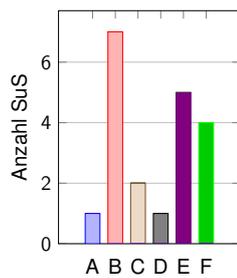


Hauptschule: 0
Realschule: 0
Gesamtschule: 3
Gymnasium: 14

2.2 Kommentar

- Berufskolleg

2.3 Wie hast du von den Kursangeboten erfahren?



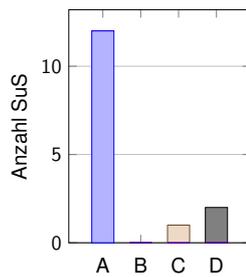
Infoveranstaltung in der Schule: 1
Eltern: 7
Flyer/Plakate/Zeitungen: 2
Lehrerinnen und Lehrer: 1

Freunde: 5
Internet: 4

2.4 Kommentar

- Praktikum an der RWTH
- Schüleruni

2.5 Was waren deine Gründe für deine Anmeldung an diesem Kurs?



Weil ich das machen wollte und mich selbst dafür entschieden habe: 12
Weil Lehrerinnen und Lehrer meiner Schule mir das empfohlen haben: 0
Weil meine Eltern das wollten: 1
Weil Mitschülerer//Freunde diesen oder einen anderen Kurs besucht haben: 2

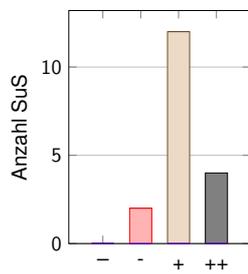
2.6 Kommentar

- Um Aachen-Stadt kennenzulernen und die Studiengänge der RWTH kennen zu lernen.
- Fand im Rahmen der Schüleruni statt.
- Schüleruni
- Schüleruni

3/17

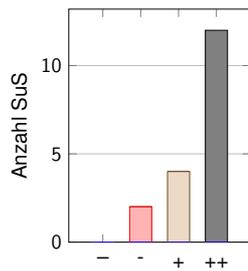
3 Bewertung des Workshops

3.1 Mich hat das Thema Fitnesstracker interessiert.



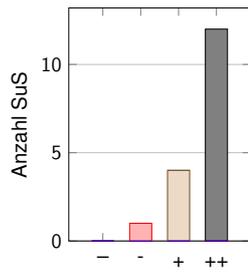
-: 0 -: 2 +: 12 ++: 4

3.2 Ich habe das Konzept der Beschleunigung verstanden.



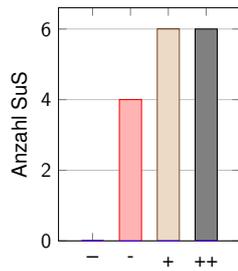
-: 0 -: 2 +: 4 ++: 12

3.3 Ich habe verstanden, wie Fitnesstracker Schritte zählen



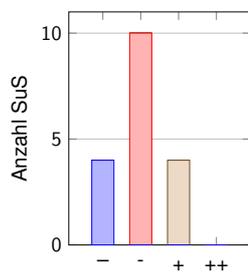
-.: 0 -: 1 +: 4 ++: 12

3.4 Ich habe verstanden, wie Fitnesstracker Aktivitäten erkennen



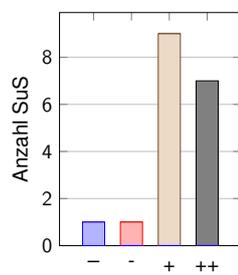
-.: 0 -: 4 +: 6 ++: 6

3.5 Ich hatte zwischen den Aufgabenblättern nichts zu tun (Leerlauf)



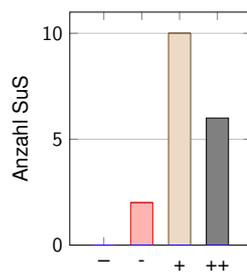
-: 4 -: 10 +: 4 ++: 0

3.6 Durch den Workshop habe ich mathematisches Modellieren besser begriffen.



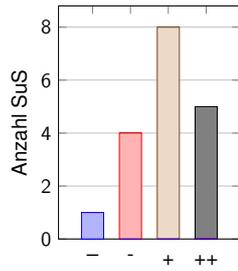
-: 1 -: 1 +: 9 ++: 7

3.7 Der Vortrag über Modellierung war hilfreich.



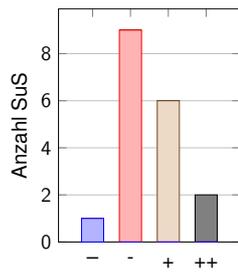
-: 0 -: 2 +: 10 ++: 6

3.8 Die Einführung in MATLAB war hilfreich.



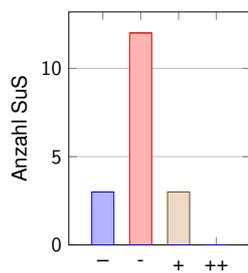
-.: 1 -: 4 +: 8 ++: 5

3.9 Der Umgang mit MATLAB fiel mir schwer.



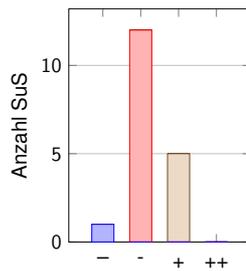
-.: 1 -: 9 +: 6 ++: 2

3.10 Die Aufgaben waren zu einfach.



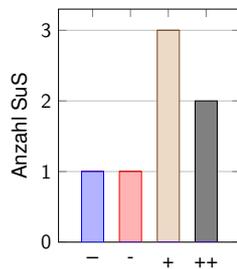
-: 3 -: 12 +: 3 ++: 0

3.11 Die Aufgaben waren zu schwierig.



-: 1 -: 12 +: 5 ++: 0

3.12 Die Hilfekarten waren hilfreich.



-: 1 -: 1 +: 3 ++: 2

3.13 Was würdest du am Workshop verändern bzw. verbessern wollen?

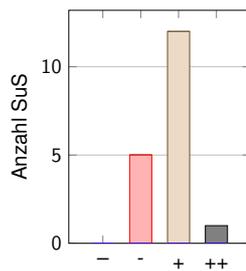
- Ein bisschen abwechslungsreicher. Nicht so viel am Computer
- Die zeitliche Planung könnte optimiert werden, da ich im zeitlichen Rahmen nur 2 von 3 Aufgabenblättern bearbeiten konnte.
- Nichts.
- Bessere Einführung in Matlab bzw. an die Hand nehmen.

8/17

- Etwas mehr Zeit einplanen, z.B. bis 16 Uhr verlängern (sofern möglich)
- Ich glaube, dass der Workshop allgemein gut war. Aber, wenn wir weniger Schreibarbeit gemacht haben und mit Grafiken beschäftigt haben, wäre es besser.
- Aufgaben nach einiger Zeit besprechen, vor allem die schwierigen
- Manchmal wusste ich nicht genau, was von mir verlangt wurde.
- Vielleicht ein bisschen kürzen, da die Zeit am Ende knapp war.
- Mehr Vorträge (frontal)
- Manchmal waren die Formulierungen in Matlab verwirrend oder nicht einleuchtend.

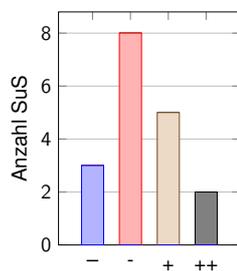
4 Weiterführende Fragen

4.1 Durch diesen Kurs hat sich mein Interesse an den behandelten Themen erhöht



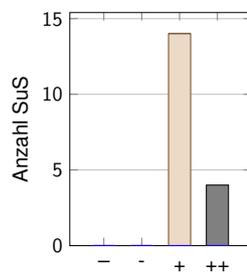
-: 0 -: 5 +: 12 ++: 1

4.2 Der Kurs hat Einfluss auf meine beruflichen Vorstellungen gehabt



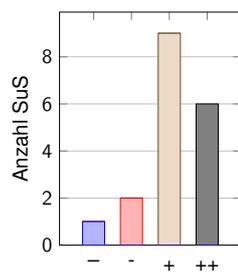
-: 3 -: 8 +: 5 ++: 2

4.3 Der Kurs hat mir Einblicke in alltagspraktische oder betriebliche Anwendungen ermöglicht



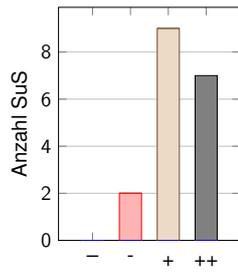
-: 0 -: 0 +: 14 ++: 4

4.4 Durch den Kurs habe ich interessante Berufs- und Studienmöglichkeiten kennen gelernt



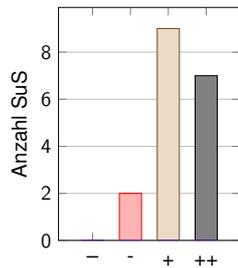
-: 1 -: 2 +: 9 ++: 6

4.5 Ich habe in diesem Kurs viel Neues gelernt



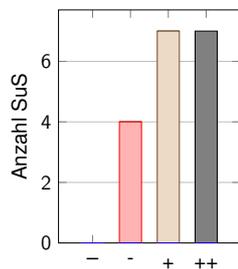
-: 0 -: 2 +: 9 ++: 7

4.6 Die Themen dieses Kurses haben mir Einblicke in die gesellschaftliche Bedeutung von MINT ermöglicht



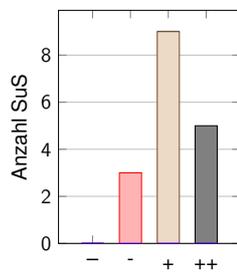
-: 0 -: 2 +: 9 ++: 7

4.7 Ich würde wieder einen Kurs des zdi-Netzwerkes besuchen



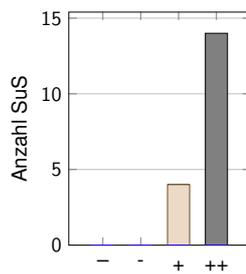
-:0 -:4 +:7 ++:7

4.8 Ich würde auch anderen Schülern die Teilnahme an einem Kurs empfehlen



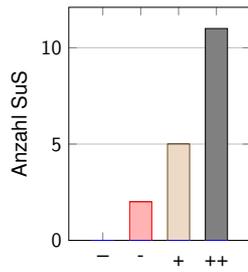
-:0 -:3 +:9 ++:5

4.9 Die Betreuer haben das selbstständige Arbeiten gefördert



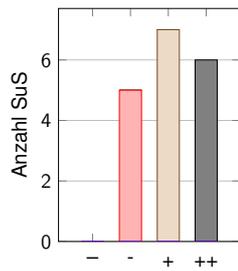
-:0 -:0 +:4 ++:14

4.10 Die Betreuer haben die Inhalte plausibel und klar dargestellt



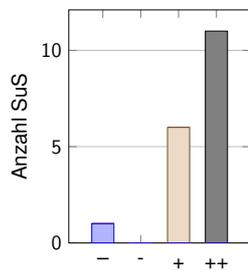
-: 0 -: 2 +: 5 ++: 11

4.11 Die Anleitungen zu den Aufgaben waren zufriedenstellend und gut verständlich



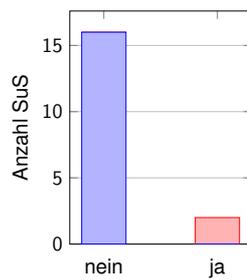
-: 0 -: 5 +: 7 ++: 6

4.12 Ich kann mir gut vorstellen später ein Studium oder eine Ausbildung im Bereich Technik oder Naturwissenschaften aufzunehmen



-: 1 -: 0 +: 6 ++: 11

4.13 Hat dir etwas an dem Kurs absolut nicht gefallen?

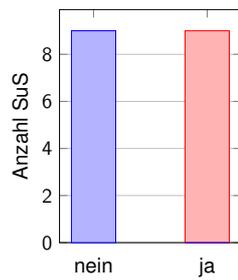


nein: 16 ja, und zwar: 2

4.14 Kommentar

- Ich hasse das Interface von Apple.
- In Luxemburg ist Mathe ganz auf Französisch, hatte ein wenig Schwierigkeiten.

4.15 Hat dir etwas an diesem Kurs besonders gut gefallen?

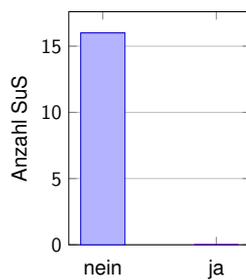


nein: 9 ja, und zwar: 9

4.16 Kommentar

- Eigenständiges Arbeiten
- Der lockere Umgang während der Arbeit
- Das ganze Fitnessprogramm (Fitbit)
- Bezug zum Alltag
- Der Umgang mit dem Programm Matlab.
- "Professor und Professorin haben face to face Unterricht gegeben"
- Die Themen waren interessant.
- selber mit dem Handy laufen

4.17 Hättest du gerne noch etwas anderes gesehen oder erfahren?



nein: 16 ja, und zwar: 0

4.18 Kommentar

5 Lernzuwachs

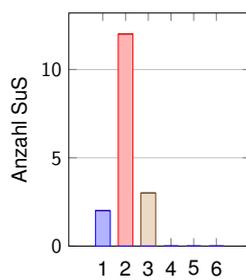
5.1 Was hast du für dich persönlich durch die Teilnahme am Workshop gelernt?

- Mehr über die Funktionen und viele andere Möglichkeiten, etwas zu modellieren, gelernt
- Funktion Mathematische Modellierung
- Modellierungsverfahren

- Wie die Fitnessprogramme funktionieren.
- Wie ein Fitnesstracker funktioniert. Was man in diesem Studiengang macht.
- Vieles über die Funktionsweise von Fitnesstrackern und die Mathematik dahinter.
- Wie die Programmiersprache funktioniert habe ich gelernt. Die Ergebnisse zur Computersprache zu einsetzen habe ich auch gelernt.
- Wie man Modellieren von Problemstellungen angeht.
- Dass Mathematik sehr vielfältig ist.
- Wie ein Fitnesstracker funktioniert.

6 Abschließender persönlicher Kommentar

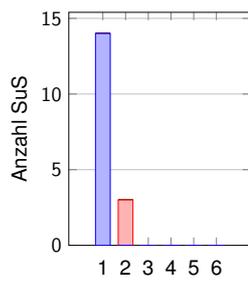
6.1 Ich gebe dem CAMMP day die Schulnote:



1: 2 2: 12 3: 3 4: 0 5: 0 6: 0

Durchschnitt: 2.06

6.2 Ich gebe den Betreuern die Schulnote:



1: 14 2: 3 3: 0 4: 0 5: 0 6: 0

Durchschnitt: 1.18

6.3 Abschließender persönlicher Kommentar

- supertoller lehrreicher Kurs
- zu lange Evaluation
- sehr interessant! Danke