

Ausgabe

02/24

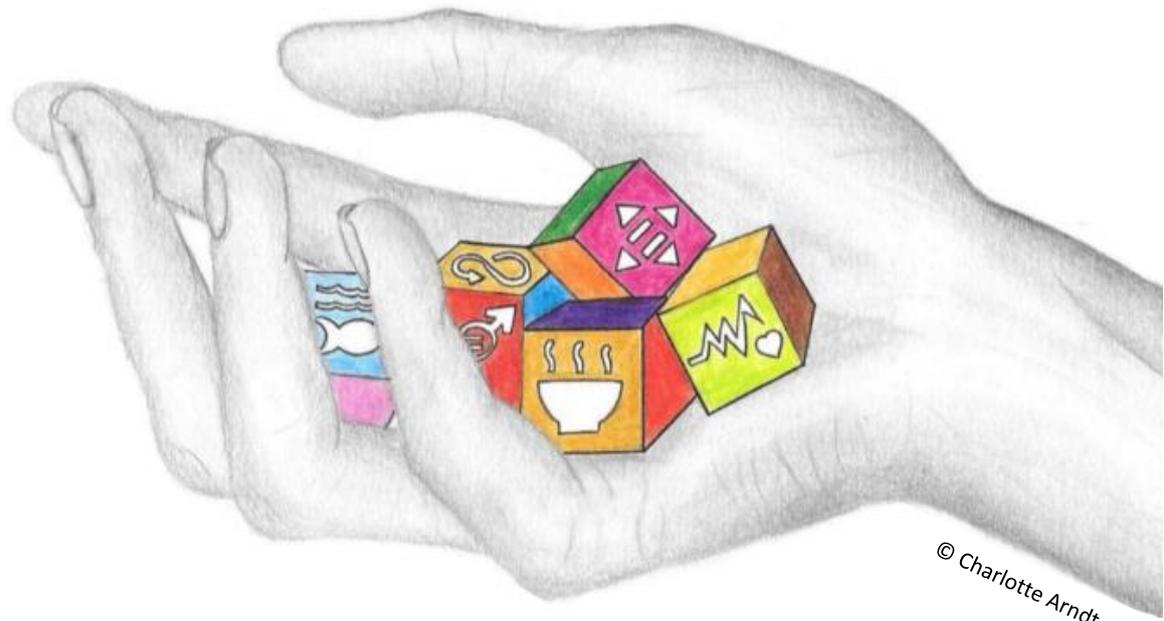
Nummer/Jahr

LdVC Science

Das LdVC Science-Journal

Wissenschaftsberichte
Meinungen
Forschung
Berufsorientierung

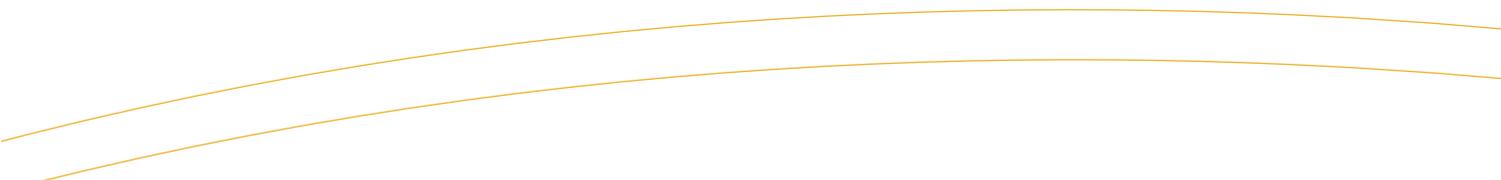
M
I
N
T
-
P
r
o
f
i
l



© Charlotte Arndt

Nachhaltigkeitsziele – vom Wissen zum Handeln

Editorial



Der Klimawandel ist allgegenwärtig und wird trotzdem weiterhin von vielen ignoriert, wenn auch nicht unbedingt geleugnet. Obwohl wir seit Jahrzehnten wissen, was die Konsequenzen des anthropogenen Klimawandels sein werden, kommen wir vom Wissen nicht zum Handeln. Trotz offensichtlichem Verfehlen des 2-Grad-Ziels und obwohl wir uns der Folgen dieses Scheiterns bewusst sind, tun wir zu wenig. Tiere leben im Jetzt – sie denken nicht an das, was in Zukunft geschehen könnte. Der Mensch scheint sich offensichtlich in dieser Lebensweise kaum von Tieren zu unterscheiden – schade. Wenn es uns gelingt, vom momentan so stark wie selten zuvor geprägten egoistischem Denken wegzukommen und wir aufhören, alles (selbst persönliche Erfolge) primär an materiellen Dingen festzumachen (ohne Rücksicht auf alles), ist ein Wandel durchaus denkbar. Die 17 Nachhaltigkeitsziele, formuliert durch die Vereinten Nationen, versuchen aufzuzeigen, was ein friedliches, für alle ausgewogenes Leben ausmacht. Dazu gehören gute Bildung, Bekämpfung von Armut, Erhaltung unserer Ökosysteme und soziale Gerechtigkeit für alle und überall. Es klingt eigentlich alles so einfach.

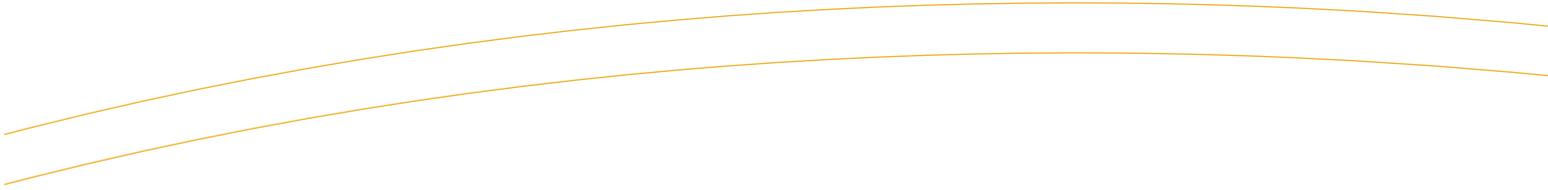
MD

„Es wird immer wieder die Frage gestellt, inwieweit chaotische Systeme wie das Klima auf menschliche Einflüsse reagieren und ob sie überhaupt berechnet werden können. Am besten vergleicht man den Einfluss des Menschen auf das Klima mit einem gezinkten Würfel“.

(Mojib Latif)

Coverzeichnung von *Charlotte Arndt*: Vom Wissen zum Handeln

Inhalt



Wissenschaftsberichte

Bezahlbare und saubere Energie: Ein Weg zu SDG 7	1
SDG 14: Leben unter Wasser	5
SDG 5 – Gleichstellung der Geschlechter	7

Meinungen

Vor- und Nachteile der Solarenergie	9
-------------------------------------	---

Forschung

Negative Einflüsse des Klimawandels auf verschiedene Zelltypen	10
Die Wirkung von Diclofenac-Natrium auf die Populationsdichte von <i>Paramecium caudatum</i>	22

Berufsorientierung

Mein Traumberuf	45
-----------------	----

Bezahlbare und saubere Energie: Ein Weg zu **SDG 7**

Die Vision der Vereinten Nationen ist klar definiert: Bis zum Jahr 2030 soll jeder Mensch auf der Welt Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher und moderner Energie haben. Diese Ambition ist Teil des nachhaltigen Entwicklungsziels 7 (SDG 7), das nicht nur den Ausbau erneuerbarer Energien, sondern auch eine Verdopplung der weltweiten Energieeffizienz und verstärkte internationale Kooperationen vorsieht. Doch wie steht es um die Umsetzung dieses ehrgeizigen Ziels?

Fortschritte und Herausforderungen

Trotz einiger Fortschritte ist die Lage noch nicht zufriedenstellend. Laut aktuellen Schätzungen werden bis 2030 immer noch rund 660 Millionen Menschen keinen Zugang zu elektrischer Energie haben. Besonders alarmierend ist, dass fast zwei Milliarden Menschen weiterhin auf umweltschädliche und gesundheitsgefährdende Systeme angewiesen sein könnten. Besonders betroffen sind die am wenigsten entwickelten Länder und Subsahara-Afrika. Obwohl erneuerbare Energien ein Schlüssel zur Lösung dieses Problems sind, ist die internationale Unterstützung für ihren Ausbau in Entwicklungsländern in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Im Jahr 2021 wurden beispielsweise 11 Prozent weniger Fördermittel bereitgestellt als im Vorjahr und sogar 35 Prozent weniger als im Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2019.

Die Welt sah sich auch mit neuen Herausforderungen konfrontiert, wie dem Angriff Russlands auf die Ukraine und den daraus resultierenden unsicheren wirtschaftlichen Bedingungen. Diese Ereignisse führten zu

erheblichen Schwankungen bei den Energiepreisen, insbesondere einem drastischen Anstieg der Erdgaspreise im Jahr 2022. Infolgedessen investieren einige Länder verstärkt in erneuerbare Energien, während andere wieder vermehrt auf fossile Brennstoffe wie Kohle zurückgreifen – eine Entwicklung, die den Übergang zu einer klimaneutralen Gesellschaft gefährdet.

Der Weg nach vorn

Trotz dieser Herausforderungen gibt es auch Hoffnung. Das Potenzial der erneuerbaren Energien ist enorm, wie UN-Generalsekretär António Guterres betont. Die Technologien zur Nutzung von Sonne, Wind, Wasser, Biomasse und Erdwärme können theoretisch tausendfach mehr Energie liefern, als die Weltbevölkerung benötigt. António Guterres ruft dazu auf, Entwicklungsländer verstärkt bei ihrem Übergang zu erneuerbaren Energien zu unterstützen, um einen universellen Zugang zu Energie zu gewährleisten.

Um SDG 7 zu erreichen, bedarf es jedoch konzentrierter Anstrengungen auf globaler Ebene. Der Ausbau erneuerbarer Energien, die Steigerung der Energieeffizienz und Investitionen in moderne Energiesysteme sind dringend erforderlich. Die Digitalisierung bietet dabei neue Möglichkeiten, den Wandel im Energiesektor zu unterstützen, und innovative Technologien müssen weltweit gefördert werden. Dazu gehören unter anderem Smart Grids, virtuelle Kraftwerke und Energiespeicherlösungen, die eine effizientere Nutzung und Verteilung der Energie ermöglichen.

Innovative Technologien für eine nachhaltige Energiezukunft

Smart Grids:

Smart Grids, oder intelligente Stromnetze, sind eine fortschrittliche Form des Energiemanagements, die durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien die Effizienz und Zuverlässigkeit der Stromversorgung verbessern. Diese Systeme integrieren erneuerbare Energiequellen, wie Solar- und Windenergie, effizient in das bestehende Stromnetz und ermöglichen eine flexible Anpassung an schwankende Energiebedarfe. Smart Grids können Echtzeit-Daten über den Energieverbrauch und die Energieerzeugung sammeln und analysieren, um die Energieverteilung zu optimieren und Engpässe zu vermeiden. Dadurch wird nicht nur die Energieeffizienz gesteigert, sondern auch die Stabilität und Zuverlässigkeit des Stromnetzes verbessert.

Virtuelle Kraftwerke:

Virtuelle Kraftwerke (VK) sind Netzwerke dezentraler Energieerzeugungsanlagen, die mittels digitaler Technologien zentral gesteuert werden. Diese Anlagen, die aus erneuerbaren Energiequellen wie Photovoltaik, Windkraft und Biomasse bestehen, werden zu einem virtuellen Kraftwerk zusammengeschlossen und können so gemeinsam wie eine große, flexible Kraftwerksanlage betrieben werden. Virtuelle Kraftwerke können die Erzeugung und den Verbrauch von Energie in Echtzeit ausbalancieren und somit die Stabilität des Stromnetzes unterstützen. Sie ermöglichen es, überschüssige Energie aus erneuerbaren Quellen zu speichern und bei Bedarf wieder ins Netz einzuspeisen, was besonders in Zeiten hoher Nachfrage oder bei geringer Erzeugung erneuerbarer Energien von Vorteil ist.

Energiespeicherlösungen:

Energiespeicherlösungen spielen eine zentrale Rolle bei der Integration erneuerbarer Energien in das Energiesystem. Sie ermöglichen es, überschüssige Energie zu speichern und bei Bedarf wieder abzugeben, wodurch Schwankungen in der Energieerzeugung ausgeglichen werden können. Verschiedene Technologien kommen hierbei zum Einsatz:

- Batteriespeicher:

Sie sind besonders geeignet für kurzfristige Speicherung und schnelle Bereitstellung von Energie. Lithium-Ionen-Batterien sind die am weitesten verbreitete Technologie und werden sowohl in Haushalten als auch in industriellen Anwendungen eingesetzt.

- Pumpspeicherkraftwerke:

Diese nutzen überschüssige Energie, um Wasser in höhere Lagen zu pumpen. Bei Bedarf wird das Wasser abgelassen und treibt dabei Turbinen an, die Strom erzeugen. Diese Methode ist besonders für die langfristige Speicherung großer Energiemengen geeignet.

- Thermische Speicher:

Sie speichern Wärmeenergie, die beispielsweise in solarthermischen Kraftwerken erzeugt wird, und geben sie bei Bedarf zur Stromerzeugung oder direkten Wärmeversorgung ab.

Deutschlands Engagement

Deutschland engagiert sich aktiv für die Umsetzung von SDG 7. Initiativen wie die globale Energiewende und die Förderung erneuerbarer Energien in Entwicklungsländern zeigen, dass gemeinsame Anstrengungen möglich sind.

Die Energiepartnerschaft Energising Development (EnDev) hat bis Ende 2021 weltweit 25,8 Millionen Menschen, 81.700 Unternehmen und 30.900 sozialen Einrichtungen wie Schulen und Gesundheitszentren den Zugang zu Strom oder moderner Energie ermöglicht. Ein weiteres Beispiel ist die Initiative „Grüne Bürgerenergie für Afrika“ (GBE), die nachhaltige Energieversorgung in ländlichen Regionen fördert.

Internationale Zusammenarbeit

Die internationale Zusammenarbeit spielt eine entscheidende Rolle bei der Erreichung von SDG 7. Durch den Austausch von Wissen und Technologien können Länder voneinander lernen und gemeinsam Fortschritte erzielen. Die Förderung von Investitionen in saubere Energie ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Hierzu gehört auch die Unterstützung von Projekten, die den Ausbau von Stromnetzen und die Modernisierung der Infrastruktur in Entwicklungsländern vorantreiben. Die Zusammenarbeit sollte auch die Entwicklung und Verbreitung fortschrittlicher und sauberer Technologien für fossile Brennstoffe umfassen, um den Übergang zu einer nachhaltigen Energiezukunft zu unterstützen.

Lokale und globale Maßnahmen

Um SDG 7 zu erreichen, sind sowohl lokale als auch globale Maßnahmen erforderlich. Auf lokaler Ebene müssen Regierungen und Gemeinden in die Infrastruktur für erneuerbare Energien investieren und Anreize für die Nutzung solcher Technologien schaffen. Bildung und Sensibilisierung der Bevölkerung spielen ebenfalls eine wichtige Rolle, um den Wandel zu einer nachhaltigen Energieversorgung zu fördern.

Auf globaler Ebene ist es entscheidend, dass Länder zusammenarbeiten, um den Zugang zu modernen Energiedienstleistungen zu verbessern.

Dies beinhaltet auch die Unterstützung von Entwicklungsländern durch finanzielle Hilfen, technologische Zusammenarbeit und den Aufbau von Kapazitäten. Initiativen wie das Pariser Abkommen und die verschiedenen internationalen Klimafonds sind Beispiele für Plattformen, die solche Kooperationen ermöglichen.

Technologie und Innovation

Technologische Innovationen sind ein Schlüssel zur Erreichung von SDG 7. Der Einsatz von Smart Grids, die Integration von erneuerbaren Energien in bestehende Stromnetze und die Entwicklung von Energiespeichertechnologien sind entscheidende Schritte, um eine stabile und nachhaltige Energieversorgung zu gewährleisten. Darüber hinaus bieten fortschrittliche Technologien wie Blockchain und das Internet der Dinge (IoT) neue Möglichkeiten für die Verwaltung und Optimierung von Energieressourcen.

Ein weiteres vielversprechendes Feld ist die Entwicklung und Nutzung von grünem Wasserstoff und Power-to-X-Technologien. Diese Technologien können überschüssige erneuerbare Energie in andere Formen von nutzbarer Energie umwandeln und so zur Stabilität und Flexibilität des Energiesystems beitragen. Der Einsatz solcher Technologien kann insbesondere in Industrien und Sektoren von Vorteil sein, die schwer zu dekarbonisieren sind.

Bildung und Bewusstsein

Neben technischen und politischen Maßnahmen ist auch die Bildung der Bevölkerung von großer Bedeutung. Menschen müssen verstehen, warum der Übergang zu erneuerbaren Energien wichtig ist und wie sie selbst einen Beitrag leisten können. Bildungskampagnen und Programme zur Sensibilisierung können dazu beitragen, das Bewusstsein für die Vorteile einer nachhaltigen Energieversorgung zu schärfen und Verhaltensänderungen zu fördern.

Die Rolle der Privatwirtschaft

Auch die Privatwirtschaft spielt eine entscheidende Rolle bei der Erreichung von SDG 7. Unternehmen können durch Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienzmaßnahmen nicht nur ihre eigenen CO₂-Emissionen reduzieren, sondern auch Innovationen und neue Geschäftsmodelle fördern, die zur Nachhaltigkeit beitragen. Kooperationen zwischen privaten Unternehmen und öffentlichen Institutionen können zudem Synergien schaffen und den Übergang zu einer nachhaltigen Energiezukunft beschleunigen.

Fazit

Der Kampf um eine saubere und bezahlbare Energieversorgung ist ein globales Anliegen, das entschlossenes Handeln erfordert. Nur durch gemeinsame Anstrengungen und ein klares Bekenntnis zu nachhaltigen Lösungen können wir sicherstellen, dass jeder Mensch Zugang zu moderner Energie hat und wir die Klimaziele erreichen. Die Zeit drängt, und es liegt an uns allen, die notwendigen Schritte zu unternehmen, um eine nachhaltige Energiezukunft zu sichern.

Quelle: <https://unric.org/de/17ziele/>

SDG 14: Leben unter Wasser

Die Sustainable Development Goals (SDG) sollen das Leben für alle Menschen auf der Welt verbessern. Es gibt insgesamt 17 Ziele für die nachhaltige Entwicklung. In diesem Artikel werde ich über das SDG 14: „Leben unter Wasser“ berichten und informieren.



Was wollen wir eigentlich mit dem SDG 14 erreichen?

Es ist geplant, die Verschmutzung und Vermüllung der Meere durch Kunststoff erheblich zu verringern. Darüber hinaus sollen Meeres- und Küstenökosysteme mit einer hohen Artenvielfalt nachhaltig verwaltet, geschützt und wiederhergestellt werden. Es ist das Ziel, die Versauerung der Ozeane möglichst zu reduzieren. Außerdem wird eine nachhaltige Bewirtschaftung der Fischbestände angestrebt. Die Überfischung, illegale, unregulierte und ungemeldete Fischerei sowie zerstörerische Fischereipraktiken sollen eingestellt werden. Es ist vorgesehen, dass mindestens 10 % der Ozeane als Meeresschutzgebiete bezeichnet und besser gepflegt werden. Subventionen, die die illegale, unregulierte und ungemeldete Fischerei, die Überkapazität und die Überfischung unterstützen, sollen aufgehoben werden. Insbesondere für kleine Inselstaaten und am wenigsten entwickelte Länder soll die nachhaltige Nutzung von Meeren und Küsten wirtschaftliche Vorteile bringen.

Und es ist beabsichtigt, das wissenschaftliche Wissen und die Forschungskapazitäten zu erweitern, um den Technologietransfer zu gewährleisten.

Zahlen und Fakten

Die Weltmeere machen 70% unserer Erde aus. Acht Prozent der Meere der Welt werden geschützt. Im Zeitraum von 2013 bis 2021 wurden durchschnittlich 1,1% des nationalen Forschungsbudgets für die Meeresforschung verwendet. Seit der vorindustriellen Epoche hat sich die Versauerung der Ozeane durch den weltweit erzeugten Kohlendioxidanteil um 30% erhöht. Fast 500 Millionen Menschen sind zumindest zum Teil von der handwerklichen Fischerei abhängig. Im Jahr 2019 waren mehr als ein Drittel der Fischbestände überfischt.

Wo stehen wir?

In den letzten Jahren hat sich die Vernichtung der Meere - des größten Ökosystems der Erde - nicht verlangsamt. Die Ozeane stehen vor der Gefahr einer steigenden Versauerung, einer Abnahme der Fischbestände und einer wachsenden Verschmutzung durch Plastik. Eine übermäßige Aufnahme von Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor aus der Landwirtschaft führt auch

zu einem gesteigerten Algenwachstum, was zu einem Mangel an Sauerstoff und einem Rückgang der Artenvielfalt in den Meeren führt. Bei der Erweiterung von Meeresschutzgebieten und der Bekämpfung der illegalen und unregulierten Fischerei wurden in den letzten Jahren zwar einige Fortschritte gemacht. Trotz alledem sind gemäß der Vereinten Nationen „dringende und koordinierte globale Maßnahmen“ erforderlich, um weitere Fortschritte bei SDG 14 zu erzielen.

Müllansammlung

Der „Große Pazifische Müllteppich“ hat eine Fläche von schätzungsweise 1,6 Millionen Quadratkilometern, was ihn dreimal so groß macht wie Frankreich. Laut The Ocean Cleanup soll der Müllteppich aus über 1,8 Billionen Kunststoffteilen bestehen, die insgesamt etwa 80.000 Tonnen wiegen.

Was müssen wir tun?

Unser Überleben wird durch gesunde Meere und Küsten gesichert, die den Lebensunterhalt vieler Menschen bieten. Wir können die zahlreichen Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dem Schutz und der nachhaltigen Nutzung der Meere nur bewältigen, wenn wir grenzüberschreitende und sektorübergreifende Maßnahmen verstärken. Bis zum Jahr 2030 müssen wir mindestens 30 % der Meeresfläche gerecht und wirksam beschützen. Wir brauchen eine Wiederherstellung der Fischbestände und deren dauerhafte Nutzung. Laut Schätzungen der Weltbank gehen durch Überfischung jährlich 83 Mrd. US-Dollar an potenziellen Einnahmen verloren. Wir brauchen eine Stärkung der Fischereiverwaltung, -kontrolle und -überwachung, um die illegale, unregulierte und undokumentierte Fischerei zu bekämpfen. Wir brauchen eine stärkere Kooperation zwischen der Meeresforschung und einer nachhaltigen Meerespolitik.

Die Jahre 2021–2030 wurden daher von den Vereinten Nationen als Dekade der Ozeanforschung für nachhaltige Entwicklung bezeichnet. Für das „Leben unter Wasser“ ist eine größere, nachhaltige und innovative Finanzierung erforderlich. Mehr als 150 Milliarden US-Dollar werden jährlich in die Kapazitätsentwicklung, in Maßnahmen zur nachhaltigen Bewirtschaftung und zum Schutz der Meere sowie in die Verbesserung von Rahmenbedingungen investiert.

Das deutsche Engagement für SDG 14

Mehr als 30 Partnerländer unterstützt das BMZ, die Meere besser zu schützen und nachhaltig zu nutzen.

Dafür stärken sie marine naturbasierte Lösungen für den Erhalt der Biodiversität, die Ernährungssicherung und den Klimaschutz und verringern die Meeresvermüllung unserer Partnerländer. Um den Partnerländern eine nachhaltige Meerespolitik zu ermöglichen, setzt sich das BMZ dafür ein, gerechte und effektive Meeresschutzgebiete auszuweisen und die Informationsbasis zu erweitern. Das BMZ unterstützt außerdem eine dauerhafte handwerkliche Fischerei und Aquakultur, die einen Schutz der Meeresressourcen sowie eine nahrhafte Ernährung und ein lokales Einkommen gewährleisten.

Quelle: <https://unric.org/de/17ziele/>

SDG 5 – Gleichstellung der Geschlechter

Das 5. Nachhaltigkeitsziel beschäftigt sich mit der Gleichstellung der Geschlechter. Im Folgenden wurden sieben Fragen an drei verschiedene Personen gestellt, um zu erfahren, ob die verschiedenen Geschlechter heutzutage wirklich gleichgestellt sind.

1. Inwieweit beeinflusst dein Geschlecht deinen Einkauf?
2. Hat dein Geschlecht dich davon abgehalten, deinen Traumjob zu wählen?
3. Wie haben deine Eltern auf die Wahl deines Hobbys reagiert (welches Hobby)?
4. Würdest du von anderen schonmal aufgrund deines Geschlechtes beurteilt (Beruf, Freizeit, Schule, Familie)?
5. Inwieweit hat dein Geschlecht dein äußeres Erscheinungsbild beeinflusst?
6. Wie/welche Rollenbilder wurden dir vermittelt?
7. Inwieweit beeinflussen die Geschlechter deinen Alltag/Familienalltag?

Fragen	Person 1 (Oma aus Freiberg)	Person 2 (Uroma Schrotty)	Person 3 (Jamie)
Inwieweit beeinflusst dein Geschlecht deinen Einkauf (Kleidung, Lebensmittel)?	Sportliches, zweckmäßig Wurde in kein Rollenbild gezwängt	Was ihr steht Was sie nicht gerne anzieht, ist Wolle Früher sehr viele Kleider, nicht von den Eltern vermittelt, selbst entschieden Auf Hosen eher im Rentenalter umgestiegen 50-60 Jahre alt	Meist in Jungs-Abteilung oder Online auch in Jungs-Abteilung Eltern sind nicht begeistert
Hat dein Geschlecht dich davon abgehalten deinen Traumjob zu wählen?	Nein!	Nein, 36 Jahre dabei (Kinderbetreuung) Keine Lehre -> anders Geld verdienen, nicht studiert 2-mal in der Woche zur Schule	Entscheidungen zu treffen? Nein, sie macht ihr Ding egal was andere sagen

Fragen	Person 1 (Oma aus Freiberg)	Person 2 (Uroma Schrotty)	Person 3 (Jamie)
Wie haben deine Eltern auf die Wahl deines Hobbys reagiert (welches Hobby)?	Lesen Eltern geschimpft, weil übertrieben Schwimmen, Fahrrad fahren, basteln	Filme angeschaut (moderne) Keine Hobbys aussuchbar (kurz nach Krieg) Nicht die Möglichkeiten (nicht wirklich finanzierbar)	Lesen Eltern sagen mittlerweile, lies doch mal weniger Kurzzeitig Judo wurde akzeptiert Generell wäre es den Eltern egal
Wurdest du von anderen schonmal aufgrund deines Geschlechtes beurteilt (Beruf, Freizeit, Schule, Familie)?	Nie bewusst untergekommen, wurde alles locker genommen, wurde anerkannt	Sehr zufrieden	Nicht verurteilt Mal gesagt, du benimmst dich nicht wie ein Mädchen, du bist so emotional wie ein Mädchen
Inwieweit hat dein Geschlecht dein äußeres Erscheinungsbild beeinflusst?	Nein, Eltern haben alles akzeptiert	(Meist) Weiblich gekleidet Musste nach Frau aussehen Eigene Entscheidung, sich so zu kleiden (Kleider wurden von Schwiegermutter nach Wunsch genäht)	Gar nicht, macht was sie will
Wie/welche Rollenbilder wurden dir vermittelt?	Nicht direkt angesprochen, wurde viel abgesehen (Oma, Mutter), alles selbstverständlich, jetzt nicht mehr, hat mehr gesehen und übernommen	Mussten zuhause mithelfen, beim Kochen/backen Mutter hat erklärt, wie man backen und kochen muss Handwerkliche Arbeiten wurden auch beigebracht (Mutter hat darauf bestanden)	Wurden indirekt vermittelt Durfte immer ihr eigenes Ding machen Pferdchen und rosarot dann doch eher als Autos
Inwieweit beeinflussen die Geschlechter deinen Alltag/Familienalltag?	Kocht mehr, macht mehr Wäsche, vorwiegend Kinderbetreuung drei Jahre zuhause mit den Kindern (später alles gemeinsam gemacht) größerer Einfluss auf die Kinder	Musste Haushaltsschule besuchen Später arbeiten gehen Haushalt getrennt von arbeitendem Mann (war arbeiten)	Nachts auf den Straßen unwohl und angreifbar Generell im eigenen Körper unwohl fühlen Nicht auf Wortwahl und äußeres Erscheinungsbild/ Verhalten achten

Quelle: <https://unric.org/de/17ziele/>

Vor- und Nachteile der Solarenergie

Die Solarenergie ist teilweise gut, aber es gibt natürlich auch Nachteile.

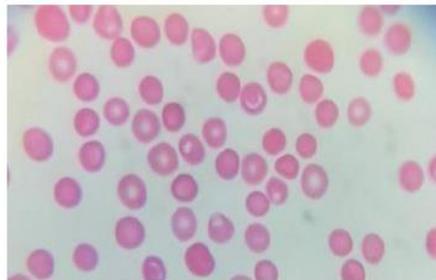
Also die Vorteile der Solarenergie sind natürlich, dass es sauberer ist und es ist emissionsfrei. Außerdem ist die Energie kostenlos, weil die Energie von Sonnenlicht gemacht wird, das ja oft scheint. In der heutigen Zeit gibt es ja E-Autos, die mit Batterien geladen werden und die Solarenergie kann mit einem E-Auto verknüpft werden und kann somit leicht geladen werden.

Die Nachteile sind halt, dass es abhängig vom Wetter ist, also, ob es jetzt sonnig oder eher bewölkt ist. Z.B. im Winter ist es schneller Nacht, das heißt, dass man früher nicht viel Strom erzeugen kann. Es gibt bei einer Solaranlage hohe Anschaffungskosten. Wenn man es kaufen möchte, ist es recht teuer. Eine Solaranlage auf dem Dach kostet zwischen 7.000 und 10.000 Euro pro Quadratmeter, was nicht jeder hat. Und wenn man das ausgegeben hat, ist der Wirkungsgrad so zwischen 65% und 75%.

Projekttitlel:

Negative Einflüsse des Klimawandels auf verschiedene Zelltypen

Teilnehmer (mit Alter):	Jason Niclas Deutschmann (14 Jahre) Ole Müller (14 Jahre) Finn Siebert (14 Jahre)
Erarbeitungsort:	Leonardo da Vinci Campus, Gesamtschule, Alfred-Nobel-Straße 10, 14641 Nauen
Projektbetreuer:	Dr. Martin Daus
Thema des Projekts:	Klimatische Auswirkungen auf verschiedene Zelltypen
Fachgebiet:	Biologie
Wettbewerbssparte:	Schüler experimentieren
Bundesland:	Brandenburg
Wettbewerbsjahr:	2023/2024



Untersuchte Zelltypen (Wasserpest und rote Blutkörperchen)

Projektüberblick

Wir haben uns in unserem Projekt mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Tier- und Pflanzenzellen beschäftigt. Ziel der Arbeit war, herauszufinden, ob starke klimatische Veränderungen Zellstrukturen zerstören können und damit eventuell zum Aussterben von Organismen führen könnten. Der Klimawandel und seine Folgen werden in der Schule und in den Medien ständig diskutiert¹. Durch unser Projekt wollen wir selbst mögliche Auswirkungen auf Lebewesen erforschen und für andere sichtbar machen. Dafür haben wir zwei eukaryontische Zelltypen untersucht, die Wasserpest und rote Blutzellen. Somit haben wir Auswirkungen auf Pflanzenzellen und tierische Zellen analysiert. Die Zelltypen wurden mit einem Lichtmikroskop betrachtet und die Zellmorphologie dokumentiert. Anschließend wurden die Präparate mehrfach eingefroren und anschließend wieder aufgetaut. Damit simulierten wir klimatische Veränderungen. In Zukunft wollen wir unsere Versuche noch auf Bakterien ausweiten, da diese ebenfalls eine zentrale Rolle in Ökosystemen spielen.

Inhaltsverzeichnis

1. Titelblatt.....	1
2. Projektüberblick.....	2
3. Inhaltsverzeichnis	3
4. Kurzfassung.....	3
5. Einleitung (Motivation/Fragestellung; Hintergrund/theoretische Grundlagen).....	4
6. Vorgehensweise, Materialien und Methode.....	5
7. Ergebnisse.....	5-8
8. Ergebnisdiskussion.....	8-9
9. Zusammenfassung (Fazit und Ausblick).....	9
10. Quellen- und Literaturverzeichnis.....	10
11. Unterstützungsleistungen.....	10

Kurzfassung

Der Klimawandel verändert bereits jetzt das Leben auf unserem Planeten. Neben zunehmenden Hitzeperioden treten auch Kälteperioden in Gegenden auf, in denen eigentlich das ganze Jahr warme Temperaturen normal waren^{1,2}. In unserem Projekt haben wir möglich negative Auswirkungen von Kälte auf zwei eukaryontische Zelltypen getestet. Untersucht wurden Pflanzenzellen (Wasserpest) und Tierzellen (rote Blutkörperchen). Zentraler Unterschied bezüglich der Zellstabilität ist hierbei die Zellwand der Pflanzenzellen. Beide Zelltypen wurden mikroskopisch betrachtet und die Morphologie dokumentiert. Durch Einfrieren und Auftauen der Präparate konnten Auswirkungen auf die jeweiligen Zellen erkannt werden. Während Chloroplasten in Zellen der Wasserpest anfangs frei beweglich im Zellplasma waren, wurde die Beweglichkeit der Chloroplasten nach Einfrieren und anschließendem Auftauen stark reduziert. Bei roten Blutkörperchen war nach dem Einfrieren und Auftauen eine Verklumpung der Zellen zu erkennen. Zudem verloren die Zellen ihre rote Färbung. Durch unsere Arbeit konnten wir zeigen, dass klimatische Veränderungen (hier Kältephasen) direkte negative Auswirkungen auf Zellen haben können und somit den Erhalt ganzer Organismen gefährden können.

Einleitung

Wir sind in den Medien auf Artikel und Berichte aufmerksam geworden, in denen klimatische Veränderung in Florida, USA, beschrieben wurden^{1,2}. In Florida herrscht eigentlich ganzjährig ein warmes Klima. Temperaturen unter 10 ° Celsius sind auch in den kalten Monaten untypisch. Entsprechend haben sich typische Tiere und Pflanzen dort angesiedelt und bilden bislang ein stabiles Ökosystem. Im Jahr 2022 wurde von plötzlichen Wintereinbrüchen mit Schneefällen berichtet². Wir stellten uns die Frage, ob Tiere und Pflanzen mit diesen klimatischen Veränderungen zurechtkommen können. Welche Auswirkung könnten Frost und Schneefall auf Organismen haben, die bislang ganzjährig in warmem Klima lebten? Unsere Vermutungen waren, dass verschiedene Zelltypen unter den klimatischen Veränderungen unterschiedlich stark leiden würden. Pflanzenzellen verfügen im Gegensatz zu Tierzellen über eine Zellwand, die den Zellen eine hohe Stabilität geben kann³. Das Zellplasma und die Vakuole der Pflanzenzellen verfügen jedoch über einen hohen Wasseranteil, welcher beim Einfrieren zu Zellschäden führen könnte. Bei tierischen Zellen fehlt eine Zellwand. Der Einfrierungs- und Auftauprozess könnte bei diesem Zelltypen zur Zerstörung der Zellen führen. In unseren Versuchen haben wir isolierte Zellen/Zellverbände untersucht. Im Gesamtorganismus können die Bedingungen andere sein, da viele Tiere ihre Körpertemperatur regeln können. Unsere Versuche sollen aber generell die Auswirkungen von Frost auf Zellen demonstrieren. Um einen Kälteeinbruch zu simulieren, froren wir Zellen/Zellgewebe bei -14°C weg und betrachteten nach Auftauen der Proben mögliche Schädigungen. Daraus konnten wir abschließenden mögliche Folgen des Klimawandels in Bezug auf Kälte für die Tier- und Pflanzenwelt ableiten. Wenn Zellen und damit eventuell ganze Organismen unter veränderten klimatischen Bedingungen leiden, kann dies letztlich zum Aussterben von Tier- und Pflanzenarten führen. Ein funktionierendes Ökosystem braucht alle seine Lebewesen. Sterben Organismen aus, kann dies dramatische Folgen für das gesamte Ökosystem haben. Unsere Arbeit soll die Bedeutung der Erhaltung von Ökosystemen herausstellen und das Bewusstsein stärken, etwas gegen den menschengemachten Klimawandel zu unternehmen.

Schaut man sich Pflanzen in Deutschland an, so erkennt man, dass diese sich auf Sommer und Winter eingestellt haben. Pflanzen werfen im Herbst ihre Blätter ab und die Fortpflanzung beginnt erst wieder im Frühjahr. Auch Tiere pflanzen sich in kalten Jahreszeiten weniger fort und führen im Sommer ein aktiveres Leben. Tiere und Pflanzen bei uns konnten sich an die verschiedenen Bedingungen im Sommer und Winter jahrelang anpassen und spezialisieren. In Gegenden wie Florida sind Wintereinbrüche ein plötzliches und neues Ereignis und überrascht die dortigen Pflanzen und Tiere^{1,2}. Diese konnten sich nicht über einen längeren Zeitraum anpassen. Somit ist zu vermuten, dass derartige klimatische Veränderung negative Einflüsse haben werden. Da Kälteeinbrüche speziell in Florida neu sind, sind negative Langzeitfolgen für die Biodiversität wahrscheinlich aber bislang noch nicht klar nachweisbar. Die Veränderungen werden erst in einigen Jahren sichtbar werden, sind dann allerdings nur sehr schwer bzw. nicht mehr umkehrbar.

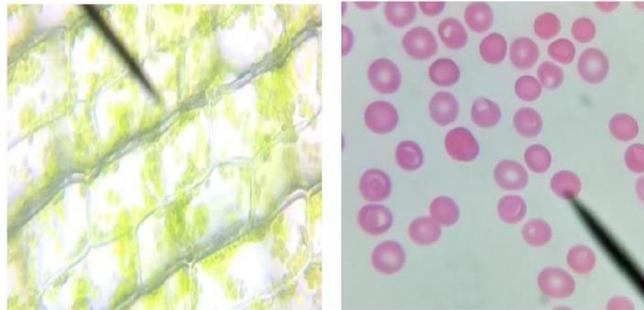
Vorgehensweise, Materialien und Methoden

Vor der Mikroskopie haben wir unsere Präparate wie folgt hergestellt. Ein Blatt einer frischen Wasserpest-Pflanze wurde vorsichtig mit einer Pinzette von der Hauptpflanze abgetrennt und mit einem Wassertropfen auf einen Objektträger gebracht. Die Probe wurde dann mit einem Deckgläschen abgedeckt. Außerdem wurde mit einer feinen Nadel der Fingerkuppe eines Mitschülers ein Blutstropfen abgenommen und auf einen Objektträger gebracht. Auch dieser wurde mit einem Deckgläschen abgedeckt. Beide Proben wurden mit einem dünnen Klebeband so abgedichtet, dass keine Verdunstung zwischen Objektträger und Deckgläschen stattfinden konnte. Dies war wichtig, da alle Proben insgesamt 2 x im Tiefkühler bei -14°C weggefroren und zwischendurch jeweils zum Mikroskopieren aufgetaut wurden. Vor dem Mikroskopieren wurde überprüft, ob die Proben in gutem Zustand waren. Die Objekte wurden direkt frisch mikroskopiert, dann über Nacht weggefroren und aufgetaut erneut mikroskopiert. Dies wurde ein weiteres Mal wiederholt. Alle Versuche wurden 3x durchgeführt mit gleichen Resultaten. Bei den pflanzlichen Präparaten wurden Kontrollen, die gleich behandelt wurden, jedoch nicht weggefroren wurden, mitgeführt, um das Ergebnis auch ohne Wegfreieren beurteilen zu können. Bei den Pflanzenzellen wurde die Beweglichkeit der Chloroplasten im Zytoplasma als Hauptkriterium für die Beurteilung verwendet. Die Beweglichkeit wurde mit „+++“ (hohe Beweglichkeit), „++“ (mäßige Beweglichkeit), „+“ (kaum Beweglichkeit) oder „-“ (keine Beweglichkeit) beurteilt und graphisch dargestellt. Bei den Blutzellen wurde der Verklumpungsgrad, bzw. die Entfärbung der Blutzellen beurteilt und ebenfalls graphisch dargestellt. „-“ (keine Verklumpung und keine Entfärbung), „+“ (leicht Verklumpung und leichte Entfärbung), „++“ (starke Verklumpung und starke Entfärbung). Mikroskopiert wurde mit einer 100-, bzw. 200-fachen Vergrößerung.

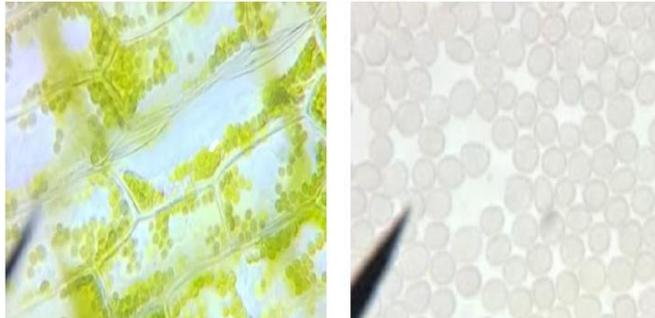
Ergebnisse

Die Ergebnisse des Mikroskopierens sind in den folgenden Abbildungen (Abb.1) gezeigt. Links sind die Zellen der Wasserpest und rechts die Zellen der roten Blutkörperchen abgebildet. Beide sind mit einer 100-fachen Vergrößerung dargestellt. Die Bilder in der oberen Reihe entstanden aus frischen Präparaten. Die Bilder der mittleren Reihe entsprechen den obigen Proben nach einmaligem Wegfrieren und Auftauen. Die beiden unteren Bilder entsprechen wieder den obigen, jedoch nach zweimaligem Wegfrieren.

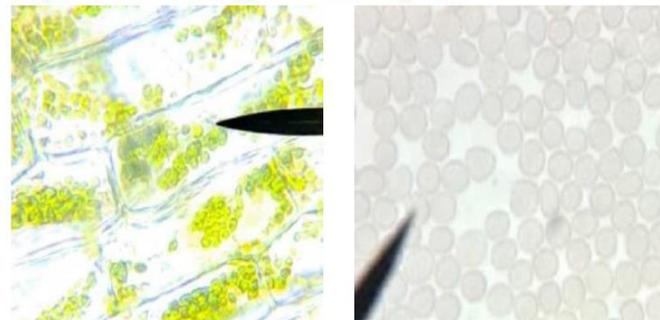
Frische Präparate ohne Wegfrieren



Präparate ein Mal weggefroren und aufgetaut



Präparate zwei Mal weggefroren und aufgetaut



„Wasserpest“

„Blut“

Abb. 1: Mikroskopische Aufnahmen von Wasserpest und Blut

Links sind Aufnahmen der Wasserpest, rechts Aufnahmen der Blutzellen dargestellt. In der oberen Reihe wurden die Proben direkt frisch präpariert und mikroskopiert. In der mittleren Reihe sind die gleichen Proben nach einmaligem Wegfrieren und Auftauen gezeigt, in der unteren Reihe nach zweimaligem Wegfrieren und Auftauen.

Über den folgenden QR-Code (Abb. 2) kann die Beweglichkeit der Chloroplasten in unserem Frischpräparat der Wasserpest beobachtet werden.



Abb. 2: QR-Code zur Darstellung der Beweglichkeit der Chloroplasten im Blatt der Wasserpest

Im Folgenden sind die Präparate nach den im Methodenteil beschriebenen Kriterien graphisch dargestellt. In Abb. 3 sind die Präparate der Wasserpest in Abhängigkeit der Beweglichkeit der Chloroplasten dargestellt. In Abb. 4 sind die roten Blutzellen in Abhängigkeit ihres Verklumpungsgrades und ihrer Entfärbung dargestellt.

Versuch „Wasserpest“

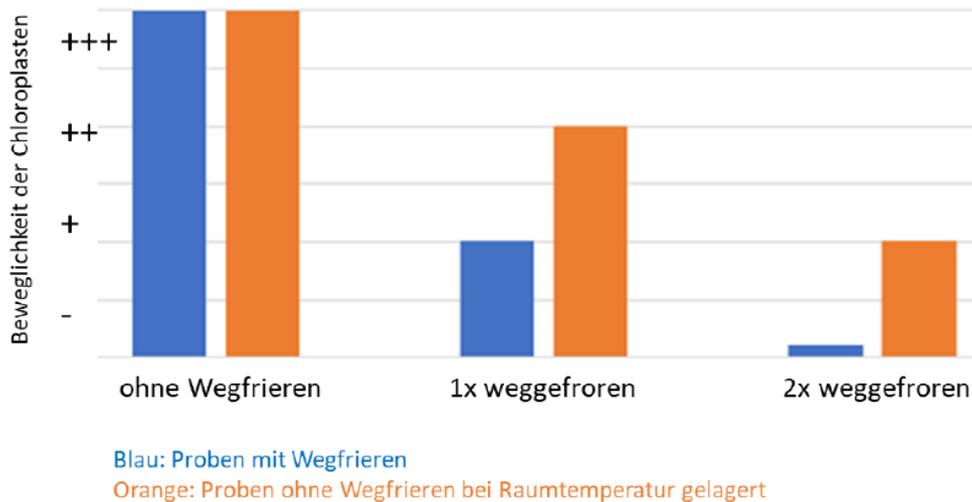


Abb. 3: Graphische Darstellung der Ergebnisse aus der Mikroskopie für die Wasserpest

In Blau sind die Ergebnisse mit Wegfrieren und Auftauen dargestellt. In Orange ist eine Kontrolle von Proben gezeigt, die gleich wie in „Blau“ präpariert wurden, jedoch nicht weggefroren, sondern für die entsprechende Zeit bei Raumtemperatur gelagert wurde.

Versuch „Blutzellen“

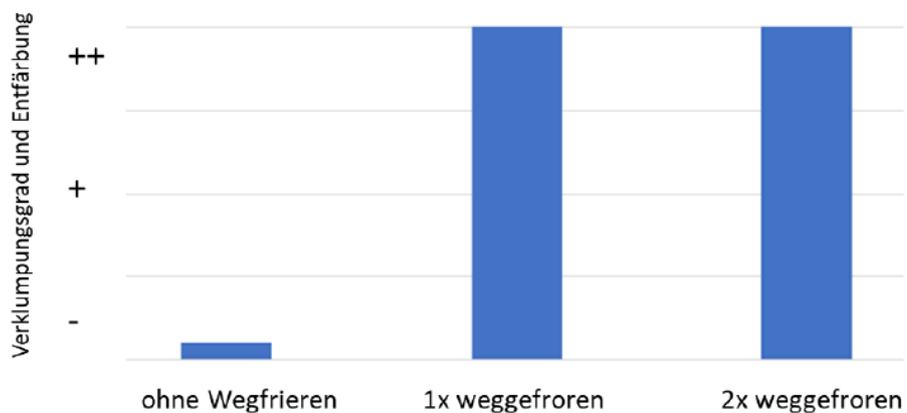


Abb. 4: Graphische Darstellung der Ergebnisse aus der Mikroskopie für die Blutzellen

In Blau sind die Ergebnisse mit Wegfrieren und Auftauen dargestellt. „-“ keine Verklumpung und keine Entfärbung; „+“ leichte Verklumpung und leichte Entfärbung; „++“ starke Verklumpung und starke Entfärbung.

Die Ergebnisse in Abbildung 3 und 4 stellen jeweils Mittelwerte aus drei unabhängigen Versuche dar. Abweichungen sind nicht angegeben, da die Werte nahezu identisch für alle jeweiligen Versuchsreihen waren.

Ergebnisdiskussion

Unsere Versuche konnten wie geplant durchgeführt werden und waren auswertbar. Anfangs verwendeten wir für die Mikroskopie von Pflanzenzellen Citrusfrüchte. Die Herstellung von dünnen Schnitten des Fruchtfleisches der Citrusfrüchte erwies sich als sehr schwer, sodass wir uns für die Wasserpest entschieden. Diese Wahl war gut, da bereits die Blätter der Wasserpest oftmals aus einschichtigen Zelllagen bestehen und wir somit ohne großen Präparationsaufwand unsere Ergebnisse erzielen konnten.

Unsere Versuche zeigen, dass durch Wegfrieren und Auftauen sowohl pflanzliche als auch tierische Zellen Schaden nehmen können. Durch die stabile Zellwand waren die Pflanzenzellen äußerlich zwar intakt, jedoch war die Beweglichkeit der Chloroplasten bereits nach einmaligem Wegfrieren stark reduziert. Nach zweimaligem Wegfrieren war keine Bewegung der Chloroplasten mehr erkennbar. Zudem kam es zu Ansammlungen von Chloroplasten entlang der Zellmembran. Der Verlust der Beweglichkeit der Chloroplasten könnte durch eine Schädigung durch das Einfrieren des Zytoplasmas und der Vakuole zustande gekommen sein. Eventuell wurden dabei Zellstrukturen so geschädigt, dass bestimmte Zellfunktionen unterbrochen wurden. Inwiefern die Fotosyntheseaktivität und damit die Funktionalität der Blätter eingeschränkt ist, soll in weiteren Versuchen durch Beobachtung der Sauerstoffbildung (Bläschenbildung) untersucht werden. Eine Reduzierung der Zellaktivität kann allerdings bereits jetzt aufgrund der genannten Veränderungen angenommen werden. Auch ohne Wegfrieren zeigten die Pflanzenblätter eine leichte Reduzierung der Beweglichkeit der Chloroplasten über die Zeit. Dies könnte daran liegen, dass die abgetrennten Blätter nicht weiter von der Mutterpflanze mit Nährstoffen versorgt wurden. Bei den Blutzellen waren Ver-

änderungen noch deutlicher zu erkennen, was dadurch begründet sein könnte, dass Tierzellen keine stabilisierende Zellwand besitzen. Bereits nach einmaligem Wegfrieren waren die Blutzellen weitestgehend entfärbt und begannen zu verklumpen. Unsere Ergebnisse entsprachen unseren zuvor aufgestellte Vermutungen, dass Frost, bedingt durch klimatische Veränderungen, einen negativen Einfluss auf Organismen hat. Da neben Pflanzen und Tieren auch Pilze und Bakterien zu einem Ökosystem gehören, wollen wir das Projekt zukünftig gerne durch Experimente mit Bakterien erweitern^{3,4}. Wir verfügen an unserer Schule über ein mikrobiologisches Labor, wodurch wir in der Lage sind, bakterielle Wachstumskurven aufzuzeichnen. Hierzu würde das bakterielle Wachstum mit und ohne Wegfrieren der Zellen analysiert werden. Unsere Ergebnisse werden wir an unserem nächsten Projektabend an unserer Schule Mitschülern, Eltern und Lehrern vorstellen. Wir wollen darauf aufmerksam machen, dass eine Klimaveränderung durch uns Menschen uns letztlich alle negativ beeinflussen wird und wir daher alle an der Erhaltung unseres Klimas mitwirken müssen.

Zusammenfassung

Durch unsere Versuche konnten wir zeigen, dass Zellen stark auf extreme Veränderungen in ihrer Umgebung reagieren und absterben können. In unserem Fall konnten wir erkennen, dass das Einfrieren von pflanzlichen und tierischen Zellen diese stark schädigt. Im Hinblick auf den menschengemachten Klimawandel weltweit lässt dies eine weiter steigende Reduzierung der Artenvielfalt vermuten. Dadurch, dass die aktuelle Klimaveränderung in einer sehr kurzen Zeit stattfindet, können Organismen nicht oder nur sehr eingeschränkt auf diese Veränderungen reagieren⁴. Erfolgen Veränderungen über einen langen Zeitraum, können Organismen sich anpassen. Einige Arten sterben dann aus und werden durch neue Arten ersetzt. Leider sterben momentan mehr Arten aus, als das neue Arten entstehen⁴. Diese Entwicklung kann große Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem Erde nehmen.

Quellen- und Literaturverzeichnis

Internetseiten

¹ Florida Sun; letzter Aufruf 02.01.2024

www.floridasunmagazine.com/reisen/kaelteeinbruch-in-florida-orangen-mit-eiszapfen-und-echsen-di/

² Die Zeit; letzter Aufruf 02.01.2024

www.zeit.de/gesellschaft/zeitgeschehen/2022-01/wintereinbruch-usa-stromausfall-winterunwetter-tornado

Bücher

³ Nicole Dolpp et al.; Prisma Biologie 7/8; Stuttgart 2022; Klettverlag; Kapitel „Zellen“

⁴ Blickpunkt Biologie; 9/10; Braunschweig 2022; Westermann Verlag; Kapitel „Evolution“

Unterstützungsleistungen

Dr. Martin Daus, Lehrer für Biologie und Physik am Leonardo da Vinci Campus (Nauen), hat uns bei der Themenfindung und bei Fragen beraten.

Die Wirkung von Diclofenac-Natrium auf die Populationsdichte von *Paramecium caudatum*

Paula Beger

Forschungsfrage: "Wie wirken sich unterschiedliche Diclofenac-Natrium-Konzentrationen ($100 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, $10\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $1\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $0,1\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $0,01 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) in wässrigen Lösungen auf die Populationsdichte (in Anzahl Individuen/ cm^3) von *Paramecium caudatum* über einen Zeitraum von 15 Tagen aus?"

Fachgebiet: Chemie

Betreuung: Nadja Kiss, Katja Unverricht

Schule: Leonardo da Vinci Campus Nauen

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
Kapitel 1: Einleitung	4
1.1 Hintergrundwissen	4
1.2 Signifikanz und Relevanz der Untersuchung.....	5
1.3 Risikobewertung - Sicherheit, ethische und ökologische Fragen	5
Kapitel 2: Untersuchung	6
2.1 Hypothese.....	6
2.2 Unabhängige Variable.....	6
2.3 Abhängige Variable	6
2.4 Kontrollierte Variablen	6
2.5 Planung und Begründung der Methode.....	7
Kapitel 3: Verfahren und Methodik.....	8
3.1 Materialien und Apparat	8
3.2 Organismen	9
3.3 Chemikalien	9
3.4 Experimenteller Ablauf.....	9
Vorbereiten der Petrischalen.....	9
Vorbereitung der Lösungen.....	9
Verfahren.....	10
Kapitel 4: Ergebnisse	10
4.1 Qualitative Daten	10
4.2 Verarbeitete Daten	12
4.3 Statistische Analyse	12
Kapitel 5: Diskussion und Bewertung.....	14
5.1 Auswertung der Ergebnisse.....	14
5.2 Bewertung des Verfahrens und mögliche Verbesserungen	16
5.3 Schlussfolgerung.....	17
<i>Danksagung für Unterstützungsleistungen</i>	17
Quellenverzeichnis.....	18

Zusammenfassung

Diclofenac Natrium ist ein häufig verwendetes Schmerzmittel, das beispielsweise Inhaltsstoff in Voltaren ist. Aufgrund bedenklicher Konzentrationen unterschiedlicher Schadstoffe in deutschen Gewässern, wird es immer wichtiger Stoffe wie Diclofenac schnell indizieren zu können. Das Vorkommen sogenannter Bioindikatoren, wie aquatische Einzeller, wird als oft als Anhaltspunkt von Wasserqualität angesehen. Jedoch ist die Auswirkung von Diclofenac Natrium nicht genügend auf einzellige Organismen wie den häufig angewandten Bioindikator *Paramecium* bekannt und erforscht.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu beantworten, ob die Präsenz von Diclofenac Natrium das Überleben von Paramecien beeinflusst. Konkret wurde folgende Fragenstellung experimentell bearbeitet: "Wie wirken sich unterschiedliche Diclofenac-Natrium-Konzentrationen ($100 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, $10\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $1\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $0,1\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $0,01 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) in wässrigen Lösungen auf die Populationsdichte (in Anzahl Individuen/ cm^3) von *Paramecium caudatum* über einen Zeitraum von 15 Tagen aus?"

Mithilfe serieller Verdünnung wurden dafür die in der Forschungsfrage benannten Konzentrationen synthetischen Diclofenac Natriums hergestellt und jeweils einem Nährmedium mit *Paramecium caudatum* aus derselben Ausgangspopulation beigegeben. Über 15 Tage wurde die Anzahl der Paramecien täglich unter dem Lichtmikroskop unter Nutzung der Software CamLabLite auf einem HP Latop gezählt.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Paramecienwachstum stark von Diclofenac beeinflusst wird. Folglich sind die Kulturen durchaus als Bioindikatoren anzuwenden. Ebenso indizieren Ergebnisse, dass höhere Konzentrationen von Diclofenac Natrium kurzfristig stärkere Auswirkungen haben als niedrigere Konzentrationen Langfristig beeinflussen jedoch auch niedrigere Konzentrationen die Paramecien und könnten sich daher negativ auf die Qualität eines aquatischen Ökosystem auswirken. Weitere Forschung sollte sowohl an anderen Einzellern sowie anderen Schmerzmitteln durchgeführt werden.

Kapitel 1: Einleitung

1.1 Hintergrundwissen

Diclofenac-Natrium ist ein nichtsteroidales entzündungshemmendes Medikament (NSAID für „non-steroidal anti-inflammatory drug“), das zur Behandlung von Schmerzen und Schwellungen eingesetzt wird. Sein Wirkstoff blockiert die Synthese von Prostaglandinen durch Hemmung der Enzyme Cyclooxygenase 1 und 2 (Clammer-Engelshofen, 2022). Prostaglandine sind Gewebshormone, die an Entzündungsprozessen, der Schmerzvermittlung und der Entstehung von Fieber beteiligt sind. Prostaglandine erfüllen aber auch andere Funktionen wie den Schutz der Magenschleimhaut oder die ausreichende Durchblutung der Nieren, was zu negativen Nebenwirkungen einer langfristigen NSAID-Therapie mit Diclofenac führt (Clammer-Engelshofen, 2022). Spuren von Diclofenac im Abwasser sind auf oral und lokal applizierte Medikamente zurückzuführen, deren Abbauprodukte ungenutzt ausgeschieden werden. Je nach Wirkstoff werden bis zu 90 % der Wirkstoffe von oral verabreichten Medikamenten ausgeschieden und landen im Abwasser (Höber, 2020). In Deutschland wurde Diclofenac in Wildtierarten wie Forellen, Karpfen und Adlern gefunden (Timme, n.d.). Ähnlich wie bei Geiern können auch bei Karpfen und Adlern Leber- und Nierenschäden durch die Aufnahme von Diclofenac auftreten (Lingenhöhl, 2014). In der ersten EU Watch List (Timme, n.d.) wurde eine Nachweisgrenze für Diclofenac von $0,01 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ angegeben.

Die PNEC (Predicted No Effect Concentration) für Diclofenac liegt bei $0,05 \mu\text{g}/\text{dm}^3$. Das Umweltbundesamt berichtete, dass der PNEC-Grenzwert zwischen 2016 und 2018 an 21 von 24 Messstellen in Deutschland überschritten wurde (Timme, n.d.), was zur Frage führte: "Wie wirken sich unterschiedliche Diclofenac-Natrium-Konzentrationen ($100 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; $1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; $0,1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; $0,01 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) in wässrigen Lösungen auf die Populationsdichte von *Paramecium caudatum* (in Anzahl der Individuen/ cm^3) über einen Zeitraum von 15 Tagen aus?"

Abgesehen von großen Vögeln und Fischen wurde jedoch nur wenig über die Wirkung von Diclofenac auf mikroskopische Organismen geforscht. Dies weckte mein Interesse, da ich mit der Verwendung von Protozoen zur Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Faktoren in der Wissenschaft bereits vertraut war. Mikroskopische Organismen stehen am unteren Ende der Nahrungskette und sind daher für das Funktionieren von Ökosystemen unerlässlich, weshalb ich es für wichtig hielt, ihre Reaktion auf Diclofenac zu untersuchen.

In dieser Studie wollte ich die Auswirkungen von Diclofenac auf das Populationswachstum von *Paramecium caudatum* untersuchen, da ich mit dieser Art im wissenschaftlichen Gebrauch am meisten vertraut war. Wenn *Paramecium caudatum* direkt betroffen ist, könnte sich eine reduzierte oder übermäßig vermehrte Population auch negativ auf die Nahrungskette auswirken, da sich das Medikament über die trophischen Ebenen und damit auf das gesamte Ökosystem - insbesondere auf aquatische Ökosysteme - ausbreitet.

Paramecium caudatum sind einzellige Protisten, die in Süßwasser leben. Ihre Größe schwankt zwischen 0,05 und 0,32 mm. Sie sind mit Flimmerhärchen bedeckt, die der Fortbewegung dienen und ihre Hauptnahrung, Bakterien und andere Nahrungspartikel, zu ihrer Mundrinne leiten (Vidyasagar, Dutfield, 2022), die mit dem Mund und der Speiseröhre verbunden ist. Wenn sich eine ausreichende Menge an Nahrungspartikeln in der Mundrinne angesammelt hat, werden die Nährstoffe durch Phagozytose aufgenommen, wobei Nahrungsvakuolen entstehen, in denen die enzymatische Verdauung stattfindet (Vidyasagar, Dutfield, 2022).

1.2 Signifikanz und Relevanz der Untersuchung

Der Zustand der Ökosysteme und der Verlust von Ökosystemleistungen aufgrund von Umweltverschmutzung und Biomagnifikation haben in letzter Zeit erheblich zugenommen. Bioindikatoren können verwendet werden, um die Verschmutzung im Ökosystem zu bewerten (Berhane et al., 2014). Ich hoffe, dass diese Studie die weitere Erforschung von Paramecium als Bioindikator fördern wird. Angesichts des steigenden Durchschnittsalters der Weltbevölkerung nehmen die Konzentrationen von Schmerzmitteln (Campbell et al. 2010) wie Diclofenac im Grundwasser zu. Daher ist es wichtig, die Wirkung von Schmerzmitteln auf Mikroorganismen am Anfang der Nahrungskette zu untersuchen.

Der Hormese-Effekt hingegen ist die Beziehung zwischen der Dosis einer Substanz und der Reaktion auf sie. Die Hormesewirkung ist durch Stimulation bei niedrigen Konzentrationen und Hemmung bei hohen Konzentrationen gekennzeichnet und tritt insbesondere bei Mikroorganismen (E.J. Calabrese, L.A. Baldwin, 2002), aber auch bei Pflanzen, verschiedenen anderen Tieren und anderen biologischen Modellen auf (E.J. Calabrese, R.B. Blain, 2009). Wenn der von Calabrese untersuchte Hormese-Effekt eintritt, könnten hohe Konzentrationen von Schmerzmitteln im Grundwasser wegen der Biomagnifikation über trophische Ebenen gefährlich sein. Wenn das Verhalten von Protozoen ein

Indikator für erhöhte NSAID-Konzentrationen ist, könnten Maßnahmen in betroffenen Regionen effizienter ergriffen werden.

1.3 Risikobewertung - Sicherheit, ethische und ökologische Fragen

Es wurden Petrischalen mit den kleinstmöglichen Abmessungen angeschafft, um die Menge der Mikroorganismen, die Stresssituationen ausgesetzt sind, so gering wie möglich zu halten. Die Verwendung einer Alternative anstelle der Paramecien wurde aufgrund des Versuchsaufbaus ausgeschlossen. Es wurden nur die kleinsten Organismen - für den Laborgebrauch gezüchtete einzellige Organismen - verwendet. Sie wurden bei Raumtemperatur (22°C) gehalten. Alle verwendeten Chemikalien - Diclofenac und DMSO - wurden auf dem Wertstoffhof Falkensee (Nauener Straße 97, 14612 Falkensee) ordnungsgemäß entsorgt.

Alle Geräte wurden nach dem Experiment gründlich gereinigt. Alle Laborgeräte wurden vorsichtig gehandhabt, um Unfälle mit Glasgeräten zu vermeiden.

Kapitel 2: Untersuchung

2.1 Hypothese

Es wird angenommen, dass die verschiedenen Konzentrationen von Diclofenac die Populationsdichte von *P. caudatum* über den angegebenen Zeitraum unterschiedlich beeinflussen, da sich höhere Konzentrationen in anderen Fällen als toxischer erwiesen haben als niedrigere Konzentrationen (Miyoshi et al., 2003). Die Wirkung des NSAID Diclofenac auf *P. caudatum* könnte ebenfalls unterschiedlich sein, je nach der hormonellen Dosis-Wirkung des Parameciums (E.J. Calabrese, R.B. Blain, 2009).

P. caudatum ist keine Zielgruppe von Diclofenac, da die angegriffenen Enzyme COX-1 und COX-2 nur in höher entwickelten Tieren vorkommen (Simmons, 2004). Allerdings gibt es analoge Enzyme, pathogen-induzierte Oxygenasen, in Pflanzen und einzelligen Organismen (Simmons, 2004). Da ich mit extrem niedrigen Konzentrationen arbeite, könnte die Hormesis auch in meinem Experiment auftreten, allerdings gibt es mangels Literaturquellen keine Hinweise darauf, bei welchen Konzentrationen sie möglich ist.

H₀: Die Anwesenheit von Diclofenac-Natrium hat keinen Einfluss auf die Populationsdichte von *P. caudatum*

H₁: Das Vorhandensein von Diclofenac-Natrium hat einen Einfluss auf die Populationsdichte von *P. caudatum*

2.2 Unabhängige Variable

Die unabhängige Variable war die Diclofenac-Natrium-Konzentration in jeder Lösung. Die Konzentrationen wurden gewählt, weil sie eine breite Palette von Konzentrationen dieses Arzneimittels abdecken, die in Gewässern weltweit vorkommen (Timme, n.d.). Das Experiment ist so angelegt, dass es so nah wie möglich an der Realität liegt. Für die Diclofenac-Konzentrationen wurde destilliertes Wasser verwendet, die Negativkontrolle wurde ohne Konzentration belassen.

2.3 Abhängige Variable

Die abhängige Variable dieser Untersuchung ist die Populationsdichte von *P. caudatum* in einer 0,05 cm³ ($\pm 0,01$ cm³) großen Probe des Kulturmediums. Die Methoden messen den Einfluss der verschiedenen Diclofenac-Konzentrationen auf die Nahrungs-/Mineralienaufnahme von *P. caudatum*, die sich auf das Wachstum und die Reproduktion auswirken könnte. Der beobachtete Bereich betrug 6 mm², gemessen an der Fläche der Quadrate (je 1 mm²) des Hämozytometers.

2.4 Kontrollierte Variablen

Paramecium-Arten: Verschiedene Paramecium-Arten können auf dieselbe Konzentration unterschiedlich reagieren, was zu unterschiedlichen Populationsdichten führt. Die Begrenzung der Vielfalt erleichtert daher den Vergleich der Ergebnisse in Bezug auf die Populationsdichte. Es wurde eine Population von 500 cm³ *P. caudatum*-Kultur erworben, so dass nur eine Art beobachtet wird.

Volumen des Nährbodens: Aus der identischen Ausgangspopulation wurde ein identisches Volumen (8 cm³) des Paramecium-Nährbodens entnommen, um eine möglichst gleiche Ausgangskonzentration an Individuen zu erreichen.

Umweltbedingungen (Feuchtigkeit, Temperatur, pH-Wert): Verschiedene Umweltbedingungen können sich direkt auf das Wachstum und die Leistung von Pantoffeltierchen auswirken. Daher kann es schwierig sein, zu unterscheiden, ob die beobachteten Unterschiede auf die untersuchten Variablen oder auf Schwankungen der Umweltbedingungen zurückzuführen sind, was die Zuverlässigkeit der Ergebnisse beeinträchtigt. Jede Probe wurde in demselben geschlossenen Schrank bei einer Temperatur von 22-23°C gelagert, so dass alle Proben denselben Bedingungen ausgesetzt waren.

Zeit der Messung zwischen den Datenpunkten: Identische Abstände zwischen den einzelnen Datenpunkten sind wichtig, um präzise und genaue Messungen zu gewährleisten. Wenn die Abstände zwischen den Datenpunkten einheitlich sind, lassen sich kleine Veränderungen in den gemessenen Größen leichter erkennen. Außerdem vereinfachen gleiche Datenpunkte die Datenanalyse und machen das Experiment reproduzierbarer, da das Protokoll für die Datenerfassung leichter zu befolgen ist. Der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Datenpunkten beträgt 24 Stunden.

Größe der Petrischalen: (60 mm x 15 mm) Hätten die Abmessungen variiert, hätten die Populationen unterschiedlich viel Platz zum Wachsen gehabt, was sich auf die Ergebnisse ausgewirkt hätte, die nicht kohärent waren. Die Abmessungen jeder Petrischale betragen 10 cm³ und alle waren gleich groß.

Volumen der Diclofenac-Lösung: Hätte das Volumen variiert, hätten die Populationen unterschiedlich viel Platz zum Wachsen gehabt, was sich negativ auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ausgewirkt hätte, da genaue Vergleiche nicht möglich sind. Das Volumen von 2 cm³ zugegebener Diclofenac-Lösung wurde für alle Proben von 8 cm³ Nährmedium mit *P. caudatum* gleich gehalten. Eine Verdunstung wurde dadurch verhindert, dass die Petrischalen über den Tag hinweg geschlossen gehalten und nur einmal am Tag zur Probenentnahme minimal geöffnet wurden.

Fütterung von Paramecien: Wenn sich die Paramecien unterschiedlich entwickeln und ihre Reaktionen unterschiedlich ausfallen, könnte dies eher auf ihren Ernährungszustand als auf die interessierende Variable zurückzuführen sein. Durch die gleiche Fütterung wird sichergestellt, dass die Nährstoffvariable konstant gehalten wird. Alle Populationen von *P. caudatum* wurden zu Beginn des Versuchs mit der gleichen Menge Langkornreis aus derselben Packung gefüttert. Der Reis diente als Nahrung für die Bakterien, von denen sich die Paramecien ernährten. Die Reiskörner wurden täglich um 21:00 Uhr ausgetauscht.

2.5 Planung und Begründung der Methode

Die Art *Paramecium caudatum* wurde ausgewählt, da sie leicht zu beschaffen ist und sich daher gut für das Experiment eignet. Außerdem werden Paramecien in wissenschaftlichen Studien als Bioindikator für Wasserverschmutzung verwendet (Miyoshi et al., 2003). Es handelt sich um einen weltweit in verschiedenen wässrigen Umgebungen verbreiteten Protisten (Ward, 2021), so dass diese Studie vielseitig anwendbar ist. Caudatum wurde speziell ausgewählt, weil es die einzige Art war, die in meiner Region erhältlich war.

Die Populationsdichte wurde zur Beobachtung ausgewählt, da sie in engem Zusammenhang mit der Reproduktionsrate steht. Die gewählte Methode sollte also zeigen, ob stressige Umweltbedingungen wie die Konzentration von Diclofenac die Populationsdichte und damit die Vermehrung von *Paramecium caudatum* beeinflussen.

Die Konzentrationen ($10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; $1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; $0,1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; $0,01 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; $0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ als Kontrolle) von Diclofenac-Natrium wurden ausgewählt, weil sie einen breiten, in der Natur vorkommenden Bereich abdecken (Timme, n.d.). Wie im Anhang angegeben, wurde die Konzentration für jede dieser Substanzen berechnet, um $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; $5 \mu\text{g}/\text{dm}^3$; $0,5 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ und $0,05 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ zu erhalten. Da die Petrischalen insgesamt 10 cm^3 fassen, wurde beschlossen, $1/5$ der Diclofenac-Lösung (2 cm^3) und $4/5$ des Nährmediums (8 cm^3) zu verwenden, um die oben genannten Konzentrationen in den Petrischalen insgesamt zu erhalten.

Da *Paramecium caudatum* beweglich und schwer zu zählen sind, beschloss ich, Fotos mit einer HD-Okularkamera zu machen. Die App CamLabLite wurde zur Vereinfachung des Zählvorgangs durch die Aufnahme von Fotos verwendet, da sich die Paramecien manchmal zu schnell bewegten, um sie ohne Foto zu zählen. Die App wurde speziell deshalb verwendet, weil sie mit dem HD-Mikroskop geliefert wurde.

Es wurde ein Hämozytometer der Version Neubauer angeschafft (aus dem Online-Shop praxisdienst.de). Das Hämozytometer diente in erster Linie zur Bestimmung des Beobachtungsfeldes, da die Objektvergrößerung von 4 (= 40-fache Gesamtvergrößerung) eine Fläche von 6 mm^2 abdecken kann (das ist in etwa das Sichtfeld, das ich mir für eine 40-fache Vergrößerung ausgerechnet habe) mit einer weiteren Unterteilung in 16 kleinere Quadrate von je $0,0025 \text{ mm}^2$. Da durch das Deckglas ein geschlossener, dreidimensionaler Raum mit einer Höhe von etwa $0,1 \text{ mm}$ entsteht, beträgt das gezählte Volumen $0,6 \text{ mm}^3$. Da Diclofenac nicht wasserlöslich ist, wurde es zunächst in DMSO aufgelöst und dann mit destilliertem Wasser weiter verdünnt.

Kapitel 3: Verfahren und Methodik

3.1 Materialien und Apparat

Tabelle A: Verwendete Geräte sowie Ungenauigkeit

Gerät	Ungenauigkeit
Wiederverwendbare Glaspetrischale x 5 (60 mm x 15 mm)	n.a.
3 cm ³ Pipette x 5	± 0,01 cm ³
Analysenwaage Sartorius Practum	± 0,0001 g
Digitaluhr (Samsung Galaxy S21)	± 0,01 s

Gerät	Ungenauigkeit
BRESSER JUNIOR 40x -1024x Lichtmikroskop mit HD-Okular-Kamera	n.a.
HP-Laptop, Software CamLabLite	n.a.
3 cm ³ Spritze	± 0,01 cm ³
10 cm ³ Spritze	± 0,1 cm ³
Metallspatel	n.a.
5 mg synthetisches Diclofenac-Natrium; Hersteller: Euro OTC Pharma GmbH	n.a.
100 cm ³ DMSO (Dimethylsulfoxid)	n.a.
100 cm ³ Aquarienwasser	n.a.
Destilliertes Wasser	n.a.
Objektträger aus Glas	n.a.
Hämozytometer Neubauer	n.a.
Etiketten x 15	n.a.
Langkornreis	n.a.

3.2 Organismen

500 cm³ einer Paramecium caudatum-Kultur wurden im Online-Shop Interaquaristik.de erworben und in einem gekauften Nährmedium sowie 100 cm³ zusätzlichem Aquarienwasser nach Anleitung kultiviert.

3.3 Chemikalien

100 cm³ 99%iges DMSO wurde über den Online-Shop Sunday.de bezogen. 5 mg synthetisches Diclofenac-Natrium wurden von der örtlichen "Pegasus"-Apotheke in Falkensee, Deutschland, zur Verfügung gestellt. Diclofenac-Natrium ist das Natriumsalz von Diclofenac und kann daher in die Kategorie E, giftige anorganische Rückstände und Schwermetallsalze und deren Lösungen, eingestuft werden (Merck, n.d.). Es sollte daher im Container G4 entsorgt werden (Seilnacht, n.d.).

3.4 Experimenteller Ablauf

Vorbereiten der Petrischalen

1. Sechs sterilisierte Glaspetrischalen wurden bei praxisdienst.de gekauft.
2. Die identischen Petrischalen (60 mm x 15 mm) wurden mit einem Etikett und einem Marker mit 0; 0,01; 0,1; 1; 10 und 100 beschriftet.
3. Zwei Körner Langkornreis werden in die Petrischalen gegeben und dienen als Nährstoff. Sie werden täglich um 21:00 Uhr ausgetauscht.
4. Sechs 3 cm³-Pipetten werden mit den Werten 0; 0,01; 0,1; 1; 10 und 100 beschriftet und in die Petrischalen gegeben.

Vorbereitung der Lösungen

1. Diclofenac-Lösungen werden unter Verwendung der seriellen Verdünnung berechnet.
2. Die Petrischalen werden auf eine pharmazeutische Massenwaage Sartorius Practum ($\pm 0,0001$ g) mit Glasabdeckung gestellt. Nach dem Aufsetzen der Petrischalen wurde die Waage auf Null gestellt, um 5 mg Diclofenac-Natrium mit einem Metallspatel zu messen.
3. Synthetisches DMSO wird mit einem 10-cm³-Messzylinder ($\pm 0,1$ cm³) und einer 3-cm³-Spritze ($\pm 0,01$ cm³) auf die in der Anlage angegebene 1%ige Konzentration verdünnt.
4. Diclofenac-Natrium wird in 20 cm³ der 1%igen DMSO-Konzentration gelöst.
5. Diclofenac-Natrium wird in destilliertem Wasser gemäß der zuvor berechneten Verdünnungsreihe aufgelöst, um die Konzentrationen 500 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; 50 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; 5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; 0,5 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ und 0,05 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ zu erhalten.
6. 2 cm³ der Lösung mit den Diclofenac-Konzentrationen werden in 5 Petrischalen gegeben, um 1/5 der Lösung auf jedem 4/5 Paramecium-Medium (8 cm³) und die gewünschten Endkonzentrationen in den Petrischalen zu erhalten (100 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; 10 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; 1 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; 0,1 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$; 0,01 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). Das Gesamtvolumen der Substanz in den Petrischalen beträgt 10 cm³.

Verfahren

Zum Zeitpunkt Null des Versuchs werden die Konzentrationen zu den Paramecienpopulationen gegeben und die Zellen in Gegenwart der Chemikalie über einen Zeitraum von 15 Tagen beobachtet, ohne die Medien auszutauschen, um eine Störung der Versuchsbedingungen zu vermeiden. Die verwendete Vergrößerung betrug 40 x. Die Öffnung des Mikroskops war fast vollständig geschlossen, da ein hoher Kontrast erforderlich war, um die Paramecien zu sehen.

1. Die Petrischalen wurden vom 1. September 2023 bis zum 15. September 2023 tagüber in einem dunklen Schrank aufbewahrt. Jeden Tag um 20 Uhr wurde mit einer 3-cm³-Pipette ein Tropfen von 0,05 cm³ ($\pm 0,01$ cm³) aus der Mitte entnommen und unter dem Lichtmikroskop betrachtet.
2. Das Hämozytometer wird zur Orientierung und zur korrekten Annahme des zu beobachtenden Sichtfeldes (ca. 6 mm²) verwendet.

- Das HD-Mikroskop wird mit dem Laptop und der CamLabLite-App verbunden, um jede Probe zu fotografieren und die Anzahl der beobachteten Paramecien zu zählen. Die Daten werden in einem für das Experiment vorgesehenen Notizbuch aufgezeichnet. Da die Speicherung der Mikrogramme nicht möglich war, wurde die Smartphone-Kamera für die zusätzliche Aufzeichnung der qualitativen Daten verwendet.

Für jede Konzentration wird dieses Verfahren 5 Mal pro Tag wiederholt.

Kapitel 4: Ergebnisse

4.1 Qualitative Daten

Nach einer Woche, am 7. September 2023, waren die Paramecien in $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ etwas langsamer als in den anderen Konzentrationen, während sie in $0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ etwas dunkler waren als in allen anderen Konzentrationen. Eine genaue Messung der Größe war aufgrund der Ausstattung des Experiments nicht möglich. Die Vergrößerung beträgt $40 \times$. Abbildung 1 unten zeigt die Paramecien in Petrischale 0 (Konzentration $0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) nach sieben Tagen.

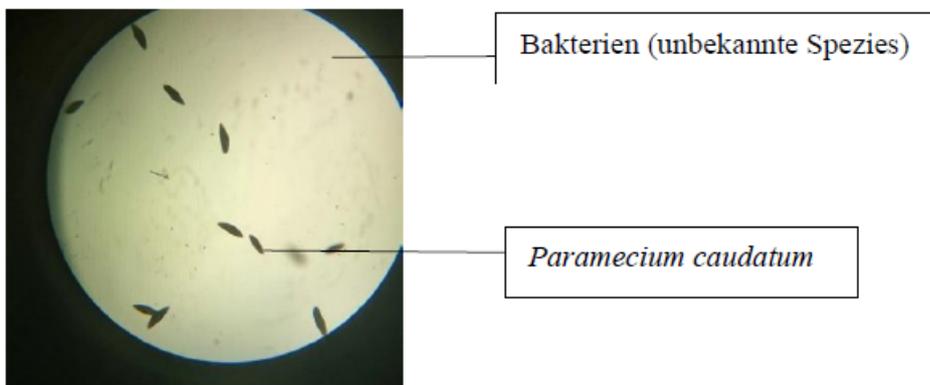


Abbildung 1: *P. caudatum* in Petrischale 0 nach 7 Tagen, Vergrößerung = $40 \times$

Einen Tag später, am 8. September, wuchsen die Populationen in allen Diclofenac-Natrium-Konzentrationen rasch, wobei die Paramecien in $100 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ viel kleiner und langsamer waren als in allen anderen Konzentrationen. Außerdem waren sie auffallend durchsichtig und einige zeigten Anzeichen einer binären Spaltung.

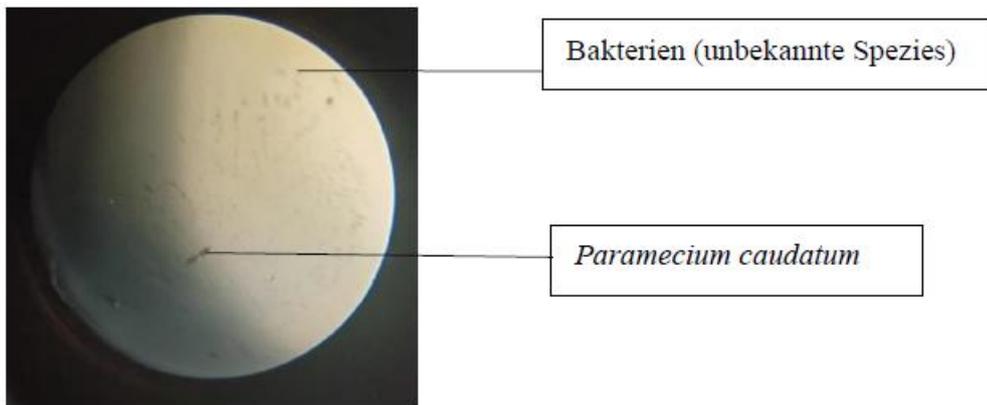


Abbildung 2: *P. caudatum* in Petrischale 100 nach 8 Tagen, Vergrößerung = 40x

Nach eineinhalb Wochen war die Algenbildung in $1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ und $0,1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ auffällig, außerdem wurden in denselben Konzentrationen auch andere Protozoen wie Rädertierchen gefunden. Diese wurden in Konzentrationen ohne Algen nicht gefunden.

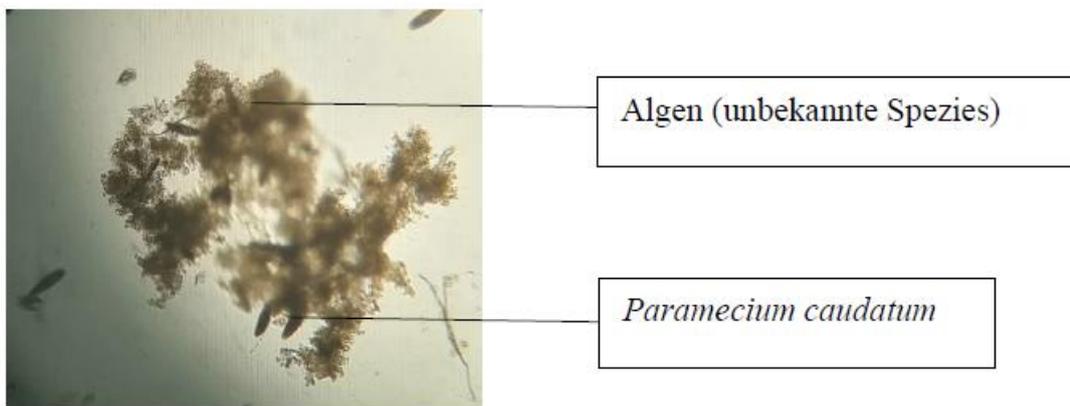


Abbildung 3: Algenwachstum in Petrischale 0.1 am letzten Tag des Experiments (15. September 2023); Vergrößerung =40x

- Große Mengen von Pantoffeltierchen neigten dazu, die Algen zu umgeben, die gleichmäßig verteilt waren
- In der zweiten Woche war die Populationsdichte um die Algenfragmente herum deutlich höher
- In den letzten Tagen war die Populationsdichte aufgrund der Anwesenheit anderer Protozoen, z. B. Rädertierchen, nicht wesentlich höher.

4.2 Verarbeitete Daten

Mean population density of *Paramecium caudatum* (in individuals/ cm³) in dependence of diclofenac sodium concentration (in µg/dm³) after 15 days. Error bars= ± stdev

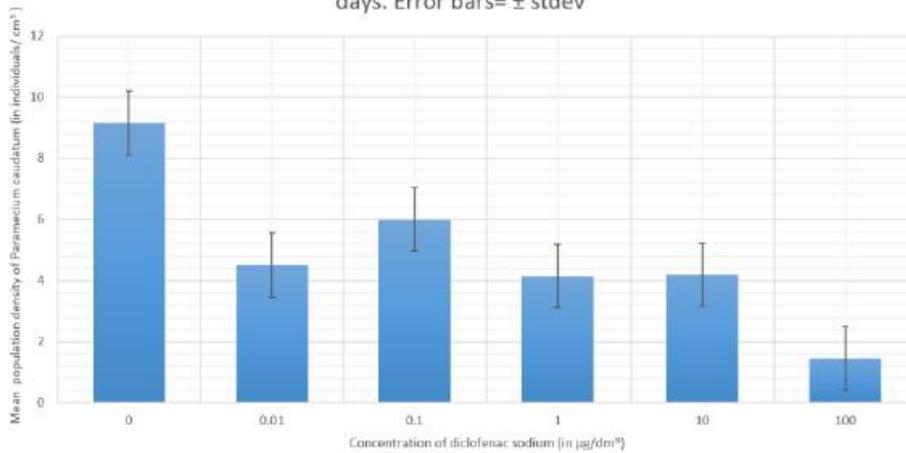


Abbildung 4: Populationsdichte von *Paramecium caudatum* (in Individuen/cm³) in Abhängigkeit von der Diclofenac-Natrium-Konzentration (in µg/l) nach 15 Tagen. Fehlerbalken ±Standardabweichung

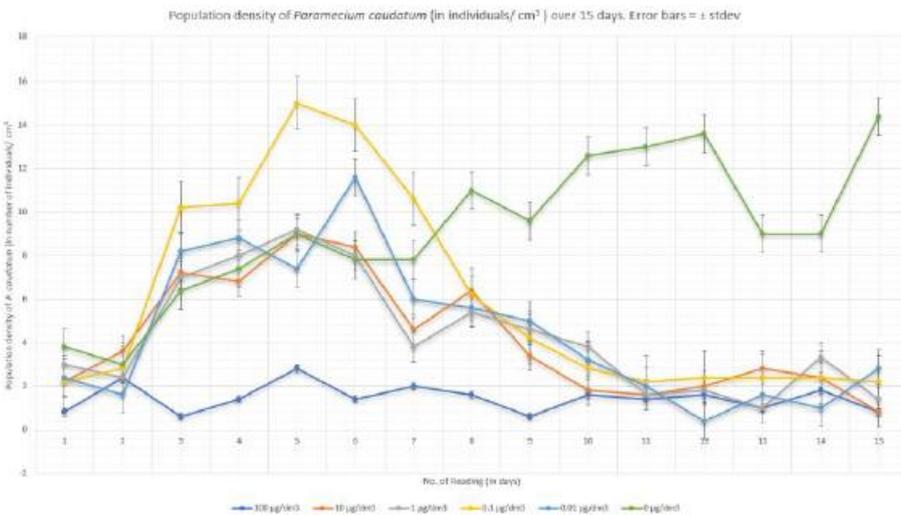


Abbildung 5: Populationsdichte von *Paramecium caudatum* (in Individuen/cm³) über 15 Tage. Fehlerbalken = ±Standardabweichung

4.3 Statistische Analyse

Zunächst wurde eine ANOVA (Varianzanalyse) geplant, um festzustellen, ob es einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten aller sechs Gruppen gibt.

Eine einseitige ANOVA (Varianzanalyse) wurde durchgeführt, um Unterschiede zwischen den Mittelwerten mehrerer Gruppen mit einer unabhängigen Variable zu ermitteln. Hierfür wurde das Analysetool Microsoft Excel verwendet. Die Ergebnisse des Tests sind unten (in Abbildung 6) dargestellt. Durch die Durchführung eines einseitigen ANOVA-Tests und die Annahme der zugehörigen Nullhypothese kann die Hypothese bestätigt werden, dass ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den sechs Gruppen besteht.

H_0 = Es gibt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen 0; 0,01; 0,1; 1; 10 und 100

H_A = Es besteht ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 0; 0,01; 0,1; 1; 10 und 100

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
100	15	21,8	1,453333	0,408381		
10	15	63	4,2	7,182857		
1	15	64,3	4,286667	7,115524		
0.1	15	90	6	22,08		
0.01	15	67,6	4,506667	11,13067		
0	15	137,4	9,16	11,32114		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	483,7632	5	96,75264	9,799626	2,11E-07	2,323126
Within Groups	829,34	84	9,873095			
Total	1313,103	89				

Abbildung 6: einseitige ANOVA (Varianzanalyse) in Microsoft Excel

der F-Wert von 9,800 (3 d.p.) ist größer als der F-Krit-Wert von 2,323 bei $P=2,11E-07$. Da der berechnete F-Wert größer als 2,323 ist, besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der verschiedenen Gruppen. Die einseitige ANOVA sagt jedoch nicht aus, zwischen welchen Gruppen genau der signifikante Unterschied besteht, sondern nur die Signifikanz über eine Gruppe. Daher wird eine Reihe von zweiseitigen T-Tests zwischen zwei Gruppen durchgeführt, um explizit festzustellen, wo es Unterschiede zwischen drei ausgewählten Gruppen gibt. Zu diesem Zweck wurden die niedrigste ($0 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) und die höchste ($100 \mu\text{g}/\text{dm}^3$) Gruppe ausgewählt, sowie $0,01 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, da dies die einzige Konzentration ist, die in der PNEC noch unter $0,05 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ liegt (Timme, 2020). Wenn die Nullhypothese verworfen werden kann, würde dies die Alternativhypothese stützen, dass es einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen zwei Gruppen über 15 Tage gibt und die Ergebnisse vor und nach der Anwendung der Variablen (Diclofenac-Natrium) verglichen werden können, was wiederum mit dem Analysetool in Microsoft Excel berechnet wurde.

Tabelle B: Vergleich der Gruppen 0, 100 und 0,01 hinsichtlich ihres Stichprobenmittelwerts, ihrer Standardabweichung und ihrer Varianz (auf 3 Dezimalstellen gerundet, daher leichte Abweichungen von den Berechnungen in Microsoft Excel)

Kriterium	Gruppe 0	Gruppe 100	Gruppe 0,01
Mittelwert der Stichprobe (\bar{x})	9,160	1,453	4,507
Stichprobengröße (n)	15	15	15
Standardabweichung der Stichprobe (s)	3,365	0,639	3,336
Varianz	11,322	0,408	11,129

Aufgrund der in Tabelle C sichtbaren unterschiedlichen Varianz zwischen der Gruppe 100 und den Gruppen 100 und 0,01 wurde für diese ein T-Test vom Typ 3 (unter der Annahme ungleicher Varianz) und für die Gruppen 0 und 0,01 ein T-Test vom Typ 2 (unter der Annahme gleicher Varianz) gewählt und in Microsoft Excel mit dem Analysetool durchgeführt.

Die Ergebnisse sind unten aufgeführt.

concentration diclofenac sodium			comparing Group 0 and Group 100	
0	100	0.01	t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances	
3,8	0,8	2,4		
3	2,4	1,6	Variable 1	Variable 2
6,4	0,6	8,2	Mean	1,453333 4,506667
7,4	1,4	8,8	Variance	0,408381 11,13067
9	2,8	7,4	Observatio	15 15
7,8	1,4	11,6	Hypothesiz	0
7,8	2	6	df	15
11	1,6	5,6	t Stat	-3,48125
9,6	0,6	5	P(T<=t) one	0,001675
12,6	1,6	3,2	t Critical on	1,75305
13	1,4	2	P(T<=t) twc	0,00335
13,6	1,6	0,4	t Critical tw	2,13145
9	1	1,6		
9	1,8	1	comparing Group 0 and Group 0.01	
14,4	0,8	2,8	t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances	
			Variable 1	Variable 2
			Mean	9,16 4,506667
			Variance	11,32114 11,13067
			Observatio	15 15
			Pooled Var	11,2259
			Hypothesiz	0
			df	28
			t Stat	3,803506
			P(T<=t) one	0,000355
			t Critical on	1,701131
			P(T<=t) twc	0,00071
			t Critical tw	2,048407
			comparing Group 100 and Group 0.01	
			t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances	
			Variable 1	Variable 2
			Mean	9,16 1,453333
			Variance	11,32114 0,408381
			Observatio	15 15
			Hypothesiz	0
			df	15
			t Stat	8,715093
			P(T<=t) one	1,48E-07
			t Critical on	1,75305
			P(T<=t) twc	2,95E-07
			t Critical tw	2,13145

Abbildung 7: T-Test in Microsoft Excel

Tabelle C: Ergebnisse des T-Tests in Microsoft Excel

Gruppe	Signifikanz des T-Werts	Signifikanz des p-Werts	H ₀ akzeptiert/abgelehnt?
Gruppe 0 und Gruppe 100	-3,481 < 2,131	0,00335 < 0,05	abgelehnt
Gruppe 0 und Gruppe 0,01	3,804 > 2,048	0,00071 < 0,05	abgelehnt
Gruppe 100 und Gruppe 0,01	8,715 > 2,131	2,95E-07 < 0,05	abgelehnt

Kapitel 5: Diskussion und Bewertung

5.1 Auswertung der Ergebnisse

Bei der Betrachtung des Diagramms in Abbildung 5 fällt zunächst auf, dass das Diagramm zunächst ein ähnliches Wachstum der Konzentrationen von 0-0,01 µg/dm³ anzeigt, während die Konzentration von 100 µg/dm³ mit einer Differenz von 2 Paramecien ($\Delta_{\text{min-max}}=2,8-0,8$) über die 15 Tage relativ konstant bleibt und kein signifikantes Wachstum zeigt. Zu Beginn ist ein sehr starkes Wachstum bei den niedrigeren Diclofenac-Konzentrationen zu beobachten, das bei allen Konzentrationen 0; 0,01; 10 und 1 µg/dm³ ähnlich ist. Die Konzentration 0,1 µg/dm³ zeichnet sich durch ein verstärktes Wachstum des Pantoffeltierchens aus, das erst nach der bereits in Kapitel 4 erwähnten Algenbildung auftrat und daher nicht darauf zurückgeführt werden kann. Dies könnte auf die Ansammlung von Bakterien um die Algen herum zurückzuführen sein, von denen sich die Pantoffeltierchen ernähren, aber die Algen könnten auch Verstecke vor Räubern bieten.

Allerdings sind hier die erhöhten Standardabweichungen in diesem Zeitraum an den Tagen 5, 6 und 7 mit $\pm 3,674$; 3,808 bzw. 3,912 (Individuen/cm³), d.h. etwa 4 Einzellern, zu nennen, weshalb von Messfehlern auszugehen ist. Während die Populationsdichte der Probe mit 0 µg/dm³ Diclofenac-Natrium-Konzentration weiter zunimmt, nehmen alle anderen Konzentrationen etwa ab Tag 6 ab. Mit durchschnittlich 1,8, also etwa 2 Paramecien in den Diclofenac-Natrium-Kulturen am letzten Tag, ergibt sich ein Unterschied von 12,6 Paramecien (Berechnung: 14,4-1,8) zwischen den Proben mit Diclofenac-Natrium und der Negativkontrolle ohne Diclofenac-Natrium. Dies weist eindeutig auf einen Einfluss des NSAID auf die Populationsdichte von Paramecium caudatum hin, was durch Abbildung 4 noch verstärkt wird. Das Balkendiagramm in Abbildung 4 zeigt eine negative Korrelation zwischen der Populationsdichte und der Diclofenac-Natrium-Konzentration. Die Populationsdichte nimmt mit steigender Konzentration des Schmerzmittels ab. Darüber hinaus hat selbst die Konzentration innerhalb des PNEC-Bereichs (Timme, n.d.) immer noch die gleichen Auswirkungen auf die Populationsdichte von Diclofenac-Natrium wie die Konzentration außerhalb des PNEC-Bereichs. Dies unterstreicht die negativen Auswirkungen, die erhöhte NSAID-Konzentrationen in Ökosystemen haben können.

Darüber hinaus werden die Ergebnisse der Diagramme durch die abgelehnte Nullhypothese sowohl des ANOVA-Tests als auch der drei T-Tests unterstützt, was zeigt, dass in diesem Experiment eine mit Diclofenac-Natrium verschmutzte Umgebung einen signifikanten Einfluss auf die Populationsdichte von *Paramecium caudatum* hat. Vor allem am Ende des Versuchs, wenn das Algenwachstum zunahm, wie in Abbildung 3 dargestellt, neigten die Paramecien dazu, sich um die Algencluster zu gruppieren, in denen Bakterien wuchsen. Nur in den Konzentrationen mit Algenbildung traten nach einiger Zeit auch Räuber von *Paramecium caudatum* auf. Es ist davon auszugehen, dass der positive Effekt des Algenwachstums durch die zusätzliche Anwesenheit der Räuber neutralisiert wurde. Hohe Populationsdichten wurden nicht bei jeder wiederholten Beobachtung beobachtet, die Algen waren jedoch gleichmäßig verteilt, so dass die Effekte durch die Mittelung der 5 Wiederholungen pro Tag neutralisiert wurden. Dies sollte bei der Bewertung der Zuverlässigkeit und Glaubwürdigkeit der Ergebnisse dieses Experiments berücksichtigt werden. Mein Experiment zeigt, dass Pantoffeltierchen das Vorhandensein von Diclofenac anzeigen können, so dass sie potenziell als Bioindikatoren fungieren können. Das bedeutet, dass selbst $0,01 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, die aufgrund des PNEC-Wertes von $0,05 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (Timme, n.d.) keine Auswirkung auf die Paramecienpopulation haben sollten, dennoch die gleiche Wirkung hatten wie alle anderen Konzentrationen. Dies bedeutet, dass sich sogar der PNEC-Wert in meinem Versuch als zu hoch erwiesen hat.

5.2 Bewertung des Verfahrens und mögliche Verbesserungen

Die Algenbildung war unkontrolliert und unüberwacht, was einen Einfluss auf das Wachstum und die Ernährung der Pantoffeltierchen und damit auch auf die Populationsdichte haben könnte. Die Nahrung hat einen direkten Einfluss auf die Energieaufnahme der Pantoffeltierchen, was wiederum deren Wachstum und Vermehrung beeinflusst. Da das Nahrungsangebot nicht identisch war und unregelmäßig blieb, besteht die Möglichkeit, dass sich die Paramecien in den verschiedenen Kulturen unterschiedlich schnell vermehrten, so dass die Populationsdichte uneinheitlich war. Da es nicht möglich war, im Schullabor zu experimentieren, weil dieses nicht zur Verfügung stand, war das Algenwachstum aufgrund der in der Luft vorhandenen Algensporen unvermeidlich. Es könnte jedoch in Erwägung gezogen werden, mit einer Impfkammer zu experimentieren, und alle Utensilien sollten in einem Autoklav sterilisiert werden, sollte das Experiment erneut durchgeführt werden.

Das Volumen jedes Tropfens war unkontrolliert. Selbst wenn jeder Tropfen in die Petrischale zurückgegeben wurde, wurden ständig kleine Mengen entnommen. Aufgrund der Deckgläser befand sich ungefähr das gleiche Volumen auf dem Hämocytometer und die Ergebnisse wurden gemittelt, wodurch Ausreißer neutralisiert wurden. Es wäre möglich, eine elektrische Mikropipette zu verwenden, um die Tropfen aufzutragen.

Die Umgebung blieb unkontrolliert. Auch wenn die Temperatur täglich gemessen wurde, blieben andere Aspekte unkontrolliert, z. B. konnte die Luftfeuchtigkeit schwanken. Die Verdunstung könnte beeinflusst worden sein, was sich wiederum auf die Konzentration und die Populationsdichte auswirken könnte, da weniger Flüssigkeit und somit mehr Individuen pro Einheit vorhanden sind. Dieser Effekt ist jedoch bei allen Proben ähnlich, und Wasser hat eine hohe spezifische Wärmekapazität, so dass kleine Schwankungen bei der Verdunstung keine nennenswerten Auswirkungen haben, da alle Petrischalen stets abgedeckt und in einem lichtlosen Raum gelagert wurden. Die Populationen konnten in einer Inokulationskammer mit konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit gehalten werden.

Die Konzentrationen von Diclofenac-Natrium waren möglicherweise nicht völlig homogen. Ungenauigkeiten in der Lösung, wie Kristallisation oder unvollständige Auflösung des Feststoffs, können die Reproduzierbarkeit des Versuchs beeinträchtigen und zu widersprüchlichen und unzuverlässigen Ergebnissen führen. Aufgrund der geringen Ausgangsmenge an Diclofenac-Natrium ist es jedoch unwahrscheinlich, dass sich der Feststoff nicht vollständig aufgelöst haben könnte, und die Mischbehälter wurden ständig geschüttelt und der Inhalt gerührt. Außerdem sind kleine Ungenauigkeiten in der Lösung aufgrund der Wirksamkeit von reinem Diclofenac-Natrium nicht von Bedeutung. Falls vorhanden, hätten geeignete Messgeräte zur Überprüfung der genauen Konzentration verwendet werden können, um die Homogenität zu überprüfen.

Bei der Datenerhebung kann es zu zufälligen oder systematischen Fehlern, Ausreißern und verzerrten Daten gekommen sein. Die Ergebnisse wurden gemittelt, so dass schiefe Daten oder Ausreißer neutralisiert wurden. Anstelle des Mittelwerts hätte auch der Medianwert verwendet werden können, da dieser nicht so stark durch Messfehler oder Ausreißer beeinflusst wird.

5.3 Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Anwesenheit von Diclofenac-Natrium eine negative Auswirkung auf die Populationsdichte von *Paramecium caudatum* hat, da die Alternativhypothese angenommen und die Nullhypothese abgelehnt werden konnte. Die verschiedenen Konzentrationen von Diclofenac-Natrium, die in wässrigen Lösungen getestet wurden, haben alle einen negativen Einfluss auf die Populationsdichte von *P. caudatum*. Der in der T-Test-Statistik berechnete p-Wert war für jede getestete Gruppe kleiner als 5 %, was bedeutet, dass der Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen statistisch signifikant ist und die Anwesenheit von Diclofenac-Natrium die Populationsdichte von *P. caudatum* beeinflusst. Das Verständnis des untersuchten Problems änderte sich im Laufe der Untersuchung. Zu Beginn war unsicher, ob und in welchem Ausmaß Diclofenac-Natrium die Pantoffeltierchen beeinflussen würde, aber der Forschungsprozess brachte neue Erkenntnisse. Für die künftige Forschung wäre es sinnvoll, das Potenzial von Pantoffeltierchen als Bioindikatoren für die Wasserverschmutzung durch NSAIDs weiter zu untersuchen.

Danksagung für Unterstützungsleistungen

Hiermit möchte ich mich herzlich bei der Pegasus Apotheke Falkensee für die Bereitstellung des synthetischen Diclofenac Natriums bedanken, ebenso bei Martina Mai, die mir mit Ratschlägen geholfen hat. Des Weiteren bedanke ich mich bei meiner Erstbetreuung dieses Projekts, Nadja Kiss. Außerdem möchte ich meinen Eltern für die Anschaffung des Materials für die experimentelle Durchführung sowie für die Assistenz während der Herstellung der Diclofenac Natrium Konzentrationen danken.

Quellenverzeichnis

- Berhane, D. E., Balakrishnan, M., & Bekele, A. (2014, May 2). *Bioindicators for Environmental Monitoring: A Review*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/277436501_Bioindicators_for_Environmental_Monitoring_A_Review [Last Access: 11th Nov', 2023]
- Bhandari, P. (2023, June 21). *How to Find the Mean | Definition, Examples & Calculator*. Scribbr. <https://www.scribbr.com/statistics/mean/> [Last Access: 11th Nov', 2023]
- Bhandari, P. (2023, June 21). *Variability | Calculating Range, IQR, Variance, Standard Deviation*. Scribbr. <https://www.scribbr.com/statistics/variability/> [Last Access: 11th Nov', 2023]
- Boelsterli, U. A. (2003). *Diclofenac-induced liver injury: a paradigm of idiosyncratic drug toxicity*. *Toxicology and Applied Pharmacology* 192: 307-322 [Last Access: 28th Oct, 2023]
- Campbell, C. I., Weisner, C., LeResche, L., Ray, G. T., Saunders, K., Sullivan, M. D., Banta-Green, C. J., Merrill, J. O., Silverberg, M. J., Boudreau, D., Satre, D. D., & Von Korff, M. (2010, December). Age and Gender Trends in Long-Term Opioid Analgesic Use for Noncancer Pain. *American Journal of Public Health*, 100(12), 2541–2547. <https://doi.org/10.2105/ajph.2009.180646> [Last Access: 31st Oct', 2023]
- Chandrasekharan, NV and Simmons, Daniel L. (2004). *The cyclooxygenases*. <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/gb-2004-5-9-241> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Chetan Rao. (2022). *Conserving Vultures in India – Making India Safe for Vultures Once Again?* Conservation India. <https://www.conservationindia.org/tag/diclofenac-ban#:~:text=The%20diclofenac%20ban%20of%202006%20by%20the%20Govt.and%20the%20Department%20of%20Zoology%2C%20University%20of%20Cambridge.> [Last Access: 20th Oct', 2023]
- Clanner-Engelshofen, B. (2022, January 8). *Diclofenac*. NetDoktor. <https://www.netdoktor.de/medikamente/diclofenac/> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Calabrese, E. J., & Blain, R. (2005, February 1). The occurrence of hormetic dose responses in the toxicological literature, the hormesis database: an overview. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 202(3), 289–301. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2004.06.023> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Calabrese, E. J., & Baldwin, L. A. (2001, June). Hormesis: U-shaped dose responses and their centrality in toxicology. *Trends in Pharmacological Sciences*, 22(6), 285–291. [https://doi.org/10.1016/s0165-6147\(00\)01719-3](https://doi.org/10.1016/s0165-6147(00)01719-3) [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Calabrese, E. J., & Baldwin, L. A. (2002, February). Defining hormesis. *Human & Experimental Toxicology*, 21(2), 91–97. <https://doi.org/10.1191/0960327102ht217oa> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Calabrese, E. J., & Blain, R. B. (2009, January). Hormesis and plant biology. *Environmental Pollution*, 157(1), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.07.028> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Clara, M., Hartmann, C., Deutsch, K. (n.d.). *Arzneimittelwirkstoffe und Hormone in Fließgewässern*. HZÜV Sondermessprogramm 2017/2018. <https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:6bab30a8-49b3-4d46->

[8658-696ffbf4f5a1/GZ%C3%9CV_SP_Arzneimittel_Fliessgew%C3%A4sser_Bericht_gsb.pdf](#) [Last Access: 29th Oct', 2023]

GREEN, R. E., NEWTON, I., SHULTZ, S., CUNNINGHAM, A. A., GILBERT, M., PAIN, D. J., & PRAKASH, V. (2004, September 30). Diclofenac poisoning as a cause of vulture population declines across the Indian subcontinent. *Journal of Applied Ecology*, 41(5), 793–800. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00954.x> [Last Access: 29th Oct', 2023]

Höber, A. (2020, August 10). *Medikamentenrückstände im Wasser: Eine Gefahr?* NDR.de - Ratgeber - Verbraucher. <https://www.ndr.de/ratgeber/verbraucher/Medikamentenrueckstaende-im-Wasser-Eine-Gefahr.wasser710.html> [Last Access: 29th Oct', 2023]

Hoeger, B., Köllner, B., Dietrich, D. R. and Hitzfeld, B. (2005). *Water-borne diclofenac affects kidney and gill integrity and selected immune parameters in brown trout (Salmo trutta f. fario)*. *Aquatic Toxicology* 75: 53-64. [Last Access: 29th Oct', 2023]

Hoeger, B., Dietrich, D. R., Schmid, D., Hartmann, A. and Hitzfeld, B. (2008). *Distribution of intraperitoneally injected diclofenac in brown trout (Salmo trutta f. fario)*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 71: 412-418. [Last Access: 29th Oct', 2023]

Jain, D. (2023, August 4). *t-Test Formula*. EDUCBA. <https://www.educba.com/t-test-formula/> [Last Access: 11th Nov', 2023]

Joachim, S., Beaudouin, R., Daniele, G., Geffard, A., Bado-Nilles, A., Tebby, C., Palluel, O., Dedourge-Geffard, O., Fieu, M., Bonnard, M., Palos-Ladeiro, M., Turiès, C., Vulliet, E., David, V., Baudoin, P., James, A., Andres, S., & Porcher, J. (2021, March). *Effects of diclofenac on sentinel species and aquatic communities in semi-natural conditions*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 211, 111812. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111812> [Last Access: 20th August, 2023]

Kermiche F., Berrebah H., Djebbar M. R. (2016). *Toxicological effects of drugs (Diclofenac, Ibuprofen, mixture) and Hormesis on a non-target organism: Paramecium sp.* *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(5) 187-191 [Last Access: 09th Sept', 2023]

Kognity. (n.d.). *App | Kognity*. <https://app.kognity.com/study/app> [Last Access: 28th Oct', 2023]

Lingenhöhl, D. (2014, May 28). *Geiergift Diclofenac tötet auch Adler*. *Spektrum Der Wissenschaft*. <https://www.spektrum.de/news/geiergift-diclofenac-toetet-auch-adler/1288083> [Last Access: 09th Sept', 2023]

Mehinto, A. C., Hill, E. M., & Tyler, C. R. (2010, February 22). Uptake and Biological Effects of Environmentally Relevant Concentrations of the Nonsteroidal Anti-inflammatory Pharmaceutical Diclofenac in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environmental Science & Technology*, 44(6), 2176–2182. <https://doi.org/10.1021/es903702mDiclofenac>: [Last Access: 09th Sept', 2023]

Merck. *Sammlung von Laborabfällen | Support | Merck*. (n.d.). <https://www.merckmillipore.com/DE/de/support/safety/chemical-waste/collection-of-lab-waste/rxub.qB.5hcAAAFCDtsXr75c.nav> [Last Access: 11th Nov', 2023]

NDR. (2020, July 24). *Schmerzmittel Diclofenac: Risiko für Herz und Nieren*. NDR.de - Ratgeber - Gesundheit. <https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Schmerzmittel-Diclofenac-Risiko-fuer-Herz-und-Nieren.diclofenac100.html> [Last Access: 11th November, 2023]

- NABU- Naturschutzbund Deutschland e. V.(n.d.) *Tödliche Gefahr für Europas Geier - NABU*. <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/artenschutz/geier/16608.html> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Miyoshi, N., Kawano, T., Tanaka, M., Kadono, T., Kosaka, T., Kunimoto, M., Takahashi, T., & Hosoya, H. (2003). Use of Paramecium Species in Bioassays for Environmental Risk Management: Determination of IC50 Values for Water Pollutants. *Journal of Health Science*, 49(6), 429–435. <https://doi.org/10.1248/jhs.49.429> [Last Access: 20th Oct', 2023]
- Quintana, J., Weiss, S., & Reemtsma, T. (2005, July). Pathways and metabolites of microbial degradation of selected acidic pharmaceutical and their occurrence in municipal wastewater treated by a membrane bioreactor. *Water Research*, 39(12), 2654–2664. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.04.068> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Seilnacht, T. (n.d.). *Entsorgung von Chemikalien*. <https://www.seilnacht.com/Chemie/entsorg.htm> [Last Access: 11th Nov', 2023]
- Simmons, D. L., Botting, R. M., & Hla, T. (2004, August 18). Cyclooxygenase Isozymes: The Biology of Prostaglandin Synthesis and Inhibition. *Pharmacological Reviews*, 56(3), 387–437. <https://doi.org/10.1124/pr.56.3.3> [Last Access: 20th Oct', 2023]
- Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. *Didinium*. (n.d.). Lexikon Der Biologie. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/didinium/18075> [Last Access: 20th Oct', 2023]
- Timme, L. (n.d.). *Arzneimittelwirkstoffe*. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse/zustand/arzneimittelwirkstoffe#diclofenac> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Turney, S. (2023, June 21). *Student's t Table (Free Download) | Guide & Examples*. Scribbr. <https://www.scribbr.com/statistics/students-t-table/> [Last Access: 28th Oct', 2023]
- Two-sample t-test calculator (Welch's t-test)*. (n.d.). <https://www.statskingdom.com/150MeanT2uneq.html> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Vidyasagar, A., & Dutfield, S. (2022, February 21). *Paramecium: Characteristics, biology and reproduction*. livescience.com. <https://www.livescience.com/55178-paramecium.html> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Ward, B. (2021, May 9). *Paramecium: Everything You Need to Know*. Microscope Clarity. <https://microscopeclarity.com/paramecium-everything-you-need-to-know/> [Last Access: 29th Oct', 2023]
- Yu, J. T., Bouwer, E. J., & Coelhan, M. (2006, November). Occurrence and biodegradability studies of selected pharmaceuticals and personal care products in sewage effluent. *Agricultural Water Management*, 86(1–2), 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.06.015> [Last Access: 29th Oct', 2023]

Mein Traumberuf

Zugegeben, die Berufsvielfalt ist verwirrend und zuweilen einschüchternd. Das macht es für Jugendliche, die eine Entscheidung für ihren künftigen Beruf treffen müssen, nicht gerade einfach. Wie soll der Lebensweg nach der Schule weitergehen? Die Erkenntnis, dass die Azubis von heute die Fachkräfte von morgen sind, verleiht der Ausbildungssituation neben der individuellen und persönlichen Herausforderung auch eine enorme gesellschaftspolitische Dimension. Zur Realisierung innovativer Ideen, von denen unser Industriestandort lebt, braucht es Fachkräfte. Zum sozialen Zusammenhalt unserer Gesellschaft sind ebenfalls Fachkräfte in Medizin und Pflege unentbehrlich. Unternehmen, Verbände, Kammern, Schulen und alle, die die Bedeutung der Berufswahl erkannt haben, sind vereint in dem gemeinsamen Ziel, dass die Ausbildungskonzepte so zu gestalten sind, dass zum einen die individuellen Bedürfnisse der Jugendlichen berücksichtigt werden und zum anderen die Unternehmen einen bedarfsgerechten Nachwuchs ausbilden können, um unseren erworbenen Wohlstand langfristig sichern zu können.

Die Berufsausbildung bietet keine stabile Entscheidung auf Lebenszeit. Ein Höchstmaß an Anpassungsfähigkeit, um mit den Veränderungen schritthalten zu können, ist angesagt. Dies ist eine grundlegende Anforderung, auf die man sich einstellen muss. Schon jetzt ist erkennbar, dass sich viele Berufsanforderungen weiterentwickeln, hin zu höheren Qualifikationen.

Dies wirkt sich auch auf Ausbildungsangebote aus. Hier haben „leistungsstarke“ Azubis bessere Karten als jene, die einen Förderbedarf haben, um überhaupt eine Ausbildungsreife zu erlangen. Ideen und Modellversuche gibt es viele, jetzt müssen sie in die Tat umgesetzt werden. Wir können es uns als Gesellschaft nicht leisten, dass Talente verloren gehen, durch eine fehlgeleitete Ausbildungspolitik.

Die Situation für Lehrstellensuchende auf dem Ausbildungsmarkt ist ausgesprochen günstig. Dies belegt die Zahl, dass 70.000 Lehrstellenangebote bundesweit 2023 nicht genutzt wurden. Die Ursachen sind vielfältig. Es ist zunehmend festzustellen, dass bei vielen Schulabgängern die Unentschlossenheit zunimmt, sich für eine Berufsausbildung zu entscheiden. Auch beklagen viele Ausbildungsbetriebe mangelhafte schulische Kenntnisse der Ausbildungsplatzbewerber. Mit diesen Fähigkeitsdefiziten ist ein erfolgreicher Ausbildungsabschluss wohl nicht erreichbar. Gründe, warum Lehrstellen nicht besetzt werden, sind vielfältig. Man kann deshalb die Bemühungen nur begrüßen, wenn die Lehrpläne der Abschlussklassen, mit den Bedürfnissen der Ausbildungsbetriebe abgeglichen werden. Eine diesbezügliche enge Kooperation ist an vielen Orten in vollem Gange.

Es ist auffällig, wie schwer sich viele junge Menschen tun, sich für einen Beruf zu begeistern.

Bei 324 Ausbildungsberufen hat man schon die Qual der Wahl. Dazu gibt es Studien, die sich mit diesem Phänomen beschäftigen. Ein Ergebnis ist, dass die Inhalte und Möglichkeiten der einzelnen Berufsbilder in vielen Fällen nicht ausreichend bekannt sind. Auf dieser schwammigen Faktenkenntnis lässt sich keine Sicherheit für eine persönlich maßgeschneiderte Berufswahl herstellen. Es gehört heute zum Lebensgefühl vieler Jugendlichen sich Meinungen von Vorbildern oder Mainstream-Tendenzen eigen zu machen. Nun steht erstmals eine Entscheidung an, eigenständig aus einer Vielzahl von Informationen, für die eigene Situation passende Entscheidungskriterien zu finden. Dies löst wohl bei vielen Jugendlichen ein lähmendes Unsicherheitsgefühl aus, wenn es darum geht - wie bei der Berufswahl zutreffend -, eigenverantwortlich, eine persönlich wichtige, zukunftsweisende Entscheidung zu treffen. Dass dies nicht so gut gelingt, zeigt die hohe Abbruchquote von 29,5% im Jahre 2022. Praktika vor der eigentlichen Entscheidung ermöglichen realistische Vorstellungen von Ausbildungsberufen. Sie sind eine wichtige Erfahrung. Durch das praktische Erleben können sich Jugendliche ein eigenes Bild sowohl vom Ausbildungsberuf als auch vom Ausbildungsbetrieb machen. Es könnte sich der Berufswunsch verfestigen, wenn die eigenen Interessen, Neigungen und Fähigkeiten mit den Anforderungen des Ausbildungsberufes in Einklang gebracht werden. Denn, wer bei Unsicherheiten nicht über ein Praktikum in den Beruf hineinschaut, weiß oft zu wenig über das Berufsbild, die Tätigkeiten und über die Arbeitsbedingungen. Das unmittelbar Selbst-Erlebte kann vermeidbare Fehlentscheidungen verhindern.

Ein zusätzlicher Effekt durch die Erfahrungen eines oder mehrerer Praktika stellt sich ein.

Die Jugendlichen lernen sich auf diesem Wege selbst besser kennen und finden so leichter ihren Beruf. Es ist deshalb ratsam, sich frühzeitig mit der Berufswahl auseinanderzusetzen. Alles auf den letzten Drücker ankommen zu lassen, erhöht den eh vorhandenen Stress in der Endphase des Schulabschlusses.

Von vielen Fachverbänden wird erkannt, dass die Ausbildungsberufe neu geordnet werden müssen. Angesichts der Vielfalt der Berufsbilder hätten die Bewerber und Bewerberinnen keinen Überblick mehr, so das Resümee vieler Arbeitsagenturen. Eltern können ihre Kinder nicht mehr beraten. Auch Lehrkräfte stoßen da an ihre Grenzen. Die starren Strukturen unseres bis jetzt so erfolgreichen dualen Ausbildungssystems müssen flexibleren, den sich ändernden Bedürfnissen der beruflichen Anforderungen angepasst werden. Diskutiert werden branchenspezifische Basisberufe. Differenzierungen bei laufender Ausbildung, die nach einem Baukasten erfolgen können, verfolgen den Zweck, dem Auszubildenden mit Angeboten von Vertiefungs- und Spezialisierungsmodulen eine Feinabstimmung hin zu der nun klarer werdenden beruflichen Orientierung zu bieten. Von dieser Flexibilität profitierten auch die Betriebe, die dadurch ihre Bedarfe besser in die Ausbildungsschwerpunkte einbringen können. Ein Beispiel soll dieses geplante Vorhaben erläutern:

Basisberuf: *Industriemechaniker*.

Vor der Differenzierung werden die Basiskenntnisse und -fertigkeiten vermittelt. Je nach Differenzierungswunsch öffnet sich der Weg für unterschiedliche spezielle Ausbildungen. Diese sind z.B. Anlagenmechaniker/-in, Industriemechaniker/-in, Konstruktionsmechaniker/-in oder Zerspanungsmechaniker/-in.

Auch die schulischen Aufbauangebote sind im Laufe der Jahre weiter ausgebaut und den Erfordernissen angepasst worden. Sie bieten auch dem „Spätzügler“ noch viele Möglichkeiten für eine individuelle maßgeschneiderte Aus- oder Weiterbildung. Mit diesen, während des Ausbildungsprozesses angebotenen Wahlmöglichkeiten, entschärft sich die anfangs drohende Endgültigkeit der Berufswahl und eröffnet Spielräume für weitere Auswahloptionen für die Zukunft.

Die Kombination und Vernetzung schulischer Bildungsabschlüsse mit beruflichen Qualifikationen, insbesondere nach einer Erstausbildung, öffnen Voraussetzungen, mit den laufend geänderten Qualifikationsanforderungen Schritt halten zu können. Die Chancen für eine kontinuierliche berufliche Weiterentwicklung hängt wesentlich vom Erwerb der schulischen und beruflichen Qualifikation der Erstausbildung ab. Es empfiehlt sich dringend, eine entsprechende Fachberatung der Arbeitsagenturen in Anspruch zu nehmen. Die richtige Weichenstellung in die Zukunft kann davon abhängen.

Impulse für eine Berufsentscheidung liefert in erheblichen Maße auch der Unterricht in den Schulen. Nicht selten erkennen Lehrkräfte individuelle Begabungen. Durch gezielte Projektangebote in AGs kann das geweckte Interesse die Schülerinnen und Schüler zu außerordentlichen Leistungen motivieren. Sollte daraus ein Berufswunsch erwachsen, wäre dies eine gute Voraussetzung für eine gelungene Entscheidung für den Traumberuf.



LeVCS JEFHCE