



Seminararbeit

Thema: Stick-Slip-Effekt: Untersuchung und Darstellung anhand von Kreide

Verfasser/in: Marinus Esterer

Leitfach: Physik

Seminarkürzel: 2W_ph

Lehrkraft: Dr. Thomas Grillenbeck

Abgabe der schriftlichen Arbeit am:

[Datumsstempel Sekretariat]

Präsentation mit Prüfungsgespräch am:

____.____.20____

Bewertung	Note	in Worten	Punkte		Punkte
schriftliche Arbeit				x 3	
Abschlusspräsentation				x 1	
<i>Summe</i>					
Gesamtleistung nach § 29 (7) GSO = Summe : 2 (gerundet)					

Unterschrift der Lehrkraft

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Hinführung an das Thema	3
2. Grundlagen.....	5
2.1 Definition des Stick-Slip-Effekts	5
2.2 Tribologie – Lehre der Reibung.....	6
2.2.3 Nanotribologie – Reibung auf atomarer Ebene	7
3. Darstellung des Stick-Slip-Effekts	9
3.1 Erste Überlegungen	9
3.2 Erster Versuchsaufbau.....	10
3.2.1 Versuchsbeschreibung	10
3.2.2 Auswertung und Fehleranalyse	11
3.3 Finaler Versuchsaufbau	12
3.3.1 Detaillierte Beschreibung	12
3.4 Auswertung unter anderen Versuchsbedingungen	14
3.4.1 Fixierung der Kreide.....	14
3.4.2 Winkel der Kreide zur Tafel.....	15
4. Fazit	16
Literaturverzeichnis	17
Abbildungsverzeichnis.....	18
Erklärung.....	19

1. Einleitung und Hinführung an das Thema

Ob in verschiedenen Bereichen des Alltags, wie zum Beispiel dem Knarzen von Türen, ratternden Scheibenwischern oder dem Quietschen von Kreide an einer Schultafel, in der Industrie bei der Verwendung von mechanischen Systemen, bei denen Roll- oder Gleitbewegungen vorkommen oder auch in der Natur in Form von Gleiten der tektonischen Platten entlang einer Verwerfung, lässt sich ein Phänomen feststellen, der sogenannte Stick-Slip-Effekt. Dieser Effekt tritt auf, sobald die Haftreibung zwischen sich berührenden Körpern größer ist, als die Gleitreibung. Da dieser Effekt häufig negative Aspekte, aufgrund des beständigen Wechselspiels zwischen Haften und Gleiten mit sich bringt, ist eine genauere Erforschung, sowie eine detaillierte Befassung mit diesem notwendig. Insbesondere in industriellen Bereichen können solche ungewollten Auswirkungen durch das unkontrollierte Reibschwingen auftreten. Auffallende Geräusche, ein erhöhter Verschleiß von verwendeten Teilen, sowie ein ineffizienter Energieverbrauch sind alles negative Auswirkungen des Phänomens¹, weshalb es heutzutage von großer Bedeutung ist, die zugrundeliegenden Ursachen des Stick-Slip-Effekts zu begreifen und geeignete Strategien anzuwenden, um unerwünschten Folgen entgegen zu wirken oder diese gar vollständig zu verhindern. Dieser Effekt hat auch in der Physik und den damit verbundenen Bereichen eine breite Forschungspalette geschaffen. Das Analysieren des Verhaltens von Fremdkörpern unter verschiedenen Bedingungen und Umständen ist insofern wichtig, da auf diesem Wege Reibungsmechanismen besser verstanden werden können. Die akribische Betrachtung dieses Phänomens erzielt eine Vielzahl von Methoden zur Untersuchung der Auswirkungen des Effekts, welche die Ergebnisse mit theoretischen Modellen vergleichen können. Dies ermöglicht eine präzisere Planung und ein kalkuliertes Umgehen mit dem Stick-Slip-Effekt. Oftmals

¹ (Maschinenbau-Wissen, 2009)

wird der Effekt folglich mit etwas Negativem assoziiert, was jedoch nicht zwingend der Fall sein muss. In der Musik wird das Stick-Slip-Phänomen genutzt, um charakteristische Klänge zu erzeugen. Während dem Streichen über die Saiten einer Geige oder eines anderen Saiteninstruments wechselt die Haftung des Bogens und das Gleiten in schneller Abfolge, weshalb ein voller Ton zu hören ist. Durch die Haftreibung zwischen dem Bogenhaar wird die Saite des Instruments in Schwingung versetzt und durch das anhaltende Gleiten des Bogens über die Saiten, werden die Schwingungen aufrechterhalten.² Auch bei der Entwicklung moderner Bremssysteme, wie sie im Automobilbereich genutzt werden, spielt der Effekt eine gravierende Rolle. Während dem Bremsen kommt es erneut zu dem Wechselspiel zwischen Haftung und Gleiten, wodurch eine effektive Übertragung der Bremskraft erzielt werden kann. Ausgehend von diesem Aspekt ist es möglich, dass die Bremsen empfindlich auf bereits kleinste Veränderungen der Bremskraft während des Bremsvorgangs reagieren können, um die größtmögliche Bremsleistung zu gewährleisten, ohne dem Blockieren der Reifen entgegenzutreten zu müssen. Besonders gut lässt sich diese Technik anhand der mittlerweile verwendeten Anti-Blockier-Systeme erkennen. Diese nutzen den Stick-Slip-Effekt gezielt so, dass das Blockieren der Räder während des Bremsvorgangs ausbleibt und der Bremsdruck den optimalen Zustand beibehält, bei dem das Rad genügend Haftung aufrechterhält, um die Richtungskontrolle weiterhin zu gewährleisten. Gleichzeitig wird aber auch das Gleiten zugelassen um die Bremsleistung dennoch maximal groß zu halten.³ Das Vorkommen in den verschiedensten Bereichen des alltäglichen Lebens, macht diesen Effekt zu einem ständigen Begleiter der meisten Menschen, ohne dass dies zwingend auffällt. Basierend auf den vielfältigen Anwendungsbereichen des Stick-Slip-Effekts bieten sich einige Möglichkeiten diesen genauer zu betrachten. Ziel der

² (Frankfurt University of Applied Sciences, 2017)

³ (The International Independent Aftermarket Association, kein Datum)

Arbeit ist es daher, durch eine umfangreiche Untersuchung von Versuchen, dem Vergleich dieser, sowie theoretischen Analysen bezüglich des Effekts ein weitreichenderes Verständnis für die zugrundeliegenden physikalischen Aspekte dessen zu entwickeln.

2. Grundlagen

2.1 Definition des Stick-Slip-Effekts

Der Begriff Stick-Slip-Effekt bezieht sich auf ein Bewegungsverhalten, bei welchem ein dauerhafter Wechsel von Haft- zu Gleitreibung stattfindet. Genauer gesagt muss hierbei ein Wechselspiel zwischen zwei benachbarten Oberflächen stattfinden, bei dem es durch direktes Aufeinanderfolgen von Haftung (Stick) und Gleiten (Slip) zu diesem Effekt kommt. Diese beiden Phasen lassen sich auch als Ruhe- und Gleitphasen während der Stick-Slip-Bewegung bezeichnen. Um das Auftreten des Phänomens genauer verstehen zu können, muss die Oberflächenstruktur auf mikroskopischer Ebene betrachtet werden. Diese sind selten so glatt, wie sie auf den ersten Blick erscheinen. Bereits feine Unregelmäßigkeiten dieser, im Sinne von Vertiefungen, Erhebungen oder auch kleineren Defekten ermöglichen es den Strukturen, sich ineinander zu verhaken. Erhebungen, welche beispielsweise auf einer Instanz auftreten, greifen folglich in Vertiefungen der anderen Instanz. Aufgrund dieser Haftung ist ein anfänglicher Widerstand gegeben, was für einen Anstieg der Haftungskraft sorgt. Jegliche Unregelmäßigkeiten der Strukturen fördern folglich die Haftung, welche erst nach Überwinden der dafür benötigten Kraft gelöst werden kann.⁴ Diese benötigte Kraft ist je nach Fall unterschiedlich und von einigen Faktoren abhängig. Wenn es dann zum spezifischen Gleiten entlang der Oberflächen kommt, wird weitaus weniger Kraft benötigt, als

⁴ (Professor Dr. Dierk Raabe, 2004)

ursprünglich für den Ausgang der Bewegung notwendig war. Dies kann aber nur so lange geschehen, wie die aufgebrachte Kraft ausreicht, um die Haftungen an Erhebungen und dergleichen, zu überwinden, ohne dass es zum Verhaken wie zu Beginn kommt. Damit die Oberflächen erneut haften

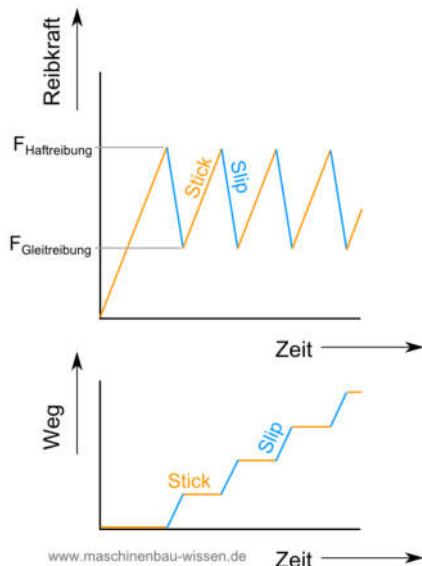


Abbildung 1: Diagramm Stick-Slip-Effekt

bleiben können, muss die äußere Kraft nachlassen, was im Großteil der Fälle passiert, da die von außen wirkende Kraft meistens nicht unendlich lange konstant ist, sondern schwankt. Zudem sorgt ein Blick auf atomare Ebene für mehr Klarheit in Bezug auf Reibung, da bereits kleinste Atome diese beeinflussen. Die Abfolge des plötzlichen Lösens und wieder Haftens ist die Grundlage des charakteristischen Zyklus des Stick-Slip-Effekts. Das Zusammenspiel dieser Faktoren ist ein wichtiger Teil des

Haftgleiteffekts, weshalb die Betrachtung dieser Aspekte nötig ist, um den Effekt verstehen zu können.

2.2 Tribologie – Lehre der Reibung

Der Begriff Tribologie entspringt dem griechischen Wort „*tribo*“, was so viel wie reiben bedeutet. Die Tribologie, auch Reibungslehre genannt, befasst sich mit der wissenschaftlichen Beschreibung der Reibung, der Berechnung und Messung von Reibungskoeffizienten, sowie dem Verschleiß und der notwendigen Schmierung zwischen in Relativbewegung interagierenden Oberflächen.⁵ Zur heutigen Zeit findet die Tribologie in Bereichen wie Physik, Chemie oder dem Maschinenbau hohe Verwendung. Auch in

⁵ (Wikipedia, 2023)

früheren Zeiten beschäftigten sich die Menschheit mit der Beschaffenheit von Reibung. Auf gefundenen, alt-ägyptischen Schrifttafeln sind Abbildungen zu sehen, auf denen sich erkennen lässt, dass die Menschen bereits damals erkannt haben, dass Schmierstoffe einen Einfluss auf die Reibung haben und verwendeten Öl, um dieser entgegenzuwirken. Auch zur Zeit der Renaissance wurden durch das Inbild dieser Epoche, Leonardo da Vinci, Reibungsgesetze aufgestellt, welche heutzutage auf ähnliche Weise definiert sind.⁶ Ebenso wie damals ist die Reibungslehre auch heute noch bedeutend für die Entwicklung von Technik. Während dieser zur damaligen Zeit eher geringfügiger Beachtung geschenkt wurde, ist sie im modernen Zeitalter weitaus öfter vertreten. Allein in der Automobilindustrie ist die Tribologie ein häufig verkehrender Faktor. Die ständige Erforschung von Reibung spielt hier eine große Rolle, um Verschleiß und Energieverbrauch zu reduzieren. Dies gewährt Sicherheit und einen effizienteren Gebrauch für all diejenigen, die Autos nutzen, was allein 77 % Prozent aller Haushalte im Jahre 2021 in Deutschland betraf⁷. Reibung ist folglich ein großer Bestandteil der Gesellschaft. Schätzungen vermuten, dass Industrieländer jährlich Verluste in Höhe von 2 % bis 7 % des Bruttosozialprodukts aufgrund von Reibung und Verschleiß verbuchen müssen⁸. Ebenso ist für den Stick-Slip-Effekt Reibung ein Faktor hoher Wichtigkeit.

2.2.3 Nanotribologie – Reibung auf atomarer Ebene

Nanotribologie ist der Zweig der Tribologie, der sich mit Reibungs-, Verschleiß-, Haftungs- und Schmierphänomenen im Nanobereich beschäftigt. Hierfür werden atomare Wechselwirkung, sowie Quanteneffekte berücksichtigt, um eine Verbesserung von Oberflächen für

⁶ (Saint Gobain, 2021)

⁷ (Statistisches Bundesamt, 2022)

⁸ (Gesellschaft für Tribologie e.V., kein Datum)

wissenschaftliche und technologische Zwecke zu ermöglichen.⁹ Neben der bereits genannten Beeinflussung der Reibung durch die Oberflächenbeschaffenheit, wird die Reibung ergänzend durch Abläufe auf atomarer Ebene bestimmt. Erkenntnisse zahlreicher Versuche ergaben, dass Vibrationen der Atome in Grenzschichten eine zentrale Rolle spielen, genauer gesagt ist das Schwingungsvermögen dieser Atome von Bedeutung. Ein amerikanisches Forscherteam machte sich dieses Wissen als Grundlage für ihren Versuch zur Erklärung von Reibung im Nanobereich zu Nutzen. Hierfür beschichteten sie reinste Diamant- und Siliziumproben mit einfachem Wasserstoff (H) und schwerem Wasserstoff (Deuterium, D), da diese dieselben chemischen Eigenschaften besitzen, sich jedoch im Gewicht unterscheiden, wobei Deuterium doppelt so schwer ist. Die Proben wurden mit diesen beschichtet. Anschließend wurde die Spitze eines Rasterkraftmikroskops mit einer Kraft im Nanonewton Bereich an der Oberfläche entlanggefahren. Es stellte sich heraus, dass der Reibungswiderstand an der mit Wasserstoff beschichteten Oberfläche ca. 26 % größer war, als bei der mit Deuterium beschichteten Oberfläche. Grund hierfür war, dass die leichteren Wasserstoffatome einfacher zum Schwingen gebracht werden konnten und es ihnen somit möglich war, mehr Bewegungsenergie aufzunehmen.¹⁰ Österreichische Physiker fanden zudem heraus, dass auch auf Nanoebene eine Beziehung zwischen Reibung und der Kraft, die auf die Kontaktflächen wirkt, besteht¹¹. Bei der Analyse und Beobachtung des Stick-Slip-Effekts, ist die Berücksichtigung der Reibung im Sinne der Nanotribologie notwendig, um die Eigenschaften und Verhaltensweisen, welche auftreten, während Reibung stattfindet, genauer verstehen zu können. Da gerade in der heutigen Zeit Erforschung in der Nanotribologie mehr Berücksichtigung zukommt, steigt auch unser Verständnis für Reibung im Allgemeinen. Ebenso sind für das Verstehen des Stick-Slip-Effekts eben diese Erkenntnisse von Relevanz.

⁹ (Wikipedia, 2023)

¹⁰ (Löffken J.O., 2007)

¹¹ (DerStandard, 2015)

3. Darstellung des Stick-Slip-Effekts

3.1 Erste Überlegungen

Für die Darstellung des Stick-Slip-Effekts ist die Funktionsweise und Abhängigkeit von äußeren Einflüssen für den Effekt wichtig zu verstehen. Um einen aussagekräftigen Versuch, welcher diesen darstellt, zu erarbeiten und aufzubauen, müssen also auf praktischer Ebene erste Erkenntnisse gezogen werden. Hierfür ist die Erzeugung des Effekts mit Kreide an einer gewöhnlichen Schultafel, bei der Kreide in der Hand gehalten und über die Tafel gezogen wird, geeignet, da so nach Belieben das Phänomen wiederholt und unter verschiedenen Umständen angepasst werden kann. Basierend darauf kann bereits im Kleinen verstanden werden, inwieweit der Stick-Slip-Effekt abhängig von Änderungen während der Erzeugung ist. Punkte wie Druck, Neigungswinkel der Kreide oder auch die unterschiedlichen Ergebnisse, die entstehen, je nachdem wie fest die Kreide in der Hand gehalten wird, sind so schnell begreifbar gewesen. Ausgehend von diesen festgestellten Ergebnissen, konnten erste Ideen für den Aufbau eines Versuches vorgelegt werden. Diesbezüglich ist natürlich die Gewährleistung für zunächst identische Umstände nötig, um so im Nachhinein in der Auswertung vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Folglich muss also ein Versuch erstellt werden, bei dem bei jeder Durchführung Aspekte wie Winkel der Kreide, Anpressdruck und Oberflächenbeschaffenheit gleich sind und nur nach Belieben abgeändert werden können. Um schließlich Endergebnisse zu erhalten, mit denen der Stick-Slip-Effekt verglichen und ergründet werden kann, ist das oben erwähnte Beispiel der Darstellung mit Kreide an einer Tafel passend.

3.2 Erster Versuchsaufbau

3.2.1 Versuchsbeschreibung

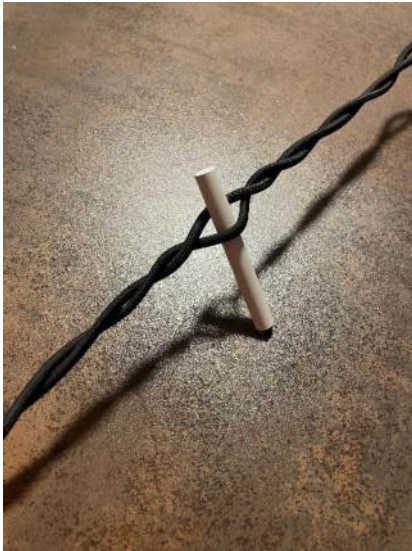


Abbildung 2: Einspannen der Kreide

Die Überlegungen für den ersten Versuchsaufbau, welcher unter Verwendung einer gewöhnlichen Stehtafel, weißer Schulkreide, zweier Holzblöcke, mit jeweils einem eingesteckten Nagel, und einem Gummiband stattfinden sollte, waren folgende. Die Stehtafel wird auf einer waagrechten Oberfläche platziert. An zwei gegenüberliegenden Seiten der Tafel werden die beiden Holzblöcke, von denen jeder mit jeweils einem senkrecht nach oben ragenden Nagel bestückt wird, angelegt. Zwischen diesen beiden Blöcken wird ein Gummiband eingespannt, sodass es unter Spannung über die Tafel ragt. Anschließend wird die Schulkreide mittig in das Gummiband eingesteckt und so eingedreht, dass es unter Spannung auf die Tafel gedrückt wird. Je nachdem wie oft man diese eindreht, kann so die Relevanz des Anpressdrucks festgestellt werden. Außerdem sollte, je fester die Kreide eingebettet ist, leichter bestimmt werden können, unter welchem Winkel sie auf der Tafel steht. Die Durchführung des Versuchs sollte zeitgleiches Auf- und Abschieben der beiden Holzblöcke an der Tafel entlang beinhalten. Somit sollte auch das Gummiband samt Kreide über die Tafel gezogen werden, um den Stick-Slip-Effekt zu simulieren und durch den Abrieb der Kreide anzuzeigen.

3.2.2 Auswertung und Fehleranalyse

Der vorliegende Versuch erbrachte nicht die erhofften Ergebnisse. Bereits durch provisorisches Einspannen der Kreide in das Band zwischen zwei Händen konnte festgestellt werden, dass das Konstrukt zu locker ist. Der Stick-Slip-Effekt war zwar minimal anhand des Abriebs zu erkennen, jedoch nicht wie gewünscht als gepunktete Linie mit Abständen zwischen den Punkten, sondern eher als unregelmäßig gezeichneter Strich. Grund dafür war das Gummiband. Dieser Faktor wurde zu stark ins Schwingen gebracht, woraus folgt, dass die Kraft des Effekts sich nicht in die Kreide übertragen hat, vielmehr als Schwingen in das Gummiband übergang. Während die Kreide in die vermeintliche Haftphase übergang, dehnte sich das Konstrukt aus Band und Kreide schräg nach hinten und sorgte so für einen unregelmäßigen Ablauf. Sobald die Kreide fester eingespannt wurde, um das Schwingen zu verhindern, drehte sie sich bei Kontakt auf der Tafel wieder aus. Hinzukommt das Brechen der Kreide, da diese sich beim Ausdrehen schnell wieder löste. Auch unter Verwendung eines weniger elastischen Stoffbandes konnten ähnliche Ergebnisse beobachtet werden. Aus diesem Versuch konnten jedoch hilfreiche Erkenntnisse gezogen werden. Für eine ordentliche Darstellung muss also eine stärkere Befestigung der Kreide vorliegen, wie es beispielsweise der Fall war, als die Kreide in der Hand gehalten wurde.

3.3 Finaler Versuchsaufbau

3.3.1 Detaillierte Beschreibung

Der finale Versuchsaufbau wurde unter Berücksichtigung der bisherigen Erkenntnisse aufgezo- gen. Materialien wie die Stehtafel, gewöhnliche Schulkreide und ein Holzblock blieben gleich. An dem Holzblock, welcher 11 cm hoch ist, wird ein metallener Winkelverbinder auf 8 cm Höhe angebracht. Dieser wird mit Schrauben und Muttern so befestigt, dass er im Nachhinein beliebig einstellbar bleibt, um eine Winkeländerung zu ermöglichen. Als Verlängerung an das Metallstück ist eine Metallschiene, mit der Länge 50 cm, mit Hilfe von Kabelbindern befestigt. Am Ende der Schiene befindet sich das Konstrukt, in dem die Kreide befestigt werden soll, ebenfalls mit Kabelbindern angebracht. Als Halterung für die Schulkreide dient eine Fertigung aus dem 3D-Drucker, welche einem Schnapsglas ähnlich ist. Um die



Abbildung 3: Befestigung an Holzblock

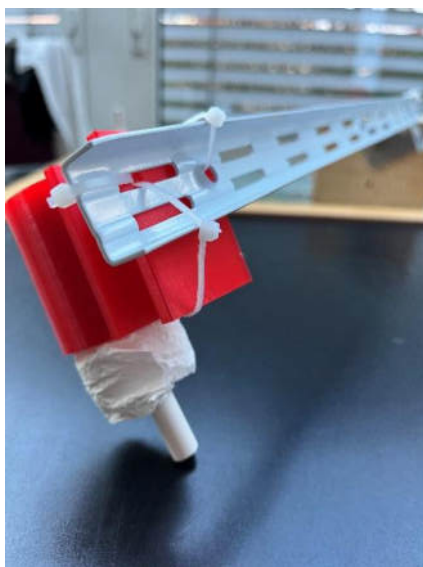


Abbildung 4: Befestigung der Kreide in 3D-Druck Halterung

Kreide zum einen stabil zu befestigen und ihr zum anderen etwas Spielraum zu geben, bietet sich das Einwickeln dieser in Küchenrolle an. Diese Verwicklung wird dann in die 3D-Druck Halterung eingesetzt, sodass die Kreide nicht herausfallen kann und dennoch nicht absolut starr ist. Abschließend wird dieser Aufbau mit dem Holzblock, welcher neben der, auf einer waagrechten Oberfläche liegenden Tafel, angelegt wird, auf- und abgeschoben. Das ganze Konstrukt imitiert das Halten der

Kreide in der Hand, bei dem der Stick-Slip-Effekt gut zum Vorschein kommen kann.



Abbildung 5: Versuchsaufbau

3.3.2 Auswertung

Für einen Vergleich der verschiedenen Ergebnisse habe ich den Effekt als Erstes unter folgenden Voraussetzungen erzeugt. Die Kreide, welche mit einem Winkel von ca. 60° auf der Tafel steht, ist in $3\frac{1}{2}$ Blättern Küchenrolle eingewickelt und in die 3D-Druck Halterung eingesteckt. Der Anpressdruck der Kreide, welcher bei jeder Abänderung des Versuchs identisch bleibt, beträgt in etwa $1,77\text{ N}$, was sich nach Messung des Gewichts auf einer digitalen Küchenwaage berechnen lässt. Hier betrug das Gewicht der Kreidenspitze auf der Waage ca. 180 g . Zudem legte ich für jede Variation des Versuchs eine Version an, bei der der Holzblock schnell geschoben wurde und eine, bei der dieser langsam bewegt wird. Diese Ausgangssituation kann als Referenz für die Ergebnisse, welche bei Abwandlungen des Versuchs entstehen genutzt werden. Da die Tafel nach außen hin nicht perfekt Gerade ist, wird jeweils nur das Ergebnis in der Mitte beachtet.



Abbildung 6: Vergleichsergebnis, oben schnell, unten langsam

3.4 Auswertung unter anderen Versuchsbedingungen

3.4.1 Fixierung der Kreide

Um ein Ergebnis zu simulieren, bei dem die Kreide unterschiedlich fest in der Halterung sitzt und dieser somit entweder mehr Raum für Bewegung bleibt oder weniger, wird die Kreide in unterschiedlich viel Küchenrolle eingewickelt. Bei der Einwicklung in 3 Blätter konnte kein Stick-Slip-Effekt entstehen. Hier war die Kreide zu locker und fiel entweder aus der Befestigung heraus oder hinterließ nur eine schwache Spur auf der Tafel, die nicht dem Effekt glich. Die Nutzung von 4 Blättern jedoch ergab ein anderes Ergebnis. Die Abstände, der auf der Tafel hinterlassenen Punkte ist sowohl bei schneller Durchführung, als auch bei langsamer geringer und zudem gleichmäßiger auftretend zu erkennen. Auch die Geräuscherzeugung wich von der ursprünglichen Version ab. Diese ist um einiges lauter, was daran liegt, dass die Kreide nach jeder Frequenz mit mehr Druck und weniger Bewegungsspielraum auf die Tafel aufsetzt. Diese Menge der Küchenrolle war das maximal mögliche, da eine Anzahl von mehr als 4 Blättern nicht in der 3D-Befestigung Platz hat.

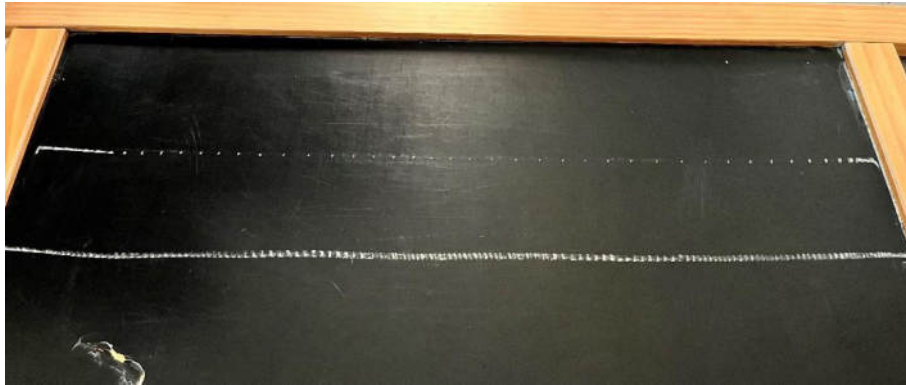


Abbildung 7: Stärkere Fixierung, oben schnell, unten langsam

3.4.2 Winkel der Kreide zur Tafel

Die Versuche haben ergeben, dass auch der Winkel, mit dem die Kreide auf die Tafel aufsetzt, für die Entstehung des Stick-Slip-Effekts entscheidend ist. Es besteht nur ein kleiner Bereich, der den Effekt ermöglichen kann. Dieser erstreckt sich von ca. 50° - 75° . Wird die Kreide in einem spitzeren Winkel über die Tafel gezogen, ergibt sich eine gewöhnliche Linie. Beträgt der Winkel mehr als 75° , zeichnen sich ansatzweise Stick-Slip förmige Abriebe ab, die jedoch so geringfügig sind und eher an eine unsauber gezeichnete Linie erinnern, dass von einer tatsächlichen Erzeugung nicht die Rede sein kann. Eine mögliche These, weshalb hierbei im Vergleich zu einem spitzeren Winkel keine normale Linie entsteht ist, dass auf diese Weise ein größerer Teil der stumpfen Fläche der Kreide einen direkten Kontakt zur Tafel hat. Dies sorgt für einen Anstieg der Haftreibung, weshalb ein gleichförmiges Gleiten erschwert wird.



Abbildung 8: Winkeländerung, oben 40° Winkel, unten 85° Winkel

4. Fazit

Der Stick-Slip-Effekt durchzieht unser Leben auf unterschiedliche und oft subtile Weise und ist Einigen nicht einmal ein gängiger Begriff. Sicherlich ist jedoch ein Jeder diesem Phänomen bereits über den Weg gelaufen ohne dies aktiv wahrzunehmen. Dennoch spielt er in verschiedenen Bereichen eine wichtige Rolle, wie beispielsweise in der Industrie, wo er als Problem gehandhabt wird; bei Saiteninstrumenten ist der Effekt jedoch zwingend notwendig um einen Ton erzeugen zu können. Auch in der Auswertung und Analyse meines Versuchs wird deutlich, dass der Stick-Slip-Effekt auf unterschiedlichen Wegen entstehen kann und sich von Fall zu Fall unterscheidet. Bereits kleinste Veränderungen der Variablen können für einen abgeänderten Ausgang sorgen. In einem erweiterten Kontext betrachtet, zeigt uns dieser Effekt auf, dass sich selbst in den kleinsten Anwendungen eine Welt der Physik und Wissenschaft verbergen kann. Absolut erforscht und begründet ist er aber auch heute noch nicht. Während auf atomarer Ebene zwar Fortschritte für eine Erklärung nach und nach erzielt werden können, sind nach wie vor die exakten Ursachen ungeklärt. Zukünftig ist weiteres untersuchen und analysieren des Effekts deshalb essenziell, um ein Verständnis für diesen zu entwickeln und zu vertiefen, um so dessen Anwendungen zu optimieren.

Literaturverzeichnis

DerStandard, 2015, Wie Reibungskräfte auf atomarer Ebene wirken, in: <https://www.derstandard.at/story/2000018851948/wie-reibungskraefte-auf-atomarer-ebene-wirken> ; Zugriff vom 16.10.2023

Frankfurt University of Applied Sciences, 2017, Die Autobremse gleicht einem Musikinstrument / Studie stellt neue Ansätze zur Schalldämpfung vor, in: [https://idw-online.de/de/news667772#:~:text=Der%20Haft-Gleit-Prozess%20\(,sowie%20die%20Rückstellkraft%20der%20Saite.](https://idw-online.de/de/news667772#:~:text=Der%20Haft-Gleit-Prozess%20(,sowie%20die%20Rückstellkraft%20der%20Saite.) ; Zugriff vom 13.10.2023

Gesellschaft für Tribologie e.V., kein Datum, Was ist Tribologie?, in: <https://www.gft-ev.de/de/was-ist-tribologie/> ; Zugriff vom 15.10.2023

Jan Oliver Löffken, 2007, Reibung auf atomarer Ebene, pro-physik, in: <https://pro-physik.de/nachrichten/reibung-auf-atomarer-ebene#:~:text=eine%20zentrale%20Rolle.-,Bei%20der%20Reibung%20auf%20atomarer%20Ebene%20spielen%20Vibrationen%20der%20Atome,aneinander%2C%20erzeugen%20Wärme%20und%20verschleiß.> Zugriff vom 16.10.2023

Maschinenbau-Wissen, 2009, Pneumatikzylinder – der Stick-Slip Effekt, in: <https://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/fluidtechnik/pneumatik/258-stick-slip> ; Zugriff vom 13.10.2023

Professor Dr. Dierk Raabe, Einfluss der Rauheit metallischer Oberflächen auf Reibung und Rückfederung, Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf, 2004, S.8f.

Saint Gobain, 2021, Was ist Tribologie, in: <https://www.bearings.saint-gobain.com/de/blog/tribologie> ; Zugriff vom 14.10.2023

Statistisches Bundesamt, 2022, Pkw-Dichte im Jahr 2021 auf Rekordhoch, in: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/09/PD22_N058_51.html#:~:text=77%20%25%20aller%20Haushalte%20besaßen%202021%20mindestens%20ein%20Auto&text=Hier%20ging%20der%20Trend%20in,2011%20\(77%2C9%20%25\).](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/09/PD22_N058_51.html#:~:text=77%20%25%20aller%20Haushalte%20besaßen%202021%20mindestens%20ein%20Auto&text=Hier%20ging%20der%20Trend%20in,2011%20(77%2C9%20%25).) ; Zugriff vom 15.10.2023

The International Independent Aftermarket Association, kein Datum, Antiblockiersystem (ABS), in: <https://www.mein-autolexikon.de/bremse/antiblockiersystem-abs.html> ; Zugriff vom 13.13.2023

Wikipedia, 2023, in: <https://de.wikipedia.org/wiki/Tribologie> ; Zugriff vom 13.10.2023

Wikipedia, 2023, in: <https://en.wikipedia.org/wiki/Nanotribology> ; Zugriff vom 14.10.2023

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Diagramm Stick-Slip-Effekt, 2009, Maschinenbau-Wissen, in: <https://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/fluidtechnik/pneumatik/258-stick-slip> ; Zugriff vom 13.10.2023

Abbildung 2: Einspannen der Kreide, Quelle: eigene Aufnahme

Abbildung 3: Befestigung an Holzblock, Quelle: eigene Aufnahme

Abbildung 4: Befestigung der Kreide in 3D-Druck Halterung, Quelle: eigene Aufnahme

Abbildung 5: Versuchsaufbau, Quelle: eigene Aufnahme

Abbildung 6: Vergleichsergebnis, oben schnell, unten langsam, Quelle: eigene Aufnahme

Abbildung 7: Stärkere Fixierung, oben schnell, unten langsam, Quelle: eigene Aufnahme

Abbildung 8: Winkeländerung, oben 40° Winkel, unten 85° Winkel, Quelle: eigene Aufnahme

Seminararbeit

Erklärung der eigenständigen Erstellung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

Ort, Datum

Unterschrift des Verfassers/der Verfasserin