

Projekttitle: Bewegungsanalyse eines Hundertfüßers

Teilnehmerin/Teilnehmer (mit Alter): Felix Lemser (13)

Schule: Ernst Abbe Gymnasium Jena

Projektbetreuung: Dr. Christina Walther

Thema des Projekts:	Bewegungsanalyse eines Hundertfüßers
Fachgebiet:	Biologie
Wettbewerbssparte:	Schüler experimentieren
Bundesland:	Thüringen
Wettbewerbsjahr	2024

SCHÜLER
FORSCHUNGS
ZENTRUM
JENA



1 Projektüberblick

In meinem Projekt wurde eine Technik entwickelt um möglichst hochauflösende Aufnahmen von einem Hundertfüßer zu filmen und auszuwerten. Zum Auswerten wurde das Programm Tracker benutzt. In der Arbeit zeigt sich, dass sich die gegenüberliegenden Beine eines Hundertfüßers in der Regel abwechselnd und die hintereinanderliegenden Beine wellenartig bewegen.

2 Inhaltsverzeichnis

Inhalt

1	Projektüberblick	2
2	Inhaltsverzeichnis	2
3	Fachliche Kurzfassung.....	2
4	Motivation und Fragestellung	3
5	Hintergrund und theoretische Grundlagen (max. 1 Seite).....	3
6	Vorgehensweise, Materialien und Methoden.....	3
6.1	Material	3
6.2	Methoden.....	3
6.2.1	Suche/Herkunft und Haltung	3
6.2.2	Idee	3
6.2.3	Umsetzung und Probleme	4
6.2.4	Bewegungsanalyse.....	5
7	Ergebnisse	5
7.1	Notierung der Ergebnisse.....	5
7.2	Bewegungsgenauigkeit	6
7.3	Ablauf der Bewegung der Beine	6
7.4	Excel Diagramme.....	7
8	Ergebnisdiskussion (nicht länger als zwei Seiten)	10
9	Fazit und Ausblick (maximal eine Seite).....	10
10	Quellen- und Literaturverzeichnis (zählt nicht zu den max. 15 Seiten).....	11
	https://de.wikipedia.org/wiki/Hundertf%C3%BC%C3%9Fer : 13.01.2024, Wikimedia Foundation Inc., Hundertfüßer.....	11
11	Unterstützungsleistungen (zählt nicht zu den max. 15 Seiten).....	11

3 Fachliche Kurzfassung

Herausforderung war die Findung eines Versuchsaufbaus, mit dem die Bewegungen der Beine eines Hundertfüßers auswertbar getrackt werden können. Die Darstellungen und Auswertungen der gefundenen Daten waren sehr aufwändig. Dies führte letztlich zu dem oben beschriebenen erfolgreichen Ergebnis und schaffte Klarheit über die Bewegungsabläufe. Es ist beabsichtigt, die gewonnen Erkenntnisse in eine technische (realistische) Umsetzung überzuführen.

4 Motivation und Fragestellung

Mir fiel auf, dass nur wenige Tiere so viele Beine wie ein Hundertfüßer haben. So stellte ich mir die Frage wie Hundertfüßer ihre Beine koordinieren können bzw. wie sich ihre Beine zueinander bewegen. In dieser Arbeit werden die Ergebnisse der letzten Arbeit überprüft. Daher wollte ich hochauflösende Aufnahmen machen um die Bewegung der Beine möglichst genau zu analysieren.

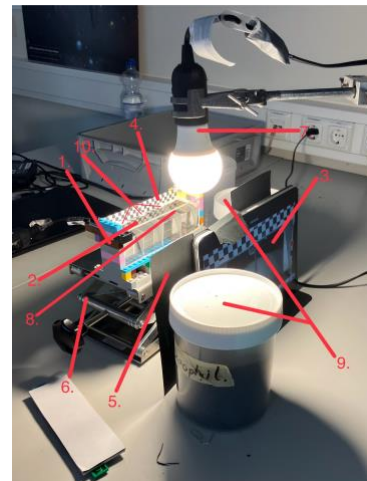
5 Hintergrund und theoretische Grundlagen

Diese Arbeit knüpft an meine Vorhergehende an und soll die Ergebnisse aus dieser überprüfen. Hundertfüßer (lat. Chilopoda) werden 1 bis 2 Zentimeter groß und haben 49 bis 100 Beinpaare. Er gehört zum Stamm der Häutungstiere und zum Unterstamm der Tausendfüßer. Es gibt 3.700 Arten (60 in Deutschland) von Hundertfüßern und sie stellen die zweitgrößte Gruppe der Tausendfüßer dar. Sie sind gelblich gefärbt und leben vor allem im Erdboden in einer Tiefe von bis zu 40 cm. Im Sommer gehen die meisten Arten in tiefere Bodenschichten. Sie ernähren sich von z.B. von Springschwänzen, Käferlarven und Fliegenlarven, Regenwürmern und Landlungenschnecken. Sie bevorzugen feuchte und dunkle Lebensräume. Ihre Fressfeinde sind unter anderem Vögel, Reptilien, Spinnen, Maulwürfe und Mäuse. Das Exemplar welches untersucht wurde, gehört wahrscheinlich zur Ordnung der Erdläufer (Geophilidae).

6 Vorgehensweise, Materialien und Methoden

6.1 Material

1. Legogestell
2. Spiegelprismen
3. iPad
4. Schachbrettpapier- 5. schwarze Pappe
- 6. Hebebühne
- 7. Lampe
- 8. Plexiglas
- 9. Plastikboxen mit Erde
- 10. Patafix
- 11. PC (Auswertung)



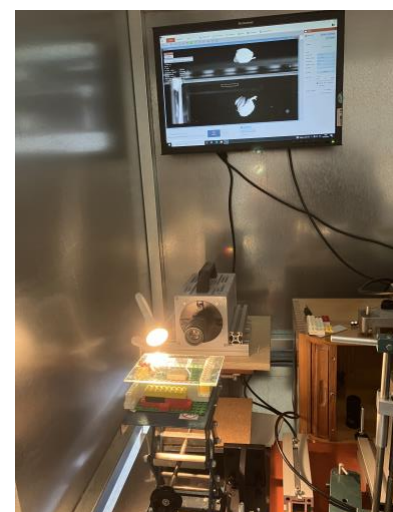
6.2 Methoden

6.2.1 Suche/Herkunft und Haltung

Die Suche nach einem „neuen“ Hundertfüßer gleicher Art war nicht so leicht wie zuvor. Die Suche wurde im Frühjahr 2023 im Kompost der Imaginata begonnen und war trotz Suche an anderen Orten bis in den frühen Herbst erfolglos. Jedoch wurden dann gleich vier Exemplare gefunden und eingesammelt, um den Stress auf das einzelne Tier zu reduzieren. Gehalten wurden die Tiere in Plastikboxen, welche mit Erde, Pflanzen und kleinen Insekten gefüllt sind. Mit dem Beginn der kälteren Jahreszeit wurden die Hundertfüßer wie auch im letzten Jahr in den Kühlschrank gestellt (ca. 7°C) da dies den Außentemperaturen eher, als die Raumtemperatur entspricht.

6.2.2 Idee

Es sollten möglichst hochauflösende Aufnahmen bzw. deutlich bessere als die letzten entstehen. Deshalb wurde Toni Wöhr (Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institute for Zoology and Evolutionary Research) konsultiert, welcher beruflich

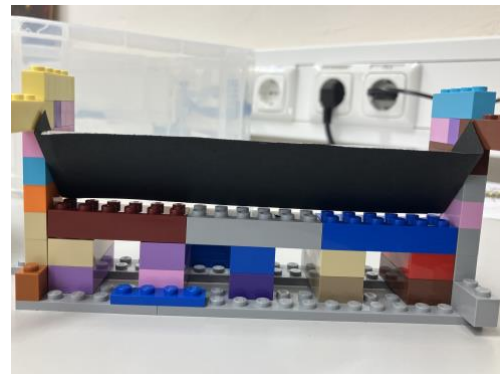


(Bild 1) Versuchsaufbau bei Toni Wöhr

Bewegungsanalysen durchführt. Er zeigte mir eine Methode bei der Spiegelprismen verwendet werden (Bild 1).

6.2.3 Umsetzung und Probleme

Ich versuchte diesen Aufbau nachzuvollziehen. Dazu wurde aus LEGO ein Gestell gebaut und in dieses vier Prismen gelegt (Bild 2). Das besondere an Spiegelprismen ist das sie das darauf liegende Objekt von unten reflektieren. Um den Hundertfüßer auf einem einheitlichen Hintergrund zusehen wurde Schachbrettpapier an den Deckel und Schwarze Pappe an die Rückwand geklebt. Es stellte sich heraus das Schwarzes Papier zu sehr spiegelt, also wurde es durch Schachbrettpapier (5*5mm) und das Papier am Deckel durch weißes Papier ausgetauscht. Bei den ersten Testversuchen mit Kellerasseln fiel auf, dass man das was hinter dem Aufbau liegt durch die Prismen sehen kann (QR-Code) (Bild 3). Um das zu verhindern, wurde schwarze Pappe hinter die Prismen geklemmt (Bild 4). Das Prisma spiegelt nur wenn man frontal darauf schaut, deshalb ist eine manuelle Hebebühne essentiell, um die richtige Höhe genau einzustellen. Für die perfekte Belichtung war außerdem eine Lampe und ein dunkler Raum nötig. Außerdem ist ein Plexiglas notwendig damit die Kellerasseln/Hundertfüßer nicht zu leicht entfliehen können. Um die Spiegelungen die das Plexiglas erzeugt zu reduzieren, wurde vor das iPad mit der Kamera eine Pappe geklemmt (Bild 5). Bei den ersten Versuchen fiel auf, dass man bei weißem Hintergrund die Beine des Hundertfüßers/ Kellerasseln unzureichend erkennt (Bild 3). Nach langen Versuchen wurde der Deckel einfach weggelassen. Der Hundertfüßer konnte sehr leicht durch die Lücken zwischen den Spiegelprismen entfliehen. Außerdem musste der Hundertfüßer möglichst weit hinten laufen, damit man ihn sehen kann. Auch nachdem alle diese Probleme behoben waren, musste der Hundertfüßer immer noch möglichst weit hinten und gerade laufen, auch damit die weiße Linie nicht allzu stark zu sehen ist (Bild 7). Nach unzähligen Versuchen wurde dann die finale Aufnahme in 1080p und 120Fps im Modus SLO-MO gefilmt (QR-Code).



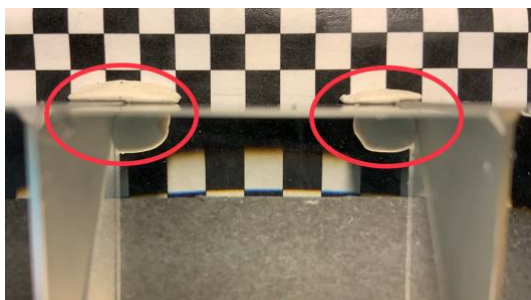
(Bild 4) schwarze Pappe hinter den Prismen



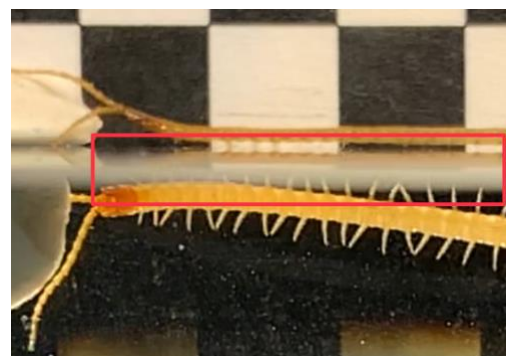
(Bild 3) erster Versuch mit Kellerasseln



(Bild 5) schwarze Pappe vor dem iPad



(Bild 6) Patafix



(Bild 7) weiße Linie



6.2.4 Bewegungsanalyse

6.2.4.1 Warum die letzten 3-8 Beine?

Beim Betrachten des Videos ist klar zu sehen, dass der Hundertfüßer am Ende des Videos gerader läuft und die hinteren Beine weniger vom weißen Rand (Bild 7) verdeckt sind. Die letzten zwei Beine wurden ausgelassen, da sie sich nicht wirklich mitbewegen. Daher wurden die letzten 3-8 Beine getrackt.

6.2.4.2 Wie wurde ausgewertet?

Ausgewertet wurde im Programm Tracker. Dafür wurde das Video Frame für Frame durchgegangen und jeder Frame zweimal überprüft. Zunächst wurde geschaut wann ein Bein vorn/hinten ist bzw. wann es das davor oder dahinter liegende Bein berührt (Bild 8). Dann wurde der Frame notiert. Es wurde mit der Notierung der Frames begonnen, sobald zu erkennen war, dass das Bein „vorn“ ist. Es wurde kein „Autotrack“ genutzt, da alle Beine gleich aussehen und so das Programm Probleme hatte, auf einem Bein ausgerichtet zu bleiben.

6.2.4.3 Wie wurden die Ergebnisse dargestellt?

Zur Visualisierung der Ergebnisse wurde Microsoft Excel verwendet, dort wurden die Ergebnisse mit übersichtlichen Tabellen visualisiert.



(Bild 8)

7 Ergebnisse

7.1 Notierung der Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden in Excel notiert:



Excel Tabelle
Screenshot

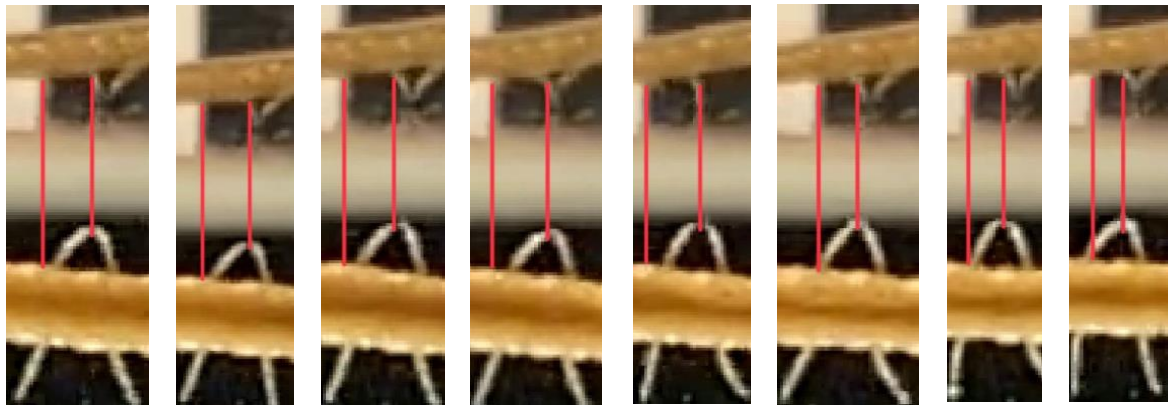
Aus den Daten der Tabelle kann man entnehmen, dass die Bewegung der Beine nach hinten zeitlich kürzer ist als nach vorn. So ist die Flugphase von vorn nach hinten zwischen 13 und 23 Frames lang, wobei die Flugphase von hinten nach vorn 30 bis 92 Frames lang ist. Ein Frame entspricht 0,017 Sekunden.

7.2 Geschwindigkeit

Der Hundertfüßer bewegt sich in der finalen Aufnahme mit einer Geschwindigkeit von 1,1 cm/Sek.

7.3 Bewegungsgenauigkeit

Unterschiedliche Beine berühren sich am fast gleichen Punkt:

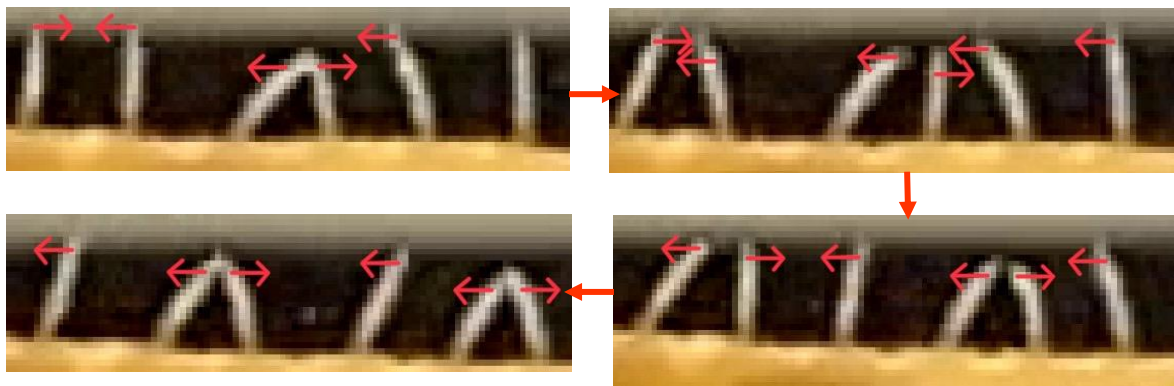


Frame 92

Frame 126



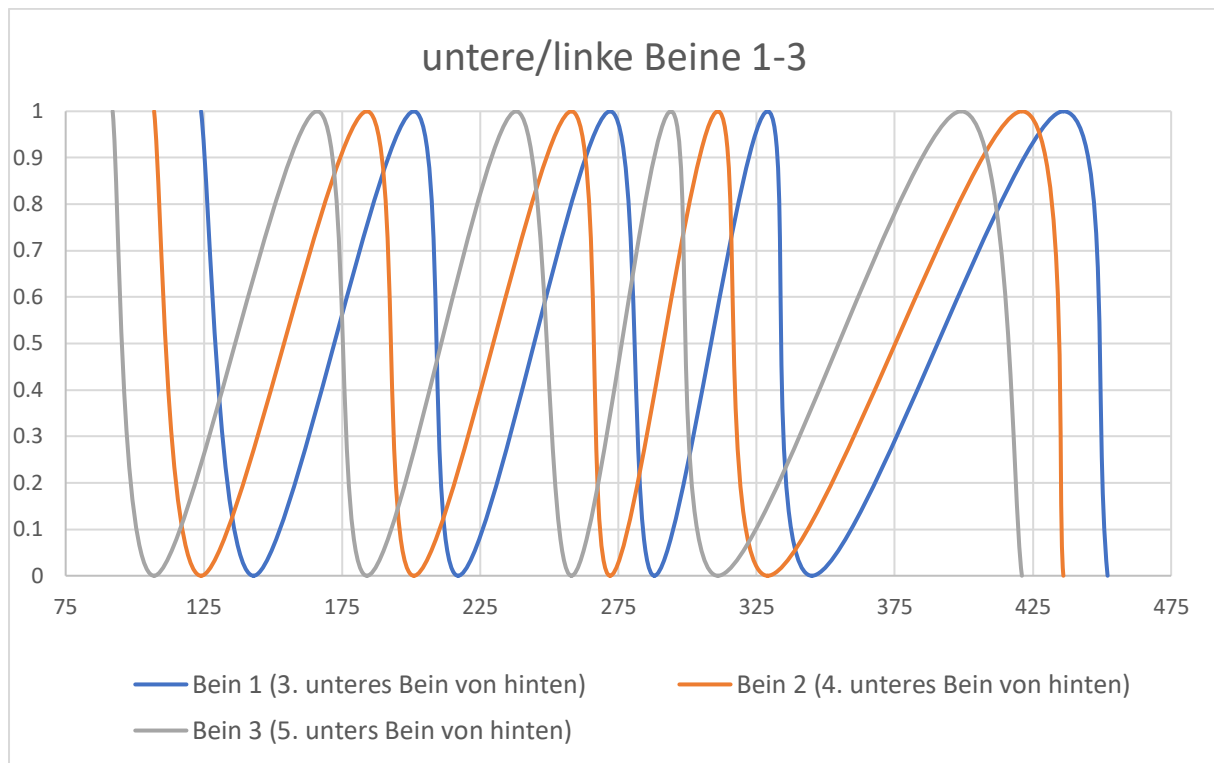
7.4 Ablauf der Bewegung der Beine



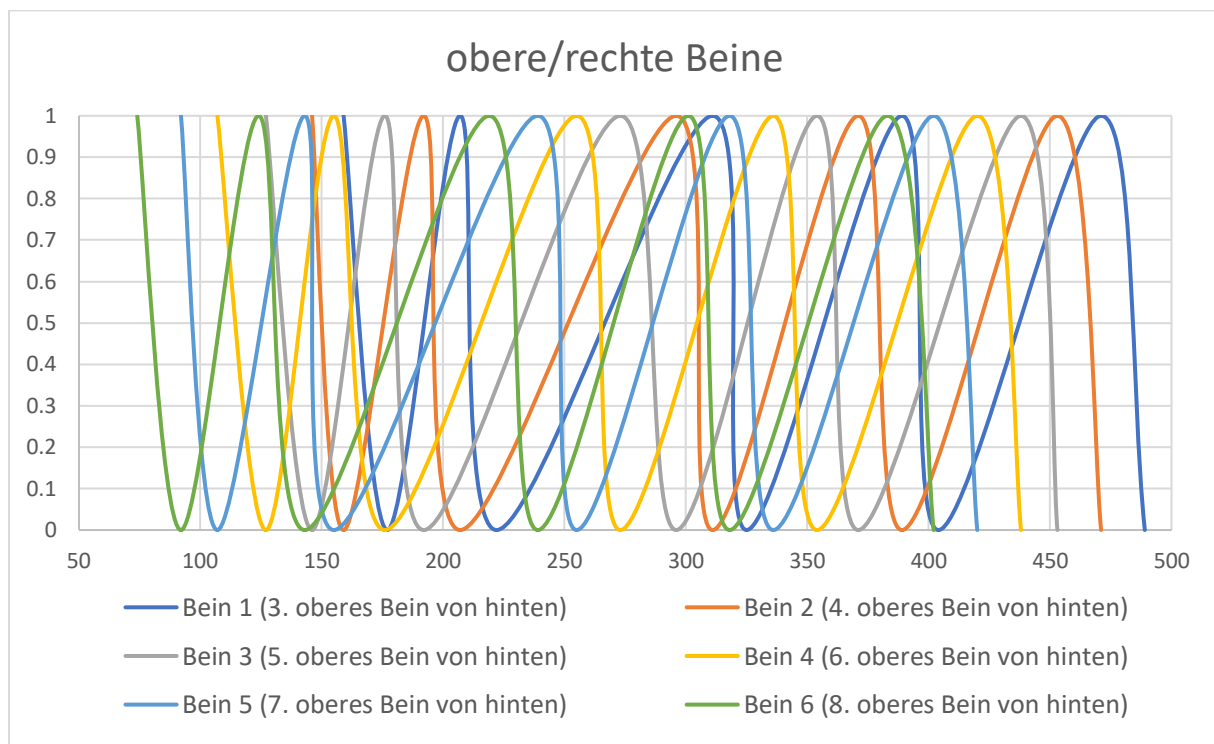
Hier ist mit Pfeilen dargestellt in welchem Ablauf sich die Beine bewegen.

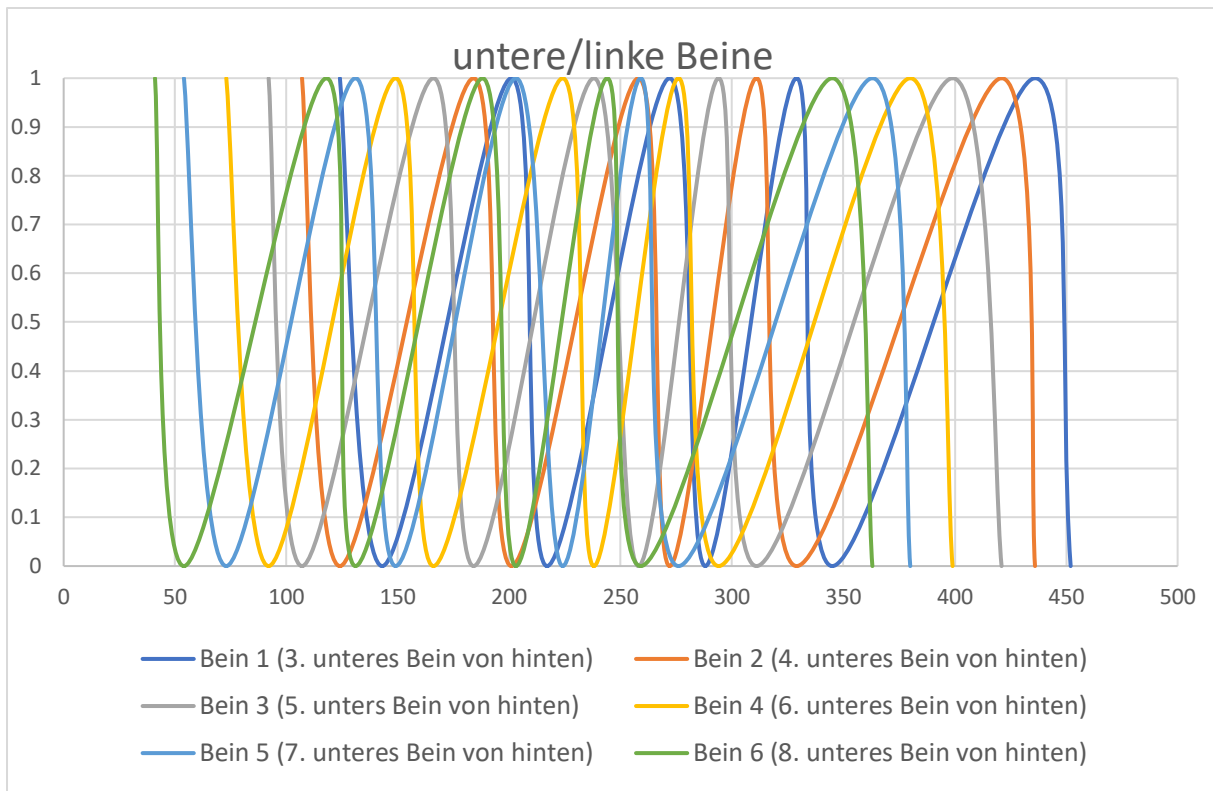
7.5 Excel Diagramme

1= vorn und 0= hinten

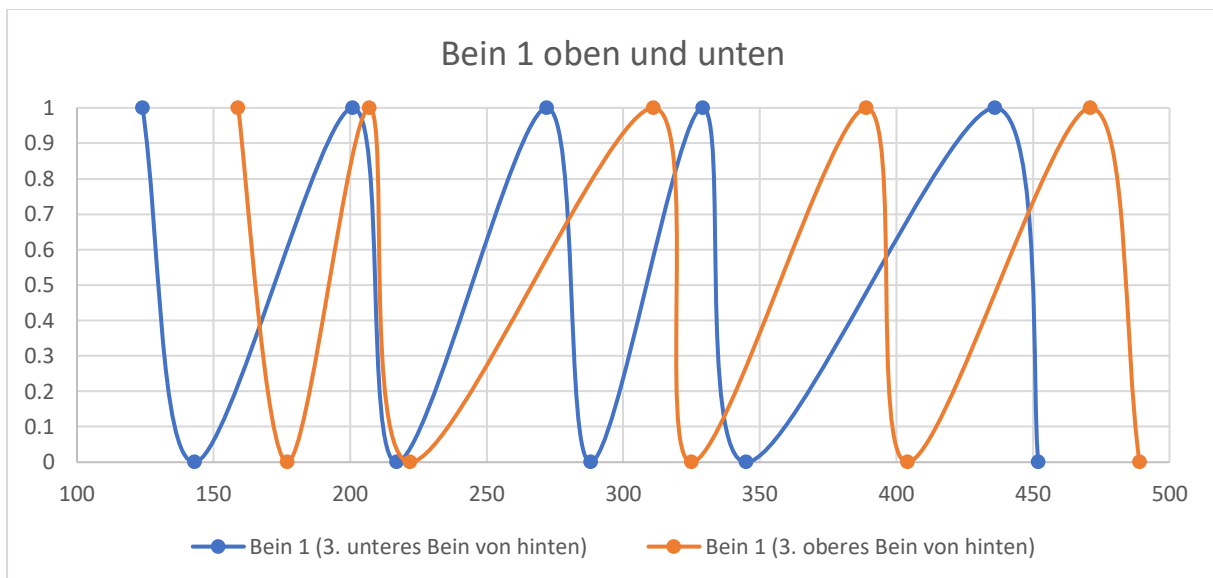


Zwischen Bein 1,2 und 3 ist ein klares Muster erkennbar, wenn z.B. Bein 2 vorn ist sind die andren Beine hinten. Dies trifft auch auf die anderen Beine zu. Die Beine bewegen sich ausnahmslos wie eine Welle, erst geht Bein 3 nach vorn/hinten, dann Bein 2 und danach erst Bein 1. Die längere Bewegung am Ende entsteht vermutlich dadurch, dass der Hundertfüßer wieder auf den Patafix klettert.

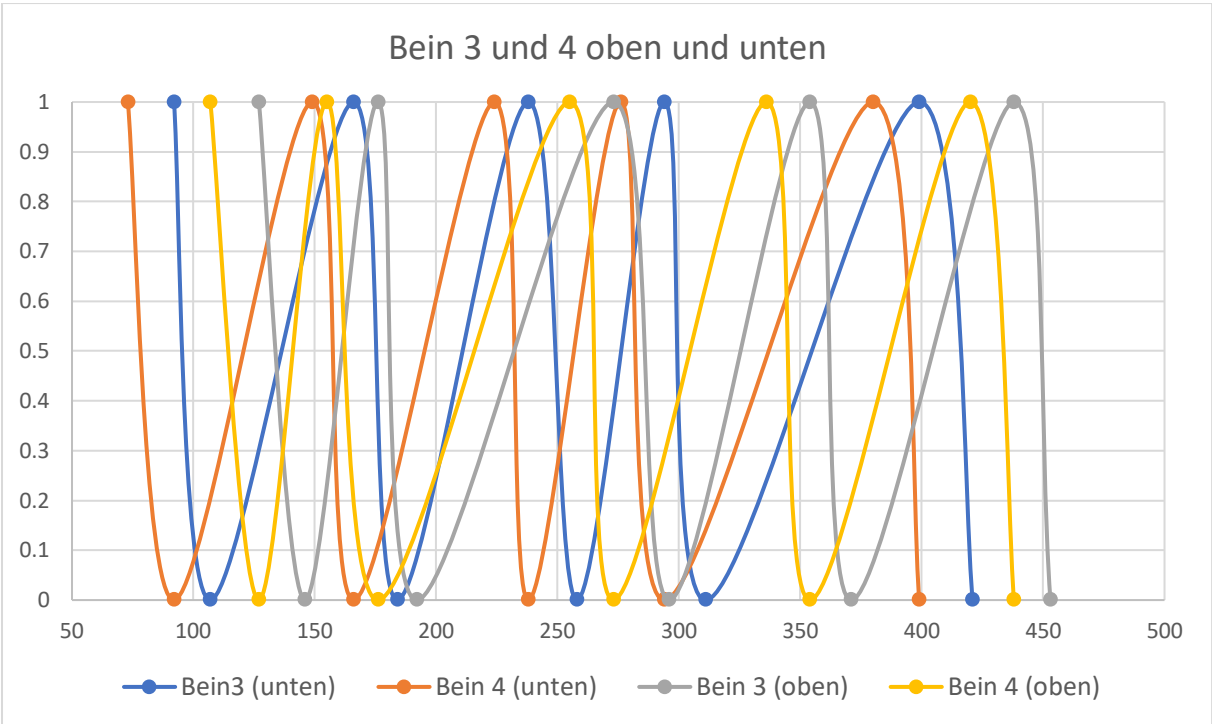
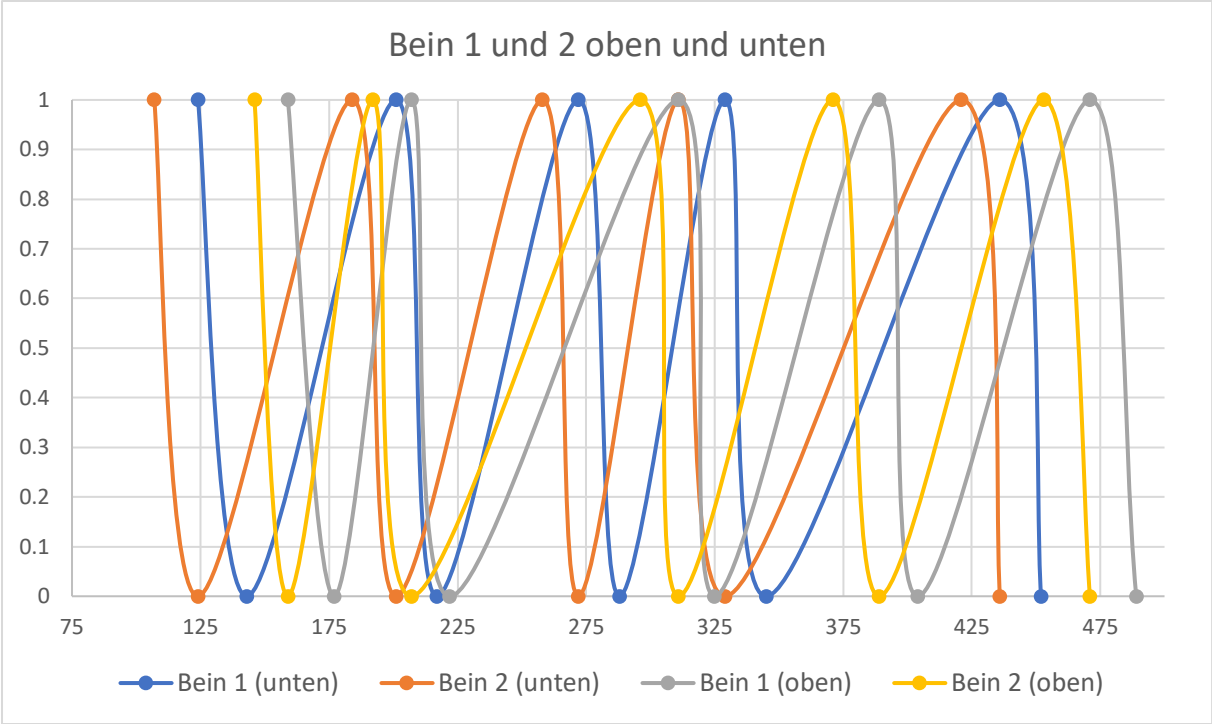


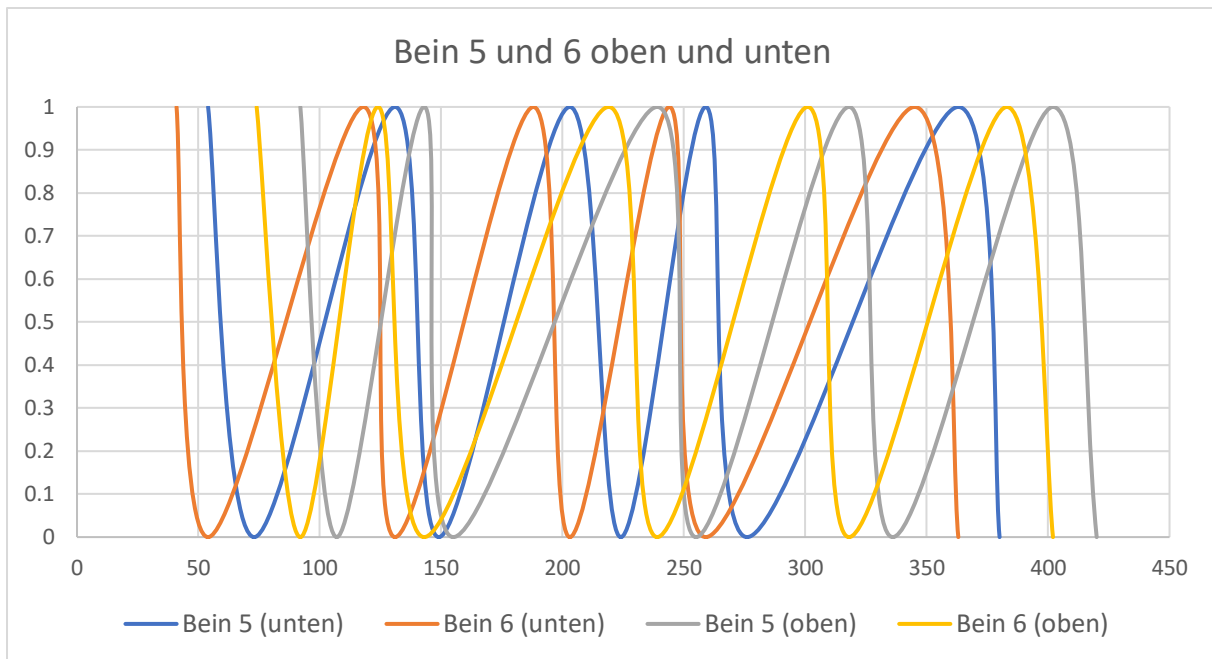


Die Beine bewegen sich sehr mit einem sehr gleichmäßigen zeitlichen Abstand. Die Wellenbewegung ist auch bei den anderen Beinen erkennbar.



Da der Hundertfüßer vom Patafix herunterklettert muss er erst ein Schritt nach vorn machen. Dadurch fangen beide Werte bei „vorn“ an. In der Regel bewegen sie sich jedoch abwechselnd, wobei es aber auch zu Unregelmäßigkeiten kommt, d.h. sie bewegen sich nicht immer gleichmäßig abwechselnd.





Auffällig ist, dass man zuerst annehmen könnte das es sich um dieselben Diagramme handelt. Nur bei genauerem Betrachten fällt auf, dass es kleinere Abweichungen gibt. Dies zeigt zunächst, wie zeitlich gleich die Abläufe der Bewegung eines Beines sind. Die anderen gegenüberliegenden Beine bewegen sich auch in der Regel abwechselnd. Es gibt jedoch auch Abweichungen die aber auch regelmäßig sind, da sie auch bei den anderen Beinpaaren auftreten.



Diagramm von allen Beinen

8 Ergebnisdiskussion

Gut gelaufen sind die Aufnahmen des Hundertfüßers. Leider hat die Autotrack Funktion nicht gut funktioniert, da die Beine sich sehr ähnlich sehen. Ich hätte eventuell vorher die Beine mit verschiedenen Farben markieren sollen. Wie gut dies jedoch in der Praxis umsetzbar ist, kann ich nicht einschätzen, da ich dafür keinen sinnvollen Weg fand. Diese Forschung hat ein besseres Verständnis über die Bewegung von Hundertfüßern zur Folge. Außerdem könnte man auf der Basis der Ergebnisse dieser Arbeit ein Roboter-Hundertfüßer entwickeln, ähnlich wie ein Roboterhund. Die Vorteile wären z.B. die vielen Beine (falls ein Beinpaar beschädigt wird kann sich der Roboter trotzdem weiter fortbewegen) und die Fähigkeit „geländegängig“ durch enge Gänge zu krabbeln.

9 Fazit und Ausblick

Das Ergebnis der vorherigen Arbeit, dass sich in der Regel die gegenüberliegenden Beine abwechselnd bewegen, ist richtig. Jedoch haben die hintereinanderliegenden Beine auch ein Muster, sie bewegen sich wellenartig. Das Ziel, die Überprüfung der Ergebnisse der letzten Arbeit wurde erreicht.

10 Quellen- und Literaturverzeichnis (zählt nicht zu den max. 15 Seiten)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Hundertf%C3%BC%C3%9Fer>: 13.01.2024, Wikimedia Foundation Inc., Hundertfüßer

[Hundertfüßer und Tausendfüßer – Definition & Zusammenfassung | Easy Schule \(easy-schule.de\)](#): 13.01.2024, Stephan Bayer, Colin Schlüter, Arne Strawe, Hundertfüßer – Definition, Merkmale und Besonderheiten

<https://en.wikipedia.org/wiki/Geophilidae>: 14.01.2024, Wikimedia Foundation Inc., Geophilidae

11 Unterstützungsleistungen

Dr. Dr. Christina Walther, Geschäftsführung witelo e.V.: Beaufsichtigung des Projekts, Bereitstellung von Materialien

Toni Wöhl, Institute for Zoology and Evolutionary: Beratung zur Umsetzung einer Bewegungsanalyse