

Milena Carolin Solinus (14), Yara Schiefer (16)
AG Detegimus Naturam des Helmholtz-Gymnasiums Hilden
Leitung: StD Bernhard Osterwind

Mehlwürmer: Fluch oder Segen?

1. EINLEITUNG

1.1 Kurzfassung

1.2 Leitfragen

1.3 Themenherkunft

2. HAUPTTEIL

2.1 Biologie der Mehlwürmer

2.2 Was ist Styropor?

2.3 Was ist Styrodur?

2.4 Beschreibungen der Versuche/Versuchsreihen & Aufbau

2.5 Beobachtungen, Schlussfolgerungen & Vermutungen

3. SCHLUSS

3.1 Kritischer Rückblick

3.2 Ausblick

3.3 Persönliche Erkenntnisse

4. ANHANG

4.1 Quellen

4.2 Graphen zu den Messergebnissen

4.3 Wertetabellen

4.4 Bilder

4.5 Korrespondenz mit Wei-Min Wu (Stanford University)

1.1 Kurzfassung

Unter der Überschrift: „Unerwartete Entdeckung“ veröffentlichte Spektrum der Wissenschaft 2015¹ die kurze Mitteilung, dass Mehlkäferlarven auch Styropor „verdauen“ können.

Wir wollten versuchen, herauszufinden, ob Mehlkäferlarven (umgangssprachlich: Mehlwürmer) wirklich „Styropor“ fressen und sogar in dem Sinne verdauen können, dass ihr Wachstum ausschließlich auf diesem Nahrungsmittel basieren kann.

Unsere Ausgangshypothese, dass Mehlwürmer nur deswegen Gänge in das Styropor beißen, um sich dort ein optimales Versteck zu bauen, hat sich tatsächlich als falsch herausgestellt.

Mehlwürmer können sich in der Larvenphase allein von Styropor ernähren und entwickeln unter dieser Nahrung Puppen und die adulten Käfer. Im Auswahlversuch zeigte sich zwar, dass die Tiere organische Nahrung (z.B. Möhren) bevorzugen, Styropor aber trotzdem erstaunlicher Weise alles zum Leben in dieser Phase Notwendige (ausgenommen Wasser) liefern kann.

1.2 Leitfragen

Wir sind von folgenden Leitfragen ausgegangen

1. Können Mehlwürmer Styropor/Styrodur fressen?
2. Falls ja: Fressen sie Styropor nur, um Gänge anzulegen oder verdauen sie das Styropor so, dass es auch tatsächlich dem Wachstum und der Entwicklung der Tiere dienen kann?
3. Falls letzteres der Fall ist: Inwiefern unterscheidet sich das Wachstum und die Entwicklung der Tiere im Vergleich zu Tieren, welche mit organischer Nahrung (in unserem Fall: Möhre und Apfel) gefüttert wurden?
4. Können sie auch das härtere Styrodur fressen bzw. sich von Styrodur ernähren?
5. Falls ja: Wie groß ist der Unterschied? Beschränkt er sich auf die Größe und Gewicht oder tritt ein für uns sichtbares bzw. auffälliges Verhalten von den Mehlkäferlarven besonders auch untereinander auf?
6. Können die Mehlkäferlarven auch die Wärmedämmung von Häusern auffressen?

1.3 Themenherkunft

Auf das Thema „Mehlwürmer“ aufmerksam geworden sind wir über Herrn Osterwind, der uns im Fach „Praktische Naturwissenschaft“ auf die im Magazin „Spektrum der Wissenschaft“ veröffentlichten Entdeckungen hingewiesen hat¹.

Das Thema hat uns angesprochen, denn auch wir waren von dieser Neuentdeckung sehr überrascht und wollten uns selbst davon überzeugen. Wir starteten mit der eher skeptischen Überlegung, dass es sich vielleicht darum handeln könnte, dass die Tiere nur eine Art Wohnröhren anlegen, wie dies andere Tiere auch tun.

¹ <http://www.spektrum.de/news/mehlwuermer-verdauen-styropor/1368822>

2.1 Biologie der „Mehlwürmer“

Allgemeine Informationen über Mehlwürmer

Tenebrio molitor, umgangssprachlich Mehlwurm oder auch Mehlkäfer genannt ist ein Käfer aus der Familie der Schwarzkäfer.

Die Larven sind in der natürlichen Umgebung vor allem unter der Rinde morscher Bäume und in Vogelnestern im westlichen Asien und in Europa anzutreffen. Als Kulturfolger entwickelte er sich zum Nahrungsschädling des Menschen, wird aber auch als Nahrungsmittel für Menschen und Haustiere oder als Köder genutzt.

Er begegnet uns zum Beispiel als Köder oder Futtertier meist in der Larvenform, daher ist die Bezeichnung Mehlwurm häufiger, aber irreführend. Sie sind nachtaktiv und können als adulte Käfer zwar fliegen, sind aber „flugfaul“. Sie haben als Käfer zwei Flügel und legen alleine oder in Gruppen Eier ab. Dies können 70 bis 570 Eier sein. Vier bis Sechs Wochen nach der Eiablage sterben die Käfer. Die Larven werden zu 15–20 mm langen Käfern, welche eher einen langgestreckten Körper haben. Sie sind Allesfresser und ernähren sich von beispielweise Mehl, Obst oder Kadaver. Sie sind Vorratschädlinge in Küchen und Vorräten. Mehlkäfer sind weltweit verbreitet, sie kommen in Getreidelagern und Silos, Mühlen und Bäckereien und in Vogelnestern, aber auch im Freien, zum Beispiel in verrottetem Holz, Kadaver und Mulm. Sie bevorzugen kühle und dunkle Orte und sind häufig auch in unseren Nahrungsmitteln wie zum Beispiel Korn (Mehl, Brot, Cornflakes, Haferkleie, Müsli), Obst (Apfel, Banane, Kiwi, Kirsche), Gemüse (Rotkohl, Karotten, Kartoffeln, Möhren, Salat, Gurke, Mais), sowie Fleisch, Fisch und Nüsse, aber auch Knochen, Hundefutter, Fischfutter, Katzenfutter und auch in Gegenständen wie Korken zu finden. Mehlkäfer fühlen sich am wohlsten, wenn eine hohe Luftfeuchtigkeit vorhanden ist und bei Temperaturen zwischen 25 – 27 °C. Ab einer Zeit von vier Stunden bei einer Temperatur von 42°C sterben Mehlkäfer den Hitzetod, bei einer Temperatur von 10°C erfolgt ein Entwicklungsstopp der Insekten. Mehlkäfer werden maximal zwei Jahre alt und eine Überwinterung ist zwar möglich, jedoch nicht unterhalb 5°C.

2.2 Was ist überhaupt Styropor?

Allgemeine Informationen über Styropor

Styropor, auch EPS (expandiertes Polystyrol) genannt, wird in der Verpackungsindustrie als Material für Formteile und Verpackungschips verwendet und kommt auch beim Hausbau als Dämmmaterial zum Einsatz. Die Bezeichnung Styropor ist eigentlich ein Markenname (ursprünglich von BASF, heute des Industrieverbandes Hartschaum e. V.), wird aber sowohl im allgemeinen Sprachgebrauch als auch als Oberbegriff verwendet.

Es handelt sich um ein Polymer des Styrols (C_8H_8). Um als alleiniges Nahrungsmittel zu dienen, fehlt ihm also zum Beispiel neben den Spurenelementen der wichtige Stickstoff, ohne den weder die Erbsubstanz DNA noch Proteine gebildet werden können. Die Haupternährung durch Polystyrol ist also rätselhaft. Woher bekommt der Organismus Stickstoff, oder Phosphor oder Spurenelemente wie Eisen, Magnesium, Calcium, und Elektrolyte wie Natrium oder Kalium?

Was erschwert die Verwertung von Styropor?

Die Verwertung von Styropor wird durch schnelle Verunreinigung und Fremdanhaftung des Stoffes erschwert.

Wie wird Styropor entsorgt?

Styropor ist nach landläufiger Erkenntnis nicht biologisch abbaubar und insbesondere bei der Verbrennung des Stoffes werden giftige Gase (Styrol ist stark krebserregend) freigesetzt. Bis jetzt können Styroporabfälle nur nach einer Aufbereitung zu Dämmstoffen verarbeitet werden, in Kläranlagen zum Einsatz kommen oder in Entsorgungsanlagen verbrannt werden. Insbesondere die Verwendung von Flammschutzmitteln erschwert die Entsorgung.

Jedoch könnte es sein, dass Mehlwürmer die Lösung für einen biologischen Abbau des chemisch herzustellenden Stoffes sind.

Privathaushalte können Styropor über die gelbe Tonne bzw. den grünen Punkt entsorgen.

2.3 Was ist Styrodur?

Neben Styropor gibt es auch Styrodur, welches ein sehr ähnlicher Stoff, aber in Gegensatz zu Styropor ein feinporiger Hartschaum ist (XPS oder extrudierter Polystyrol-Hartschaum). Dieser wird häufig als Dämmmaterial benutzt und ist im Vergleich zu Styropor, welches sehr luftig und locker ist, fester, kompakter und stabiler.

2.4 Beschreibung der Versuche/Versuchsreihen & Aufbau

Grundmaterialien für jeden Versuch:

Unsere Gewächshäuser: ↓



Die Kaufverpackung → Schale ↓



Von uns durchgeführte Versuche:

1. Versuch:

Herausfinden, ob Mehlwürmer Styropor wirklich fressen.

Aufbau eines Futterwahlversuches:

Mehlwürmer wurden auf drei Schalen aufgeteilt.

1. Schale NUR Möhren, Paprika, Hirse
2. Schale NUR Styropor
3. Schale Styropor UND Möhren, Paprika, Hirse

2.Versuch: Kontrollreihe

Material: 6 Mini-Gewächshäuser mit je 3 Schälchen (für Larven, Puppen & Käfer), in jedes Gewächshaus 20 Mehlwürmer + 1 Gewächshaus mit 3 Schälchen für unseren Zusatzversuch mit Styrodur

Aufbau:

Die ersten beiden Gewächshäuser:

Nahrung:

1. Gewächshaus: NUR mit Möhre, Paprika
2. Gewächshaus: NUR mit Möhre, Paprika

Die nächsten beiden Gewächshäuser:

Nahrung:

3. Gewächshaus: NUR mit Styropor
4. Gewächshaus: NUR mit Styropor

Die letzten beiden Gewächshäuser:

Nahrung:

5. Gewächshaus: Möhre, Paprika UND Styropor
6. Gewächshaus: Möhre, Paprika UND Styropor

Zusatzgehege: Styrodur

Zusätzlich haben wir noch ein Gehege mit 20 Mehlwürmern präpariert, die nur Styrodur als Nahrungsmittel zur Verfügung gestellt bekommen.

Nahrung:

Zusatzgehege: NUR Styrodur

Alle 7 Gewächshäuser:

Die Schälchen werden zusätzlich zu dem oben beschriebenen Futter mit Wasser versorgt. Für eine hohe Luftfeuchtigkeit sorgen wir, indem wir den Boden des Gewächshauses mit Wasser befüllen, gerade so, dass die Schälchen noch auf den Füßchen stehen können und nicht schwimmen. Dann schließen wir die Luftdurchgänge, lüften alle 2 Tage und füllen das Wasser wieder auf. So herrscht nur in dem Gewächshaus eine gleichmäßig hohe Luftfeuchtigkeit und wir sind unabhängig von der Luftfeuchtigkeit der Umgebung bzw. der Raumluft.

Die Messergebnisse befinden sich im Anhang

3. Versuch Styropor in unterschiedlicher Form

Material: 4 Mini-Gewächshäuser mit je 2 Schälchen, in jedem Schälchen 5 Mehlwürmer und 2 Zusatzschälchen in einem Gewächshaus als Zusatzversuch

Aufbau:

1. Gewächshaus (1. und 2.Schale)

Nahrung: Beides, Styropor UND Möhre/Apfel

2. Gewächshaus (3. und 4.Schale)

Nahrung: NUR Styropor

3. Gewächshaus (5. und 6.Schale)

Nahrung: NUR Möhre/Apfel

4. Gewächshaus (beide Zusatzgehege)

Nahrung: NUR Styropor

In der 1.Schale: Styropor in einem Stück (eine große Platte)

In der 2.Schale: Styropor in kleine Stückchen zerbröselt (Kontrolle: Werden nur Gänge gefressen?)

5. Gewächshaus (übrigen gekauften Mehlwürmer)

Nahrung: Styropor UND Möhre/Apfel

2.5 Beobachtungen, Schlussfolgerungen & Vermutungen

Versuch 1

Bereits ein paar Minuten nach Einbringung des Styropors in eins der Schälchen waren „knorzende“ Geräusche zu hören und die Mehlwürmer waren alle an dem Stück Styropor und nagten an ihm. Nach den ersten zwei Tagen waren bereits deutliche Einbuchtungen und Einkerbungen zu erkennen. Diese wurden immer größer, bis schließlich das gesamte Stück Styropor völlig durchlöchert war und nur noch aus einer dünnen „Haut“ bestand. Nach dieser Beobachtung entschieden wir uns, diesen Versuch abzuschließen und eine genauere Versuchsreihe mit Gewichtsmessungen zu starten, um herauszufinden, ob Mehlwürmer wirklich Styropor fressen bzw. verdauen können und sich auch mit

dieser "einseitigen" Nahrung weiter zu entwickeln. Also wilderten wir die Mehlwürmer in einem Innenhof unserer Schule aus, wo sie wahrscheinlich auch Beute der dort lebenden Geburtshelferkröten wurden.

Wir haben den Gedanken als skurril und abwegig gesehen: Wieso sollten Lebewesen etwas so Einseitiges, was ihnen nur Kohlenstoff und Wasserstoff sowie Energie liefern kann, fressen und verdauen können?!

Zwar kommt Styrol auch in der Natur vor (in geringen Mengen im Styrax bzw. Baumharz), von Polystyrol ist uns das jedoch unbekannt. Vielleicht ist die Fähigkeit der Tiere, Polystyrol zu verdauen ein Hinweis darauf, dass auch in natürlicher Umwelt Polystyrol vorkommt?

Doch der erste Versuch hat klar gezeigt, dass Mehlwürmer tatsächlich zumindest Styropor fressen. Mit der Frage, ob diese Ernährung ausreicht, haben wir uns dann erst in der zweiten und dritten Versuchsreihe beschäftigt.

Versuch 2

Der Beginn dieser Versuchsreihe verlief genauso wie beim ersten Versuch, denn auch hier begannen die Mehlwürmer, das Styropor anzunagen. Uns fiel aber auf, dass unsere Mehlwürmer viel länger zur Verpuppung brauchten, als bei einer anderen Gruppe aus unserem Kurs, wo sich bereits nach 1-2 Tagen Puppen und nach 4 Tagen bereits die ersten Käfer entwickelten. Bei uns hat es allein zwei Wochen gebraucht, bis überhaupt Puppen da waren, und diese sind dann auch 2–3 Wochen lang im Puppenstadium geblieben. Die Styroporernahrung bewirkt also eine deutliche Entwicklungsverzögerung.

Auffällig an der Gewichtsentwicklung war, dass das Gewicht der Larven zunächst sogar sank. Wir schließen daraus, dass die Fähigkeit zur Styroporverdauung zwar vorhanden, aber erst irgendwie „aktiviert“ werden muss. Entweder gibt es ein Verdauungsenzym der Larve, welches Styropor abbauen kann und erst in größeren Mengen bei Vorliegen dieser Nahrung produziert werden muss, oder es sind symbiotische Darmbakterien, welche sich erst vermehren müssen, bis sie der Larve genug Nahrung zur Verfügung stellen können.

Man sollte versuchen, ob der Darminhalt der Mehlwürmer auch außerhalb des lebenden Tieres in der Lage ist, Styropor zu zersetzen. Und so stellt sich die Frage: Kann man Styroporzersetzende Bakterien „züchten“?

Uns ist völlig unklar, warum Mehlwürmer oder symbiotische Bakterien – offenbar im Gegensatz zu allen anderen Organismen – die Fähigkeit entwickelt haben, Polystyrol, einen Stoff, der in der Natur nicht vorkommt, abzubauen.

1. & 2. Gewächshaus:

Die Mehlwürmer, die nur mit Möhren oder Paprika gefüttert werden, sind ruhig und verhalten sich nicht auffällig oder aggressiv. Es haben sich schneller ein paar Mehlwürmer zu Käfern weiterentwickelt, es gibt auch mehrere Puppen.

3. & 4. Gewächshaus:

Die Mehlwürmer, die nur mit Styropor gefüttert werden, fressen sich Gänge durch das Styropor: Ihr Verhalten wirkt sehr „aggressiv“. Sie zappeln beim Wiegen viel rum und fressen im Gegensatz zu den anderen tote Artgenossen sofort auf. Auch laufen sie schneller von der Waage runter als die Anderen. Kannibalismus kommt zwar auch so bei Mehlwürmern vor, jedoch scheint die einseitige Ernährung eine verstärkende Wirkung auf dieses Verhalten zu haben

5. & 6. Gewächshaus:

Die Mehlwürmer, die mit Möhren oder Paprika und Styropor gefüttert werden sind und verhalten sich ebenfalls normal und ihnen geht es am besten. Sie fressen ebenfalls das Styropor und bauen sich Gänge, obwohl sie eine gesunde Nahrungsquelle (Möhren, Paprika und Hirse) haben. Es hat sich auch rasch ein Mehlwurm fast vollständig zum Käfer entwickelt und es gab schnell mehrere Puppen.

Zusatzgehege:

In den ersten Tagen hat man weder an den Mehlwürmern, noch an dem Styrodurstück eine Veränderung gesehen und das, obwohl sich die Mehlwürmer ordentlich an dem Styrodurstück zu schaffen gemacht haben. Doch nach längerer Zeit (2–3 Wochen) sah man am Styrodur, wenn man genau hinsah leichte Kuhlen. An den Stellen hatten die Mehlwürmer es geschafft, sich von den festen Material etwas abzunagen.

Insgesamt haben sich alle Mehlwürmer relativ gut entwickelt. Den Grund für die Verzögerung der Verpuppung und weiteren Entwicklung der Mehlwürmer konnten wir nicht sicher herausfinden. Es könnte sein, dass es in unserem Raum den Larven über eine längere Zeit zu kalt war; dieser liegt nämlich im Keller und da in der Schule und in diesem Raum nicht durchgehend geheizt oder für die Mehlwürmer nicht ausreichend geheizt wird und es zu der Zeit dieses Versuchs Winter war, vermuten wir, dass die verhältnismäßig niedrigen Temperaturen zu Wachstums- bzw. Entwicklungsverzögerungen bei den Mehlwürmern geführt haben, da es in dem Raum zwischen 17°C bis maximal 21°C waren.

Am Ende dieser Versuchsreihe kam uns die Idee, die Mehlwürmer nicht nur als Gefahr für mit Styropor oder ähnlichen Kunststoffen gedämmte Häuser zu sehen, sondern auch als nachhaltige Möglichkeit Styropor abzubauen, da beim Abbau dieses Stoffes durch Verbrennung dieses Stoffes sehr giftige Gase freigesetzt werden.

Versuch 3

Insgesamt haben sich erst einmal die Mehlwürmer im direkten Vergleich zum zweiten Versuch viel schneller entwickelt. Diesmal haben wir aber auch auf eine etwas höhere Temperatur geachtet, da sich Mehlwürmer bei höheren Temperaturen (bis 27°C) besser und schneller entwickeln. Da die dritte Versuchsreihe jedoch erst Anfang Mai angefangen hat, war es in dem Raum auch unbeheizt mindestens 21°C. Die Temperatur während dieser Versuchsreihe hat zwischen 21°C bis maximal 27°C geschwankt, jedoch war es die meiste Zeit ungefähr 23°C in dem Raum. Es waren bei den Mehlwürmern bereits nach den ersten Tagen Puppen und schließlich nach zweieinhalb Wochen hatten sich auch schon die ersten Käfer entwickelt.

1. Gewächshaus (erste und zweite Schale):

Die Mehlwürmer, die mit beidem gefüttert wurden (Styropor UND Apfel) sahen im Verhältnis zu denen, die NUR mit Styropor gefüttert wurden, gesünder aus und haben sich auch in hoher Geschwindigkeit entwickelt. Diese Mehlwürmer waren auch mit die ersten, die Puppen und schließlich auch Käfer gebildet haben und es haben sich auch die meisten Mehlwürmer hier verpuppt bzw. zu Käfern entwickelt. Sie hielten ihr Gewicht überwiegend konstant und schienen, von den Messergebnissen her, zunächst am besten und gesündesten entwickelt zu sein. Gegen Ende der Messungen verloren sie jedoch noch einmal etwas an Gewicht. Dafür waren sie aber die einzigen, bei denen sich ausnahmslos alle Mehlwürmer zumindest verpuppt haben bzw. bei denen zum Schluss keine Mehlkäferlarven mehr übrig waren, da sich alle weiterentwickelt haben.

2. Gewächshaus (dritte und vierte Schale):

Die Mehlwürmer, die NUR mit Styropor gefüttert wurden, haben sich im direkten Vergleich zu denen, die auch anderes Futter (Apfel) bekamen, am schlechtesten verhalten und am ungesündesten entwickelt. Sie wirkten träge und legten bei den Messungen ein auffälliges Verhalten an den Tag (sie zappelten wie in Versuch 2 viel rum und krabbelten schneller von der Waage), welches wir als aggressiv empfanden. Sie waren transparenter und etwas kleiner als die normal ernährten Mehlwürmer. Die Entwicklung der „Styro-Würmer“ war zwar auch nicht schlecht bzw. sie haben sich auch zu Puppen entwickelt und die erste sogar vor denen, die nur mit normalem Futter ernährt wurden, jedoch nur sehr langsam weiter zu Käfern. Dazu waren sie während der gesamten Versuchsreihe leichter als die anderen und sie waren die einzigen, bei denen am Ende der Versuchsreihe noch zwei nicht verpuppte Mehlkäferlarven übrig waren.

3. Gewächshaus (fünfte und sechste Schale):

Die normal ernährten Mehlkäferlarven waren kräftiger und „farbiger“. Sie haben sich anfangs im selben Tempo wie die „Styro-Würmer“ entwickelt, doch während das Gewicht der „Styro-Würmer“ ab der Mitte abnahm, blieb das Gewicht der anderen Mehlwürmer konstant. Gegen Ende hatten sie das meiste Gewicht und waren am größten und kräftigsten, da die Mehlwürmer die sich von beiden ernährt haben (Styropor UND Apfel) gegen Ende noch einmal abgenommen haben, jedoch verpuppten sich hier nicht alle von den Mehlwürmern.

Insgesamt:

Insgesamt haben wir also festgestellt, dass Mehlwürmer Styropor fressen können und ihnen dies zur Larvenentwicklung als Nahrung ausreicht. Zwischen der Entwicklung der Mehlwürmer, die mit normaler Nahrung gefüttert wurden und den „Styro-Würmern“ gab es kaum bis nahezu keine schwerwiegenden Unterschiede. Merkwürdigerweise haben sich jedoch von der Entwicklung her die Mehlwürmer die sowohl normale Nahrung, als auch Styropor zur Verfügung gestellt bekommen haben, im Vergleich am besten gemacht. Sie hatten die meisten Puppen und Käfer in der kürzesten Zeit, während es bei den komplett normal gefütterten Würmern etwas länger brauchte. Die einzigen für uns sichtbaren Unterschiede waren, dass zum einen die „Styro-Würmer“ ein auffälligeres (aggressiveres) Verhalten zeigten: Sie zappelten beim Wiegen mehr als die anderen Würmer und liefen sehr schnell von der Stelle weg. Der andere Unterschied war das Gewicht der Tiere, wobei dieses nicht so extrem von dem der anderen abwich. Der Gewichtsunterschied verwundert uns jedoch keineswegs, sondern beruhigt uns eher, da wir der Meinung sind, dass Styropor, im Gegensatz

zu Apfel oder Möhre, eine nicht allzu nährstoffreiche Nahrung darstellt und es somit eigentlich klar ist, dass Styropor weniger nahrhaft ist und die anderen Würmer mehr zunehmen.

3.1 Kritischer Rückblick

Einige aufgetretene Probleme und Schwächen sind wir uns bei unserer Forschungsarbeit bewusstgeworden:

1. Wir hätten besser von Beginn darauf achten müssen, dass die Temperatur in den Versuchsraum konstant bei einer angemessenen Temperatur bleibt (z.B.25°C).
2. Wir hätten noch öfter nach den Mehlwürmern gucken sollen, da so bei den Mehlwürmern, die sich ausschließlich von Styropor ernähren, die Werte verfälscht sein könnten, da es vorkam, dass plötzlich Mehlwürmer, -puppen oder -käfer nicht mehr auffindbar waren oder nur noch halbe Tote in den Behältern lagen. Dies war zwar auch bei den anderen Würmern der Fall, jedoch wurden diese auch mit mehr als NUR Styropor gefüttert, diese „kleine Zusatznahrung“ also nicht zu großen Verfälschungen führen dürfte. Dies bedeutet jedoch auch, dass manchmal Mehlwürmer noch etwas anderes als NUR Styropor gegessen haben. Im letzten Versuch haben wir diesen Fehlerfaktor jedoch versucht zu vermeiden, indem wir möglichst wenige Mehlkäferlarven für jeden Versuch verwendet haben, sodass es weniger Tote und damit weniger Möglichkeiten für die Tiere sie zu fressen gab. Jedoch war es uns, wegen des Unterrichts und anderer Aktivitäten nicht häufig möglich außerhalb des Unterrichts Messungen vorzunehmen, da diese wegen ihrer Genauigkeit viel Zeit in Anspruch nehmen.
3. Für genauere Ergebnisse hätte man zunächst, wie schon in Punkt 1. beschrieben, eine konstante Temperatur einhalten und noch mehr Versuche/Versuchsreihen durchführen müssen. Bei einer konstanten Temperatur hätte man auch besser das Wachstum bzw. die verschiedenen Stadien der Mehlwürmer miteinander vergleichen können und so noch besser herausfinden können, ob den Mehlwürmern, die NUR Styropor als Nahrung haben, irgendwas gefehlt hat oder, ob sie in ihrer Entwicklung verlangsamt wurden.
4. Hätte man den Versuch noch länger weitergeführt, hätte man auch versuchen können herauszufinden, ob die Ernährung, die NUR aus Styropor bestand, die Fortpflanzung der Tiere beeinflusst, oder bei den Mehlwürmern, die Apfel und Styropor als Nahrung haben, ob Styropor dem Lebewesen so, aber auch in Hinsicht auf ihre Fortpflanzung schadet, auch wenn sie sich nicht ausschließlich davon ernährt haben. Wir haben uns zunächst nur auf die Larvenphase beschränkt.
5. Die verschiedene Entwicklung der Tiere könnte auch einen anderen Grund haben, der nichts mit unseren Versuchen zu tun hat und zwar könnte der Unterschied davon kommen, dass die Mehlwürmer beim Kauf bereits aus Zufall unterschiedlich weit entwickelt bzw. unterschiedlich alt waren. Man könnte diese Fehlerquelle ausschließen, indem man zunächst aus gekauften Mehlwürmer selber neue züchtet und dann darauf achtet, dass die Mehlwürmer die man für die Versuche verwendet und später also miteinander vergleicht das gleiche Alter haben bzw. sich in der gleichen Entwicklungsstufe befinden.

3.2 Ausblick

Eine Fortsetzung und Erweiterung der Versuche wäre sinnvoll, da man in den Versuchen nochmal die in 3.1 genannten Kritikpunkte miteinbauen bzw. verbessern könnte, um bessere bzw. genauere Ergebnisse zu bekommen.

Unsere Erkenntnisse zum Abbau von Styropor in der Hausisolation tragen wir im Wettbewerb vor. Es sieht so aus, als führen die tiefen Wintertemperaturen zu einer Entwicklungsverzögerung der Larven, sie überleben aber in der Isolation auch -15 °C, bleiben beweglich und fressen sich in die Wärmedämmung.

Interessant wäre eine Ausdehnung der Untersuchungen auf den „Styroporkot“ der Würmer: Ist dieser sorglos in die Umwelt zu entlassen? Diese Frage wurde bereits von Weimin Wu und seinem Team von der Stanford University in Kalifornien untersucht und beantwortet, welche herausfand, dass der „Styroporkot“ biologisch abbaubar ist.

Für den Abbau von Styropor von Interesse wäre der Versuch, eventuelle Darmbakterien der Mehlwurmlarve zu isolieren und zu untersuchen, ob sie außerhalb des Mehlwurmkörpers auch Styropor abbauen.

3.3 Persönliche Erkenntnisse

Wir haben erfahren, dass es sehr viel Fleiß und Disziplin benötigt, um Versuche durchzuführen und dass man dafür auch außerhalb der Schulzeit viel Zeit aufwenden muss, damit man saubere Ergebnisse bekommt. Andererseits haben wir aber auch durch den Kontakt mit Weimin Wu, der die Studie, durch die wir auf das Thema aufmerksam geworden sind, durchgeführt hat, gelernt, dass auch große Forscher sehr viel Zeit und Fleiß für Forschungen aufbringen, die sie dazu jedoch natürlich haben, da dies ihr Hauptberuf ist. Uns ist auch klargeworden, dass man ziemlich oft Versuche oder ganze Versuchsreihen wiederholen muss, um sichere Ergebnisse zu bekommen und dass es sehr viele Fehlerquellen gibt, die berücksichtigt und vermieden werden müssen. Auch die Auswertung von Beobachtungen und das schriftliche Ausarbeiten dieser Ergebnisse haben wir uns einfacher und nicht so zeitaufwändig vorgestellt.

4.1 Quellen:

<http://www.toohm.com/mehlwurmer-zchten/> 17.11.2015 14.01.2017

<http://statics.exclusiveone.com/exone/Gewaechshaus-Zimmergewaechshaus-38x25x19cm-mit-lueftbarer-Abdeckhaube-Treibhaus-Anzucht-Au-536791488.jpg> 14.01.2017 04.01.2017

<https://www.wer-entsorgt-was.de/entsorgungstipps/abfall/Styropor.html> 24.06.2016

http://www.futtertiere-futterinsekten.de/images/mehlwuermer_neu_gross_2.jpg 20.10.2016

<http://www.spektrum.de/news/mehlwuermer-verdauen-styropor/1368822> 10.01.2016

Dr. Arnold Willmes: Taschenbuch Chemische Substanzen, 3.Auflage, 2007, Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH, Frankfurt am Main

Jiri Zahradnik: Käfer Mittel- und Nordwesteuropas. Ein Bestimmungsbuch für Biologen und Naturfreunde, Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin 1985

Monika Köckeritz: Mehlwürmer züchten und nutzen, Books on Demand, 17. Februar 2015, ISBN 3-734-73682-X

Ingrid von Brandt: Insekten & Schmetterlinge, Gräfe und Unzer Verlag GmbH, 3. Juli 2012

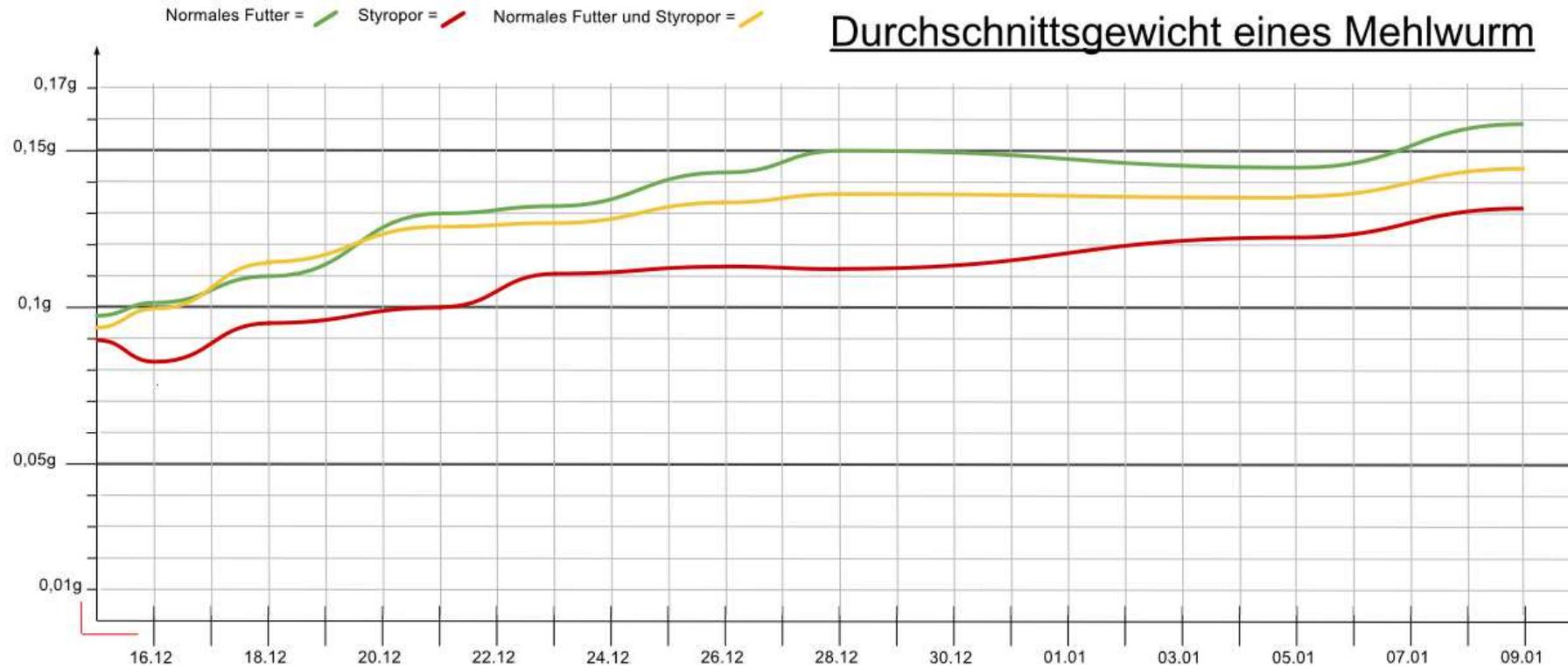
Siegfried Rietschel: Insekten, BLV Buchverlag, 1.Auflage, Juli 2008

Heiko Bellmann: Welches Insekt ist das?, Franckh Kosmos Verlag, 1.Auflage, 4. Februar 2014

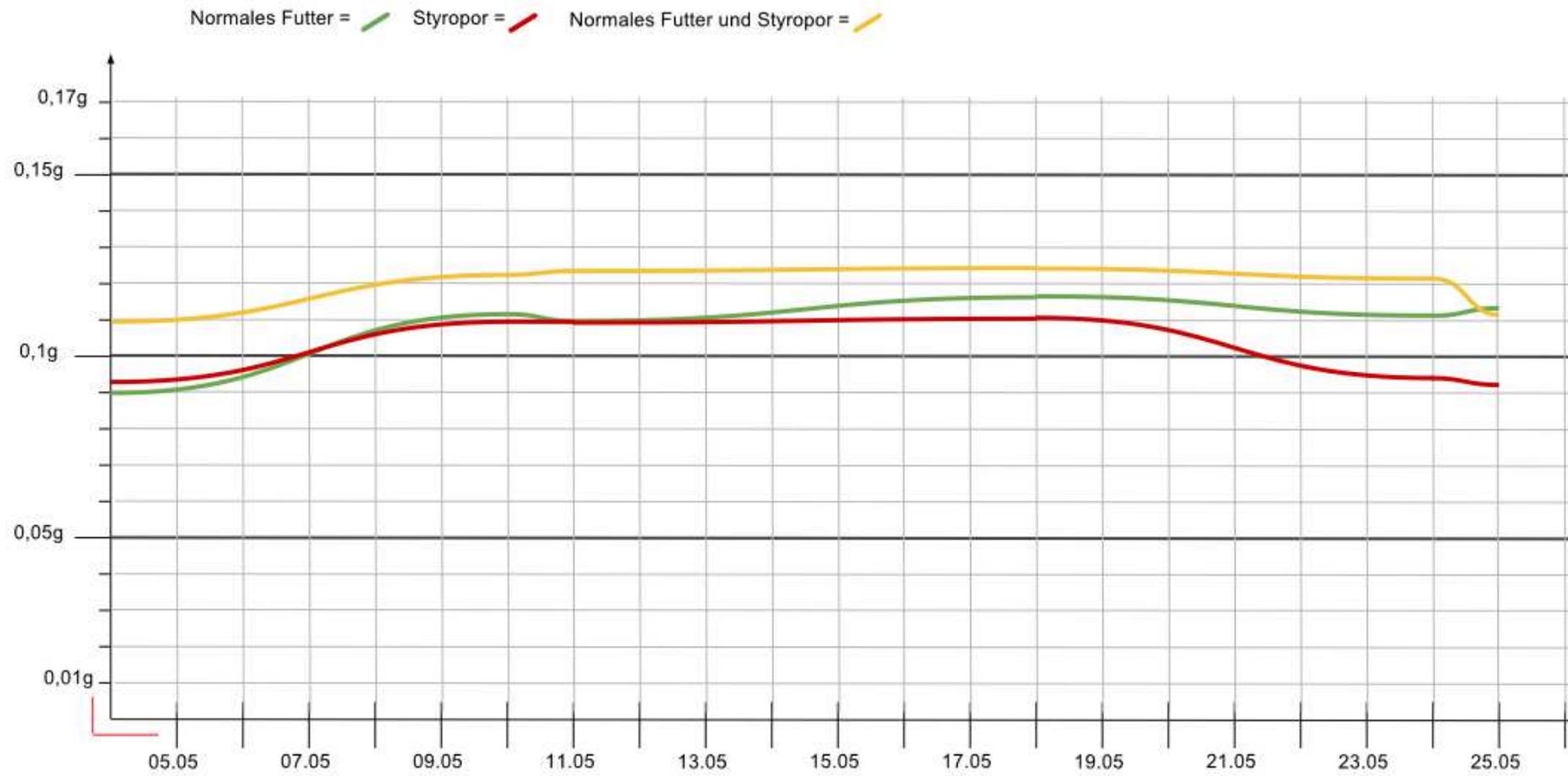
Brehms Neue Tierenzyklopädie: Wirbellose 1; Band 11

4.2 Graphen zu den Messergebnissen

2. Versuch



3. Versuch



4.3 Wertetabellen

2.Versuch

Behälter 15.12.15	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Möhre	Möhre dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	20	/	/	/	2,28g	0,11g	1,99g	/	/	/
2	20	/	/	/	1,67g	0,08g	1,67g	/	/	/
3	20	/	/	/	2g	0,1g	/	/	0,09g	/
4	20	/	/	/	1,62g	0,8g	/	/	0,11g	/
5	20	/	/	/	1,55g	0,08g	1,74g	/	0,07g	/
6	21	/	/	/	2,28g	0,1g	2g	/	0,09g	/

Behälter 16.12.15	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Möhre	Möhre dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	20	/	/	/	2,41g	0,12g	1,45g	/	/	/
2	19	/	/	1	1,92g	0,10g	1,12g	/	/	/
3	18	/	/	2	1,8g	0,10g	/	/	0,08g	/
4	19	/	/	1	1,54g	0,10g	/	/	0,1g	/
5	20	/	/	/	1,8g	0,08g	0,89g	/	0,06g	/
6	21	/	/	/	2,58g	0,12g	1g	/	0,09g	/

Behälter 18.12.15	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Möhre	Hirse dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	20	/	/	/	2,27g	0,13g	1,3g	1,6g	/	/
2	19	/	/	/	2,34g	0,14g	0,29g	1,65g	/	/
3	14	/	/	4	1,49g	0,12g	/	/	0,07g	/
4	16	/	/	3	1,36g	0,10g	/	/	0,08g	/
5	19	/	/	1	2,02g	0,12g	0,035g	1,65g	0,04g	/
6	20	/	/	1	2,6g	0,14g	0,14g	1,63g	0,07g	/

Behälter 21.12.15	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Möhre	Möhre dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	14	/	/	6	1,84g	0,13g	1,24g raus	2,6g	/	/
2	15	/	/	4	1,95g	0,13g	0,11g raus	2,77g	/	/
3	13	/	/	1	1,5g	0,12g	/	/	0,05g	0,13g
4	15	/	/	1	1,41g	0,09g	/	/	0,09g	0,13g
5	16	/	/	3	1,89g	0,12g	/	3,19g	0,06g	0,12g
6	18	/	/	2	2,47g	0,14g	/	3,23g	0,05g	0,13g

Behälter 23.12.15	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Möhre	Möhre dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	11	1	/	2	1,47g	0,13g	2,29g	/	/	/
2	13	/	/	2	1,84g	0,14g	2,19g	/	/	/
3	12	/	/	1	1,43g	0,12g	/	/	0,11g	/
4	13	/	/	2	1,33g	0,10g	/	/	0,14g	/
5	16	/	/	3,5	1,85g	0,12g	2,21g	/	0,11g	/
6	18	/	/	0,5	2,48g	0,14g	2,06g	/	0,115g	/

Behälter 26.12.15	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Möhre	Möhre dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	10	1	/	3 raus	1,41g	0,14g	1,4g raus	1,59g	/	/
2	13	/	/	2 raus	1,88g	0,14g	1,21g raus	1,7g	/	/
3	11	/	/	/	1,34g	0,12g	/	/	0,11g	/
4	13	/	/	/	1,34g	0,10g	/	/	0,1g	/
5	14	/	/	3	1,76g	0,13g	0,75g raus	1,84g	0,09g	/
6	17	/	/	0,5	2,37g	0,14g	0,77g raus	1,3g	0,11g	/

Behälter 28.12.15	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Möhre	Paprika dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	9	1	/	1 raus	1,42g	0,16g	0,99g raus	1,6g	/	/
2	13	/	/	/	1,88g	0,14g	1g raus	1,68g	/	/
3	11	/	/	/	1,34g	0,12g	/	/	0,07g	/
4	13	/	/	/	1,33g	0,10g	/	/	0,1g	/
5	14	/	/	/	1,81g	0,13g	1,13g raus	1,98g	0,09g	/
6	16	/	/	1	2,28g	0,14g	0,68g raus	2,13g	0,11g	/

Behälter 03.01.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Paprika	Paprika dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	9	1	/	/	1,39g	0,15g	0,06g raus	1,78g	/	/
2	12	/	/	0,75 raus	1,67g	0,14g	0,01g raus	1,58g	/	/
3	9	/	/	/	1,16g	0,13g	/	/	0,09g	/
4	8	/	/	3,5 raus	0,91g	0,11g	/	/	0,13g	/
5	12	/	/	1 raus	1,59g	0,13g	0,05g raus	1,8g	0,11g	/
6	16	/	/	1	2,2g	0,14g	0,09g raus	1,98g	0,11g	/

Behälter 09.01.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Paprika	Möhre dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	5	1	/	4 raus	0,98g	0,196g	0,49g raus	2,4g	/	/
2	12	/	/	/	1,73g	0,14g	0,46g raus	2,92g	/	/
3	8	/	/	1 raus	1,17g	0,14g	/	/	0,09g	/
4	6	/	/	2 raus	0,67g	0,11g	/	/	0,125g	/
5	12	/	/	/	1,63g	0,14g	0,62g raus	2,86g	0,1g	/
6	13	1	/	1,5	1,98g	0,15g	0,76g raus	3g	0,115g	/

Behälter 27.01.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Möhre	Möhre dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	/	/	1	/	0,89g	0,89g	1,04g	1,03g	/	/
2	3	/	/	/	1,28g		1,53g	1,14g	/	/
3	/	/	/	3	0,49g		/	/	0,14g	0,18g
4	/	/	/	4	0,14g		/	/	0,21g	0,14g
5	/	1	/	/	1,5g	1,5g	1,75g	2g	0,07g	0,15g
6	/	1	/	/	1,51g	1,51g	2,12g	1,76g	0,14g	0,15g

3. Versuch 1.-3. Gewächshaus

Behälter 04.05.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel/Möhre	Apfel/Möhre dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	5	/	/	/	0,45g	0,09g	2,1g	/	0,14g	/
2	5	/	/	/	0,56g	0,112g	2,23g	/	0,14g	/
3	5	/	/	/	0,45g	0,09g	/	/	0,29g	/
4	5	/	/	/	0,49g	0,098g	/	/	0,24g	/
5	5	/	/	/	0,46g	0,092g	3,05g	/	/	/
6	5	/	/	/	0,44g	0,088g	2,95g	/	/	/

Behälter 10.05.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel/Möhre	Apfel/Möhre dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	2	3	/	/	0,58g	0,166g	1,62g	/	0,13g	/
2	5	/	/	/	0,64g	0,128g	0,97g	/	0,13g	/
3	5	/	/	/	0,49g	0,098g	/	/	0,28g	/
4	5	/	/	/	0,52g	0,104g	/	/	0,22g	/
5	4	/	/	1	0,47g	0,118g	2,18g	/	/	/
6	5	/	/	/	0,55g	0,11g	2,05g	/	/	/

Behälter 11.05.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel	Apfel dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	1	4	/	/	0,59g	0,148g	1,59g	2,07g	0,12g	/
2	5	/	/	/	0,63g	0,126g	0,89g	2,22g	0,13g	/
3	5	/	/	/	0,49g	0,098g	/	/	0,28g	/
4	4	1	/	/	0,51g	0,102g	/	/	0,22g	/
5	4	/	/	1	0,47g	0,094g	2,02g	2,19g	/	/
6	5	/	/	/	0,54g	0,108g	1,95g	2,05g	/	/

Behälter 18.05.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel	Apfel dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	1	2	/	2	0,39g	0,078g	1,08g	2,07g	0,12g	/
2	2	3	/	/	0,61g	0,122g	1,49g	2,24g	0,13g	/
3	5	/	/	/	0,49g	0,098g	/	/	0,26g	/
4	2	2	/	/	0,5g	0,125g	/	/	0,22g	/
5	3	1	/	/	0,52g	0,13g	0,12g	2,19g	/	/
6	2	3	/	/	0,54g	0,108g	0,44g	2,1g	/	/

Behälter 24.05.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel	Apfel dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	/	1	2	/	0,38g	0,126g	0,38g	2,08g	0,11g	/
2	1	3	1	/	0,59g	0,118g	0,38g	2,24g	0,12g	/
3	3	2	/	/	0,47g	0,094g	/	/	0,25g	/
4	1	2	1	1	0,39g	0,078g	/	/	0,21g	/
5	3	/	1	/	0,53g	0,133g	0,26g	2,19g	/	/
6	1	1	3	/	0,48g	0,096g	0,3g	2,1g	/	/

Behälter 25.05.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel	Apfel dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	/	1	2	/	0,3g	0,1g	1,88g	2,12g	0,065g	/
2	1	3	1	/	0,58g	0,116g	1,62g	2,23g	0,11g	/
3	2	3	/	/	0,46g	0,092g	/	/	0,24g	/
4	1	2	1	/	0,38g	0,095g	/	/	0,21g	/
5	3	/	1	/	0,52g	0,13g	1,1g	2,19g	/	/
6	1	1	3	/	0,51g	0,102g	1,34g	2,11g	/	/

Behälter 31.05.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel	Apfel dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	/	/	1	2	0,09g	0,09g	0,75g	2,13g	0,1g	/
2	1	1	3	/	0,53g	0,106g	0,49g	2,24g	0,08g	/
3	2	2	1	/	0,42g	0,084g	/	/	0,24g	/
4	1	1	2	/	0,35g	0,088g	/	/	0,2g	/
5	3	/	1	/	0,52g	0,13g	0,34g	2,19g	/	/
6	1	/	3	1	0,4g	0,08g	0,36g	2,11g	/	/

Behälter 01.06.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel	Apfel dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	/	/	1	/	0,1g	0,1g	1,74g	2,12g	0,1g	/
2	1	/	3		0,45g	0,09g	1,52g	2,23g	0,07g	/
3	2	2	1	/	0,42g	0,084g	/	/	0,22g	/
4	1	1	2	/	0,37g	0,093g	/	/	0,2g	/
5	3	/	1	/	0,53g	0,133g	1,57g	2,19g	/	/
6	1	/	3	/	0,42g	0,105g	1,31g	2,1g	/	/

Behälter 07.06.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel	Apfel dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	/	/	1	/	0,09g	0,09g	0,49g	2,12g	0,1g	/
2	1	/	3	/	0,41g	0,103g	0,3g	2,23g	0,04g	/
3	2	/	2	1	0,37g	0,074g	/	/	0,22g	/
4	/	/	3	1	0,28g	0,07g	/	/	0,19g	/
5	3	/	1	/	0,52g	0,13g	0,28g	2,19g	/	/
6	1	/	3	/	0,41g	0,103g	0,22g	2,1g	/	/

Behälter 14.06.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel	Apfel dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	/	/	1	/	0,08g	0,08g	0,46g	2,12g	0,09g	/
2	1	/	3	/	0,42g	0,105g	0,34g	2,32g	0,01g	/
3	2	/	2	/	0,34g	0,085g	/	/	0,21g	/
4	/	/	2	/	0,18g	0,09g	/	/	0,19g	/
5	3	/	1	/	0,48g	0,12g	0,41g	2,18g	/	/
6	1	/	3	/	0,38g	0,095g	0,37g	2,1g	/	/

Behälter 19.06.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Apfel	Apfel dazu	Gewicht Styropor	Styropor dazu
1	/	/	1	/	0,08g	0,08g	0,42g	2,12g	0,07g	/
2	/	1	3	/	0,4g	0,1g	0,36g	2,32g	0,01g	/
3	2	/	2	/	0,33g	0,0825g	/	/	0,19g	/
4	/	/	2	/	0,18g	0,09g	/	/	0,17g	/
5	1	2	1	/	0,48g	0,12g	0,31g	2,19g	/	/
6	/	1	3	/	0,38g	0,095g	0,34g	2,1g	/	/

3. Versuch

4. Gewächshaus

Behälter	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Styropor	Styropor dazu
04.05.16								
1. Platte	5	/	/	/	0,44g	0,088g	1,71g	/
2. zerbröselte	5	/	/	/	0,47g	0,094g	0,42g	/

Behälter	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Styropor	Styropor dazu
11.05.16								
1. Platte	4	1	/	/	0,52g	0,104g	1,62g	/
2. zerbröselte	4	1	/	/	0,64g	0,128g	0,29g	/

Behälter	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Styropor	Styropor dazu
18.05.16								
1. Platte	3	2	/	/	0,51g	0,102g	1,62g	/
2. zerbröselte	4	1	/	/	0,61g	0,122g	0,28g	/

Behälter	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Styropor	Styropor dazu
24.05.16								
1. Platte	3	1	1	/	0,48	0,096g	1,62g	/
2. zerbröselte	3	1	1	/	0,58	0,116g	0,27g	/

Behälter 25.05.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Styrpopor	Styropor dazu
1.Platte	3	1	1	/	0,48	0,096g	1,62g	/
2.zerbrösel	3	1	1	/	0,59	0,118g	0,27g	/

Behälter 31.05.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Styrpopor	Styropor dazu
1.Platte	3	/	1	/	0,41g	0,103g	1,57g	/
2.zerbrösel	3	1	1	/	0,52g	0,104g	0,27g	/

Behälter 04.05.16	Anzahl Würmer	Anzahl Puppen	Anzahl Käfer	Anzahl Tote	Gewicht Würmer	Ø-Gewicht Wurm	Gewicht Styrpopor	Styropor dazu
1.Platte	3	/	1	/	0,4	0,1g	1,565g	/
2.zerbrösel	3	1	1	/	0,54	0,108g	0,26g	/

4.4 Bilder







4.5. Korrespondenz mit Herrn Wei-Min Wu

From: Julia Wickert

Sent: Wednesday, February 3, 2016 12:19 AM

To: Wei-Min Wu

Subject: A question regarding your studies about mealworms

Hello,

we are a team of students in a high school located in NRW, Germany. We are currently working on a project for Jugend Forscht, which is a German youth science competition, and are wondering if we could receive more detailed info about your studies regarding mealworms being able to live off of styrofoam. We will enter the competition this year around October and have already done research and some experiments, but another point of view about the studies would help a lot.

Of course you will be credited in all of our work and we completely understand if you do not want to share any more info.

Thank you for your time,

the students in grade 9

Gesendet: Montag, 08. Februar 2016 um 19:35 Uhr

Von: "Wei-Min Wu" billwu@stanford.edu

An: "Julia Wickert"

Betreff: Re: A question regarding your studies about mealworms

Dear Julia Wickert and team members,

I am happy that your team to join the research on plastic degradation. Here I attach three our papers on plastic degradation by pest worms. You can easily find mealworms in Germany and test them for PS as well as other plastics. Currently, many US K-12 are working on this after we published our papers.

I would like to see your achievement. Please send me pictures and report.

With success!

Beste regards!

Wei-Min Wu, Ph.D, PE

Senior Researcher, Stanford University

From: Julia Wickert

Sent: Wednesday, March 9, 2016 12:13 AM

To: Wei-Min Wu

Subject:

Dear Wei-Min Wu,

You asked us to report our progress and achievements. We sadly haven't been working a lot in the last few days because most of our team members left for an exchange program to England, but our first experiment regarding mealworms eating styrofoam is nearly finished. We are currently evaluating the results and thinking about a second experiment to prove our results and get more accurate ones. Sadly, our school doesn't have a lot of equipment regarding science, but we're trying our best to answer all the questions we have. We've also found out that most houses use styrofoam as isolation and are now asking ourselves if mealworms could possibly eat into the styrofoam of houses and destroy the isolation. We will try to send you a few pictures of our experiments in a few days.

Your papers have helped us a lot and gave us more ideas regarding our experiment, so thank you a lot for those!

Best regards,

Julia Wickert and team members

Gesendet: Mittwoch, 09. März 2016 um 20:28 Uhr

Von: "Wei-Min Wu" billwu@stanford.edu

An: "Julia Wickert"

Betreff: Re:

Dear Julia Wickert ,

Thank you very much for the update.

The simplest way to show biodegradation or digestion of Styrofoam by mealworms is to show that the weight of Styrofoam ingested is greater than the weight of fecula egested by mealworms.

Mealworms are pest larvae. Of course, they could damage isolation materials if they invaded isolation zone. In general, it rarely happens because mealworms need other nutrients for growth but an isolation material does not have.

With success.

Weimin Wu

Danksagung

Wir danken unserem Betreuer, STD Bernhard Osterwind, für seine tatkräftige Unterstützung und jederzeitige Ansprechbarkeit; Hermine Steinhagen, Virginia Weidemann und Julia Wickert für ihre Hilfe bei den Versuchen; dem Helmholtz-Gymnasium für das Bereitstellen ihrer Räumlichkeiten und Geräte für unsere Versuche; Ph.D Weimin Wu und seinem Team von der Stanford University, Kalifornien, für seine motivierenden Emails und die Veröffentlichung seiner spannenden Arbeit.