

Die 20 Experimentierstationen:
I n f o r m a t i o n e n
A n l e i t u n g e n
B e o b a c h t u n g e n

Versuch macht klug

Vorschulische Begegnungen mit Naturwissenschaft und Technik

INHALT:

Einleitung	2
Liste der Experimentierstationen	3
Darstellung der Experimentierstationen	4
1. Begehbare Brücke	4
2. Weiche Brücke	6
3. Wippe oder schiefe Ebene	10
4. Längste Kugelbahn	11
5. Fliehkraftscheibe	13
6. Licht und Schatten	14
7. Farbkreis, Farbenspiel	15
8. Unendlichkeitsspiegel	16
9. Drehspeigel und Spiegelbuch	18
10. Kaleidoskop	19
11. Wasserexperimente	20
12. Der Kartesianische Taucher oder Flaschentänzer	22
13. Luftballon im Luftstrom	23
14. Luftdruckhebebühne	25
15. Luftdruckspritzen	27
16. Magdeburger Halbkugeln (Gummisaugheber)	29
17. Richtungshören	31
18. Magnete	32
19. Durchgangsprüfer - Materialprüfer	35
20. Bleistifttonleiter	36
Anregungen für weitere Versuche	38
Literaturempfehlungen	39



NORDMETALL
Stiftung



VEREINIGUNG
Hamburger Kindertagesstätten gGmbH



Was finden Sie in dieser Broschüre?

Während es im ersten Heft dieses Ordners, den *"Anregungen für die pädagogische Praxis"*, um allgemeine Informationen zum durch die **NORDMETALL Stiftung** geförderten Projekt **Versuch macht klug** geht, dort die Stationen im Überblick vorgestellt, die Aufgaben der Erzieherinnen erörtert und die Ergebnisse der Evaluation präsentiert werden, hat *diese* Broschüre die Aufgabe, Nutzer der Experimentierstationen detaillierter mit den einzelnen Stationen vertraut zu machen.

Jede Lernstation wird nach dem gleichen "Muster" beschrieben: *Durchführung / Beobachtung / Erläuterung / ggf. Zusatzinforma-*

tionen / Erfahrungen an der Station / Beobachtungen und Kommentare der Erzieherinnen und Kinder.

Wenn dabei in den Fußnoten auf den **Evaluationsbericht Versuch macht klug** verwiesen wird, so bezieht sich das immer auf den Abschlussbericht der Wissenschaftler *Lutz Fiesser, Michael Philippi* und *Fritz Schließmann* der *Universität Flensburg*, die im Sommer 2005 den Einsatz der Experimentierstationen und die Lerneffekte bei den Kindern genauer unter die Lupe genommen haben.



Die Experimentierstationen

3

Bauen, Konstruieren – Wirkung von Kräften

- 01. Begehbare Brücke
- 02. Weiche Brücke
- 03. Wippe oder schiefe Ebene
- 04. Längste Kugelbahn
- 05. Fliehkraft



Licht, Farbe, Spiegel

- 06. Licht und Schatten
- 07. Farbkreis, Farbenspiel
- 08. Unendlichkeitsspiegel
- 09. Drehspiegel und Spiegelbuch
- 10. Kaleidoskop



Wasser und Luft

- 11. Wasserexperimente
- 12. Der Kartesianische Taucher oder Flaschentänzer
- 13. Luftballon im Luftstrom
- 14. Luftdruckhebebühne
- 15. Luftdruckspritzen
- 16. Magdeburger Halbkugeln (Gummisaugheber)
- 17. Richtungshören



Magnetismus und Strom

- 18. Magnete mit verschiedenen Materialien
- 19. Durchgangsprüfer (welche Materialien leiten den Strom?)
- 20. Bleistifttonleiter



1. Begehbare Brücke

Durchführung: Die Kinder bauen aus den sieben einzelnen Holzbausteinen zwischen zwei festen Widerlagern (Fundamentklötze) einen Bogen. Dies gelingt bei genügend vielen geschickten Händen ohne Hilfsmittel. Der begehbare Bogen kann aber auch mit Hilfe der Aufbauschablone zusammengesetzt werden. Die Buchstaben auf den Bausteinen geben den Erwachsenen Orientierungshilfe. Die Vorschulkinder kommen schon gut mit den Zahlen zurecht.

Beobachtung: Nachdem die Aufbauhilfe entfernt wird, ist der Bogen in der Mitte belastbar.

Erläuterung: Der Bogen gewinnt seine Stabilität dadurch, dass jeder Klotz von seinen Nachbarklötzen gestützt wird. Die Druckkräfte verteilen sich bei einer Kettenform symmetrisch und genau senkrecht auf die Fugen des darunter liegenden Klotzes. Da die Fundamentklötze fest mit dem Untergrund verbunden sind und nicht wegrutschen können, geben sie den Halt und nehmen die gesamte Kraft auf. Der Bogen trägt sogar einen erwachsenen Menschen.

Hintergrundinformation: Bogenformen sind stabil! Zum Beispiel kann auch ein Ei eine hohe Last tragen. Die Schale ist von außen nur schwer zu zerstören, da auch hier die Druckkraft, z.B. die eines Nagels, wie beim Bogen über das gesamte Ei weitergegeben wird. Von innen wiederum ist die Schale des Eis leicht zu durchbrechen. Zum Glück, denn sonst hätten die Küken Schwierigkeiten zu schlüpfen.





Zusatzversuch: Zwischen zwei festen Klötzen wird ein Blatt Papier einmal glatt aufgelegt und einmal im Bogen dazwischen geklemmt. Der Bogen kann kleine Gegenstände tragen, das plan aufliegende Blatt nicht.



Erfahrungen an der Station: Die Kinder haben mit dieser Station ausdauernd gebaut. Um den Rundbogen zu erzeugen, haben sie sich an die Zahlen oder Buchstaben gehalten. Viele haben auch die Aufbauhilfe genutzt. Jedes Mal war es ein spannendes Unterfangen, auf die Brücke zu steigen. Oftmals ist es schief gegangen, und trotzdem haben die Kinder es immer wieder neu versucht, bis sie herausgefunden hatten, wo man auf der Brücke stehen muss, damit sie nicht zusammenbricht. Diese Erfahrung hat ihnen viel Freude bereitet.

Die Erzieherinnen haben berichtet, dass an dieser Brücke zwischen den Kindern viel Teamarbeit stattgefunden hat, und sie viele Diskussionen miteinander hatten, wie man am besten auf die Brücke steigt, ohne dass sie zusammenbricht.

Beobachtungen von Erzieherinnen und Kommentare der Kinder an der Station¹⁾:

- ▶ "Hier kann man drauf stehen!"
- ▶ "Du musst das stabil machen!"
- ▶ Das Kind kennt weder Zahlen, noch das Alphabet, versucht wiederholt den Aufbau, ist fasziniert, gibt dann aber doch auf.
- ▶ "Ihr müsst euch auf die Mitte stellen, dann geht es nicht kaputt."
- ▶ Die Kinder trauen sich nicht auf die Brücke – vermutlich aus Skepsis.
- ▶ Barbiepuppen und Pferde spazieren über die Brücke.
- ▶ Sie rücken die Bauklötze immer wieder gerade.
- ▶ Das Kind baut Türme. "Warum hält die nur?"
"Das drückt von der Mitte auf die anderen Steine runter, deshalb stürzt es nicht ein." ■

¹⁾ zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 30

2. Weiche Brücke

Durchführung: Die Kinder begehen einmal die Brücke bei flachliegenden Seitenteilen und einmal bei aufgestellten Seitenteilen. Dazu werden die zwei mit Schlitzern versehenen Holzplatten an jedem Ende aufgesteckt.

Beobachtung: Die Kinder springen auf der weichen Brücke wie auf einem Sprungbrett. Werden die Seitenteile hochgestellt und mit dem eingeschlitzten Brett zusammengesteckt, ist die Brücke starr.

Erläuterung: Durch das Gewicht der Kinder wölbt sich die Brücke nach unten. Dabei wird das Brett auf der Oberseite zusammengedrückt und auf der unteren Seite gedehnt. So entstehen Druck- und Zugkräfte im Holz. Die Brücke verhält sich in aufgeklappter Form wie ein Sprungbrett, das durch die Druck- und Zugkräfte bestrebt ist, in die ursprüngliche, gerade Form zurückzugelangen.

Werden die Seitenteile hochgeklappt, stabilisiert sich die Brücke. Die Verbiegung der aufgestellten Seitenteile ist gering, da die Stauchung an der Oberseite und die Dehnung an der

Unterseite hier eine sehr hohe Kraft erfordern würde. Die Holzfasern müssten viel stärker gedehnt bzw. gestaucht werden, um eine merkliche Verbiegung zu verursachen.

Hintergrundinformationen: Prinzipiell führt eine Verbiegung immer zu Zugkräften auf der äußeren Seite und Druckkräften auf der inneren Seite. Wenn ein Körper nur Zugkräfte aufnehmen kann (z.B. ein Bindfaden), ist er ebenso wenig steif wie ein Körper, der nur Druckkräfte aufnehmen kann (z.B. Sand). "Biege feste Konstruktionen" erhält man dann, wenn beide Eigenschaften miteinander verbunden werden, wie z.B. bei Stahlbeton im Brückenbau. Holz hat den Vorteil, sowohl Druck- als auch Zugkräfte aufnehmen zu können.

Erfahrungen an der Station: Die "weiche Brücke" war bei vielen Kindern sehr beliebt. Sie haben sie im "festen Zustand" als Auto oder Schiff für intensive Rollenspiele genutzt. Besonders viel Spaß hat ihnen diese Station "im weichen Zustand" bereitet, weil sie dann zum Springen, wie auf einem Trampolin, einlud. Die weiche Brücke ist eine Station, die in der Kita viel Platz braucht und mit einem erheblichen Geräuschpegel verbunden ist.

1) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 30-31





Im Evaluationsbericht wird beschrieben, dass bei den Kindern die beiden verschiedenen Zustände der Brücke: "weich und fest" nicht unbedingt eine Bedeutung hatten. Wurden sie aber in den Erinnerungsinterviews auf ihre Hüpflebensnisse angesprochen, dann zeigte sich sehr wohl, dass verbunden mit der eigenen körperlichen Erfahrung ein Verständnis für das Phänomen dieser weichen Brücke vorhanden war.

Die Erfahrung mit dem eigenen Körper in der Wahrnehmung von unterschiedlichen Zuständen: "weich oder fest, federnd

oder starr" spielt bei dieser Station eine große Rolle, auch wenn diese von den Kindern nicht verbal ausgedrückt wird. Die weiche Brücke ist bei den Kindern mit der Erfahrung verbunden: man kann hüpfen oder man kann nicht hüpfen. Die bevorzugte Nutzung war die im Sinne eines Trampolins. Darüber hinaus ist die Station von den Kindern in vielfältiger Weise genutzt worden, z.B. als Boot, Auto, Sarg oder auch als Messlatte für die eigene Körpergröße. Die Erzieherinnen waren beeindruckt von dem Variantenreichtum der Kinder und erlebten diesen als pädagogisch ausgesprochen produktiv.¹⁾ ■



3. Wippe oder schiefe Ebene

Durchführung: Die Kinder können die Wippe auf verschiedene Weisen nutzen.

Bei der klassischen **Wippe** liegt der Unterlegbalken in der Mitte des langen Brettes. Die Vorrichtung lässt aber auf beiden Seiten noch zwei weitere Auflagepunkte zu, so können die Kinder mit unterschiedlichen Wippseitenlängen experimentieren.

Die Wippe lässt sich auch als **Waage** nutzen. Verschiedene Gegenstände können die Kinder auf die beiden Seiten der Wippe legen und damit das Gewicht vergleichen.

Eine eingebaute Wasserröhre mit Luftblase ermöglicht den Kindern bei einem Neigungswechsel, die Wanderung der Luftblase zu verfolgen.

Beobachtung: Beim **Wippen** ist es leicht für die Kinder, sich gegenseitig abwechselnd in die Höhe steigen zu lassen. Eine kleine Gewichtsverlagerung oder das Abstoßen vom Boden reicht aus, um die Wippe zu bewegen. Schwieriger wird es, wenn auf beiden Seiten nicht gleich viele Kinder sitzen oder sie nicht annähernd das gleiche Gewicht haben.

Um das Brett als **Waage** zu nutzen, ist der lange Balken zunächst schwebend ausgerichtet. Der Unterlegbalken liegt in der Mitte. Schon kleine Veränderungen stören das Gleichgewicht.

Erläuterung: Das **Wippen** macht am meisten Spaß, wenn die Kinder so sitzen, dass die Wippe ohne Bewegung der Kinder waagrecht steht. Beim Wippen bewegen sich die Kinder dann ohne große Kraftanstrengung um dieses labile Gleichgewicht der Wippe.





Die Wippe können auch Kinder nutzen, die nicht das gleiche Gewicht haben. Die Wippe ist dann versetzt gelagert, so dass die Wipparme unterschiedlich lang sind. Das leichtere Kind sollte dann auf dem längeren Arm der Wippe sitzen. Mit diesem Aufbau lässt sich die Hebelwirkung verdeutlichen. Eindrucksvoll ist es für die Kinder, einen Erwachsenen hochzuheben. Dies ist möglich, wenn sich zum Beispiel die Erzieherin auf die kurze Seite setzt und die Kinder auf der langen Seite sie durch immer mehr Kinder nach oben bewegen.

Um mit der **Waage** das Gewicht von unterschiedlichen Gegenständen zu vergleichen, müssen diese im gleichen Abstand zu den Enden der Waage liegen.

Hintergrundinformation: Wasserwaage: Eine Wasserwaage hat in der Mitte ein kleines Röhrchen, das mit Wasser und einer Luftblase gefüllt ist. Luft ist leichter als Wasser und deshalb steigt die Luftblase immer nach oben. Nur wenn die Wasserwaage waagrecht gehalten wird, liegt die Luftblase in der Mitte. Als Orientierungshilfe sind häufig zwei Striche eingezeichnet, die die Ränder der Luftblase markieren, wenn diese in der Mitte des Röhrchens liegt.

Der Hebel ist eine der ältesten und einfachen Maschinen. Er besteht aus einem starren Körper, der um eine feste Achse drehbar ist. Mit ihm lassen sich mit kleinem Kraftaufwand am langen Hebelarm (Kraftarm) große Kräfte am kurzen Arm (Lastarm) erzeugen. Bei Scheren und Zangen macht man sich zum Beispiel diese günstige Kraftumwandlung zu Nutzen.

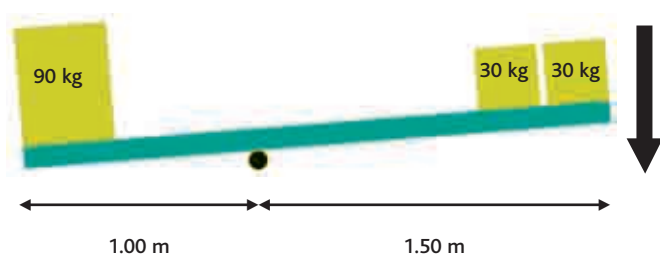
Hebelgesetz:

Kraft mal Kraftarm = Last mal Lastarm ▶▶▶



Für den Kraft- und Lastarm gibt man die Längen der Wippseiten vom Auflagepunkt bis zu den Enden an. Statt der Kraft kann man auch die Masse der Personen angeben, die sich auf den Hebelarm stellt. So lässt sich die Masse (bzw. Last) bestimmen, die am Lastarm gehoben werden kann.

Ein Beispiel: Sitzen zwei Kinder ($2 \times 30\text{ kg} = 60\text{ kg}$) auf der langen Wippenseite 1,5 m vom Wippen-Auflagepunkt entfernt, so können sie auf dem kurzen Arm von 1 m Länge eine Person von 90 kg heben. $60\text{ kg} \times 1,5\text{ m}$ ergibt das Gleiche wie $90\text{ kg} \times 1\text{ m}$.



Erfahrungen an der Station: Die Erfahrungen mit der Wippe sind eindrucksvoll. Die Kinder wenden vollkommen selbstverständlich die Grundgesetze der Physik an.

"Schon allein durch das bloße Spiel des Wippens wird ein verblüffend hohes Maß an elementarer Einsicht gewonnen, und das zusätzlich unter vollkommener Verschmelzung mit der kindlichen Erfahrungswelt: Wissen ist hier Erleben und Erleben ist Wissen, ohne dass eine bewusste Grenze wahrgenommen wird – ein uns Erwachsenen meist doch eher fremder, vergessener, und doch so erstrebenswerter Zugang zum Verstehen".¹⁾

Die in der Wippe eingebaute Wasserwaage ist vielen Kindern als Wasserwaage aus dem Werkzeugkasten durchaus vertraut. Die Erzieherinnen berichten, dass die Kinder neugierig den Weg der Blase nach "oben" oder "unten" verfolgen, je nachdem, wie sie ihr Gewicht auf der Wippe verlagern.

Beobachtungen der Erzieherinnen und Kommentare von Kindern²⁾:

- ▶ Die Wippe wird sehr intensiv genutzt.
- ▶ Die Kinder nutzen die Wippe sitzend, kniend, hüpfend und darauf stehend.
- ▶ Die Position auf der Wippe wurde von den Kindern verlagert, damit sie "schwerer" waren als die Erzieherin.
- ▶ "Komm, wir gucken, wer schwerer ist."
- ▶ "Wir können die Blase anhalten, wenn das Brett gerade steht."
- ▶ "Die Blase muss in die Mitte." ■

1) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 31
2) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 33





4. Längste Kugelbahn

11

Durchführung: Die Kinder können mit Hilfe der Bausteine eine möglichst lange Strecke für die Kugel bauen.

Beobachtung: a) Die Kugel rollt immer zum tiefer liegenden Ende der Bausteine hin. b) Je gerader die Bausteine aufgelegt werden, desto langsamer rollt die Kugel. c) Liegt der Baustein fast waagrecht, so bewegt sich die Kugel nicht mehr. d) Die längste Strecke erhält man, indem die Kugel immer die gesamte Strecke der Bausteine entlang rollen kann, das heißt, die Kugel sollte immer nahe der obersten Kante eines Brettes aufkommen oder direkt an einen Baustein angrenzen.

Erläuterung: Alle Körper, die schwerer sind als Luft, fallen nach unten. Die Erde zieht sie an. Durch die Erdanziehung wird die Kugel nach unten beschleunigt. Die Bausteine und die

Plattenebene hindern die Kugel daran, frei nach unten zu rollen. Ist die Plattenebene zu flach oder sind die Bausteine zu waagrecht aufgestellt, wird die Kugel durch die Reibung stark abgebremst und kann liegen bleiben.

Auf einer schiefen Ebene kann sich die Kugel durch ihr Eigengewicht nur nach unten bewegen. Wird sie durch die Klötze in ihrer Bewegung zu stark gebremst, hört sie auf zu rollen.

Schiefe Ebene/Gleiten: Die Kinder probieren vielleicht aus, unter welchem Neigungswinkel ein Körper runter zu rollen beginnt. Je rauer die Oberfläche der Ebene oder die des Körpers ist, umso steiler kann die Ebene sein, bevor das Gleiten/Rutschen beginnt.

Die Kinder können Vermutungen anstellen, welcher Körper sich am ehesten (beim kleinsten Neigungswinkel) bewegt. ►►►



Erfahrungen an der Station: Die Evaluations-ergebnisse zeigen, dass für Kinder die längste Kugelbahn eine Experimentierstation mit einer hohen Herausforderung ist. Diese Herausforderung haben sie aber nicht als Belastung empfunden, sondern mit Konzentration, Ausdauer, Spaß und Freude an der Station gearbeitet.

Oft bauten die Kinder Straßen statt Barrieren für die Kugel oder wählten den kürzesten Weg, um sie ans Ziel zu bringen.

Wie auch bei anderen Experimenten werden von den Kindern Bezüge zum Alltag und ihren Erfahrungen hergestellt: So erklärte z.B. ein Junge die Kugelbahn bzw. das Phänomen der schiefen Ebene auf folgende Weise: "Stell Dir doch mal vor, Du rollst mit einem Fahrrad von einem Berg runter und da sind Bäume im Weg" ¹⁾

Beobachtungen der Erzieherinnen und Kommentierungen von Kindern¹⁾:

- ▶ Die Kinder bauen sich gegenseitig Fallen.
- ▶ Die Bahn wird angehoben, um die Kugel den Weg rückwärts rollen zu lassen.
- ▶ Verschiedene Möglichkeiten werden ausprobiert:
Wie rollt die Kugel am langsamsten?
Wie rollt die Kugel am schnellsten?
- ▶ Mit einem Stück Holz wird die Kugel von unten nach oben "balanciert".
- ▶ Zuerst werden die Balken waagrecht gelegt. Als das nicht funktioniert, legt das Kind sie schräg.
- ▶ Der wahrscheinliche Weg der Kugel wird mit dem Finger vorgezeichnet.
- ▶ "Jetzt mache ich mal eine schwierige Bahn."
Umleitungen werden gebaut.
- ▶ Es wird ausprobiert, ob die Kugel durch verschiedene Tunnel passt.
- ▶ Die Kinder bauen eine doppelte Bahn mit Hindernissen. Am Ziel steht eine Burg, die Kugel ist "der edle Herr".
- ▶ Es wurden sehr kreative Wegführungen ausprobiert, zum Beispiel "Kugelbahn mit Dach". ■



1) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 36
2) Aus dem Buch:
365 Experimente für jeden Tag.
Kempfen (Moses Verlag) 2004. Exp. 113, 114, 167
3) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 38



5. Fliehkraftscheibe

13

Durchführung: Holzmännchen können in unterschiedlichen Abständen zum Mittelpunkt auf die Scheibe gestellt werden. Das Kind bringt die Fliehkraftscheibe mit Hilfe der Kurbel in Schwung und beobachtet, ab wann die Holzmännchen von der Scheibe rutschen.

Beobachtung: Im Mittelpunkt der Scheibe bleibt das Holzmännchen stehen, egal wie hoch die Umdrehungsgeschwindigkeit ist. Je näher die Figur an den Rand gestellt wird, umso schneller fällt das Männchen von der Scheibe.

Erläuterung: Die Fliehkraft, auch Zentrifugalkraft genannt, tritt bei Drehbewegungen auf. Sie ist umso größer, je größer der Abstand des Körpers zum Drehmittelpunkt ist. Ein außen stehendes Männchen legt bei einer Umdrehung einen viel längeren Weg zurückgelegt als ein innen stehendes. In Randposition ist seine Geschwindigkeit (in Kreisrichtung) auch höher. Die Fliehkraft ist beim Kurvenfahren mit dem Auto deutlich spürbar. Die Passagiere werden immer entgegen des Kurvenverlaufes zur Seite bewegt.

Hintergrundinformation: Zusatzexperiment zur Anwendung der Zentrifuge: Einen mit Wasser gefüllten Eimer mit lang ausgestrecktem Arm kreisen lassen.²⁾

Erfahrungen an der Station: Die Fliehkraftscheibe ist eine für die Kinder sehr faszinierende Station, an der sie lange probieren und sich spannende Fragen stellen: Welche Figur fliegt beim Drehen der Holzscheibe als erstes von ihr runter? Warum bleibt die Figur in der Mitte beim schnellen Drehen stehen und warum fliegt sie vom Rand? Es ist eine Station, an der zwischen Kindern viele Diskussionen über das beobachtete Phänomen entstanden sind. In ihren Handlungen und in den Gesprächen wurde deutlich, dass sie den Ursache-Wirkungszusammenhang herstellen konnten.

Beobachtungen von Erzieherinnen und Kommentare der Kinder an der Station³⁾:

- ▶ "Das schleudert."
- ▶ "Die Figur auf dem letzten Punkt fällt zuerst runter."
- ▶ "Das ist ja cool. Es fliegt vorne immer und in der Mitte nie."
- ▶ Kinder spielen mit verschiedenen Figuren ein Rollenspiel. Hierbei steht der König nahezu auf der Mitte der Scheibe: "Dem König wird schlecht. Der König fliegt weg."
- ▶ Ein Kind legt seine Hand auf die sich drehende Scheibe: "Oh, das wird heiß."
- ▶ "Das drückt immer zur Seite, nur in der Mitte nicht." ■



6. Licht und Schatten

Durchführung: Verschiedene Gegenstände in einem kleinen weißen Kasten werden mit einer Taschenlampe beleuchtet.

Beobachtung: Manche Gegenstände werfen einen dunklen Schatten, andere, z.B. eine PET-Flasche, nur einen schwachen. Durch das Bewegen der Taschenlampe lässt sich die Schattenlänge verändern.

Erläuterung: Das Licht der Taschenlampe trifft auf einen Gegenstand. Je nach Beschaffenheit lässt dieser das Licht durch, wirft es zurück oder absorbiert (verschluckt) es. Lichtstrahlen laufen auf geraden Wegen, deshalb kann hinter einem Gegenstand ein Schatten entstehen, da das Licht nicht um den Gegenstand herum kommen kann.

Zusatzversuche: Schattenspiele, Scherenschnitte, Sonnenuhr, Schatten bei unterschiedlichen Sonnenständen, etc.

Erfahrungen an der Station: Dies ist eine Station, die Ruhe und Zeit braucht. Während der Erprobungsphase wurde deutlich, dass sie in einem ruhigeren, auch möglichst lichtarmen Bereich stehen sollte, in dem einzelne Kinder die Muße und die Zeit finden, mit der Taschenlampe Schatten zu produzieren. Häufig besaß das Hantieren mit der Dynamo-Taschenlampe den größeren Reiz, bevor die Kinder sich den unterschiedlichen Phänomenen des Schattens zuwandten. ■





7. Farbkreis, Farbenspiel

15

Durchführung: Das Kind kann an dieser Station aus den Grundfarben rot, gelb und blau den erweiterten Farbkreis mischen.

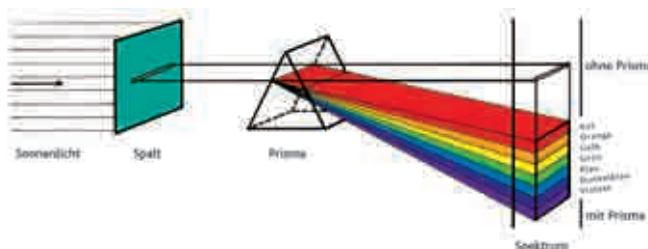
Beobachtung: Rot und gelb ergibt orange, gelb und blau ergibt grün und blau und rot ergibt lila. Alle drei Folien hintereinander ergeben eine fast schwarze Fläche.

Erläuterung: Das Licht der Sonne enthält alle Farben des Regenbogens. Alle Farben zusammen ergeben das "weiße" Tageslicht. Ein Farbfiler lässt immer nur bestimmte Farben durch. Durch zwei Filter kann somit nur die Farbe zu sehen sein, die durch beide Filter gelassen wird.

Der gelbe Filter lässt grünes und rotes Licht durch. Der purpurfarbene Filter lässt rotes und blaues Licht durch. Der gelbe und der purpurfarbene Filter zusammen können also nur rotes Licht durchlassen.

Alle drei Filter zusammen lassen gar kein Licht mehr durch, da der blaue Filter nur blaues und grünes Licht durchlässt, aber nur rot die beiden anderen Filter passieren kann.

Zusatzversuch: Die verschiedenen Farben im weißen Licht lassen sich einfach mit einem Prisma zeigen. Kristalle und Wassertropfen können auch das Licht in seine Farbbestandteile aufspalten.



Erfahrungen an der Station:

- Der Farbkreis gehörte nicht zu den stark benutzten Stationen. Trotzdem hat er für einzelne Kinder eine wichtige Bedeutung. So wurde z.B. in einer Kita beobachtet, dass ein kleiner Junge sehr intensiv an diesem Farbkreis gearbeitet hat, um Farben zu mischen.
- "Ich sehe ganz viele Farben!"
- "Ich sehe eine gelbe Hand"
- Kommentar der Erzieherin: "In der Gruppe dieses Jungen war Farbmischen vorher ein Thema gewesen". ■



8. Unendlichkeitsspiegel

Durchführung: Das Kind legt einen Gegenstand zwischen die beiden parallelen Spiegel und sieht durch das Loch.

Beobachtung: Wenn durch das Loch in den gegenüberliegenden Spiegel geschaut wird, scheint sich der Gegenstand unendlich oft zu spiegeln.

Erläuterung: Die immer wiederkehrende Reflexion zwischen zwei gegenüberliegenden Spiegeln führt zu der Wahrnehmung, dass ein Gegenstand unendlich oft gesehen werden kann. Da das Licht mit jeder Spiegelung abnimmt, ist es nicht unendlich.

Durch einen Spiegel entsteht hinter der Spiegelebene ein virtuelles Bild des davor stehenden Gegenstandes. Im gegenüberstehenden Spiegel wird dieses Spiegelbild wieder gespiegelt, so dass ein weiteres, nun doppelt so weit entferntes virtuelles Bild zu sehen ist. So entstehen immer tiefer liegende Bilder.

In unser Auge trifft das Licht, welches auf den Gegenstand traf und dann zwischen den Spiegeln hin und her reflektiert wurde. Je häufiger die Lichtstrahlen zwischen den Spiegeln hin und her reflektiert werden, desto weiter entfernt erscheint uns das Bild. Diese Reflexionen laufen so lange, bis das Licht sich in den Spiegeln und der Luft dazwischen "verlaufen" hat. (Die Spiegel verschlucken einen Teil des Lichtes.)

Zusatzexperiment: Die Kinder können versuchen, ein Bild zu malen, wobei vor dem Blatt Papier ein Spiegel aufgestellt ist. Die Schwierigkeit der Aufgabe besteht darin, dass während des Malens nur auf das Spiegelbild geguckt werden darf. Gar nicht so einfach, oder?

Um Schummeln zu verhindern, kann das Malpapier durch eine große Pappe abgedeckt sein, die auf Bücher aufgebockt ist, so dass darunter genügend Platz für die stiftführende Hand ist.

Informationen zu 'Licht und Spiegel': Wir können Gegenstände sehen, wenn Licht auf sie fällt. In einem Raum ohne Licht sehen wir nur schwarz, also nichts. Erst, wenn eine Lichtquelle, Lampe, Kerze oder die Sonne, Licht auf den Gegenstand wirft und dieses Licht in unser Auge zurückgeworfen (reflektiert) wird, können wir ihn sehen.

Wie viel Licht in unser Auge gelangt, hängt von der Beschaffenheit der Oberfläche des Gegenstandes ab. Eine raue Oberfläche wirft das Licht in viele verschiedene Richtungen zurück, wie Bälle, die auf einen holprigen Weg geworfen werden. Von einem glatten Untergrund wird das Licht, wie auch ein in gleicher Richtung oder in einem bestimmten Winkel geworfener Ball, wieder zurückgeworfen.





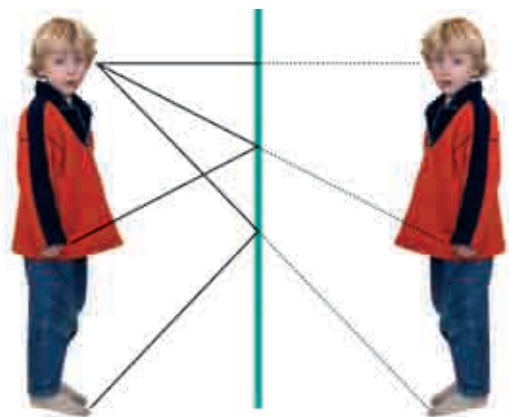
Neben der Art der Oberfläche ist für die Lichtreflexion auch die Farbe von Bedeutung.

Weiße und sehr helle Gegenstände reflektieren sehr viel Licht, dunklere absorbieren einen deutlichen Anteil.

Wie funktioniert ein Spiegel? Ein Spiegel besteht aus einer Glasplatte, die auf einer Seite versilbert ist. An dieser dünnen Silber-, manchmal auch Alu-Beschichtung, werden die Lichtstrahlen reflektiert.

Wenn wir vor einem Spiegel stehen, scheint unser Spiegelbild sich nicht auf der Spiegelebene zu befinden, sondern dahinter. Das Spiegelbild erscheint immer im gleichen Abstand hinter dem Spiegel, in dem der Gegenstand oder man selbst vor dem Spiegel steht.

Lichtstrahlen laufen immer auf geraden Wegen. Unser Gehirn weiß dies und vermutet auch bei einem Spiegel, dass das Licht auf dem direkten Weg in unser Auge gelangte. In Wirklichkeit wurde das Licht aber am Spiegel reflektiert. Deshalb erscheint uns ein Spiegelbild hinter dem Spiegel zu liegen, da wir die Reflexion am Spiegel nicht bewusst mitbekommen können. ■



9. Drehspiegel und Spiegelbuch

Durchführung: Verschiedene Gegenstände werden zwischen die Spiegelwände gelegt und die Spiegelbilder werden beobachtet. Die Spiegelseiten können bewegt werden.

Beobachtung: Wenn die Kinder in einen Spiegel schauen, sehen sie sich spiegelbildlich. Schauen sie in den Eckenspiegel, sind die Seiten vertauscht. Fassen sie sich mit der rechten Hand ins Gesicht, scheint die Hand auf die linke Seite zu wandern. Schauen sie in den unteren Spiegel, stehen sie auf dem Kopf. Die Spiegelbilder verändern ihre Position, wenn der Betrachter, das Kind, sich bewegt.

Erläuterung: Das Spiegelbild wird noch einmal im Spiegel gespiegelt und im 90-Gradwinkel spiegelbildlich projiziert. Wie bei allen Spiegelbildern sehen wir das Licht, welches vom Gegenstand über die Spiegelfläche in unser Auge reflektiert wird. Das auf dem Kopf stehende Spiegelbild auf dem unteren Spiegel zeigt somit immer in Richtung des Betrachters.

Im "oberen" Spiegel sieht man sich so, wie auch andere Personen einen sehen, nicht wie sonst im Spiegel spiegelverkehrt.

Spiegelbuch: Im Spiegelbuch sieht man sich immer so häufig, wie man den Öffnungswinkel in einen Kreis legen kann. Hinweis: Ein Vollkreis hat 360° . Bei einem Öffnungswinkel von 45° (ein halber Rechter Winkel) passt dieser achtmal in den Kreis. Der Gegenstand, der im Spiegelbuch steht, ist also acht Mal zu sehen.

Erfahrungen an der Station: Kinder sind von Spiegeln fasziniert und versuchen, sich das Phänomen begreifbar zu machen. Das wird sehr schön in einem Beispiel aus einer der Erprobungs-Kitas deutlich: Der Unendlichkeitsspiegel stand an einer Wand und die Kinder sahen sich im Spiegel. Um herauszufinden, was hier passierte, liefen sie hinter die Wand in die angrenzende Küche. Sie stellten fest, dass es hinter dem Spiegel nicht weiterging und experimentierten daraufhin mit dem Unendlichkeitsspiegel weiter.

Kommentare von Kindern an der Station "Unendlichkeitsspiegel" ¹⁾:

- ▶ "Ich habe tausend Hände."
- ▶ "Das wiederholt sich ja immer wieder."
- ▶ "Mal sieht man die Katze von vorn und mal von hinten."
- ▶ "Das ist langweilig."
- ▶ "Das ist ein Doppelspiegel."
- ▶ "Man sieht die Katze tausendmal."

Diese Stationen "Drehspiegel, Spiegelbuch und Unendlichkeitsspiegel" sind Beispiele für vergleichsweise eher ruhige und phantasieanregende Stationen. ■





10. Kaleidoskop

19

Durchführung: Auf dem Drehteller unterhalb des Kaleidoskops können die Kinder unterschiedliche Dinge (selbst-gemalte Bilder, Fotografien, bunte Fäden, etc.) legen.

Beobachtung: Durch die Drehung sind bezaubernde, vielfältige Spiegelungen im Kaleidoskop zu sehen.

Diese Spiegelungen bestehen aus gleichen Bildstückchen, die dreieckige und sechseckige Formen besitzen. Die Formen wandeln sich beim Drehen des Kaleidoskops oder der Unterlage.

Erläuterung: Das Kaleidoskop besteht aus einem kurzen Rohr, in dem drei Spiegel dreiecksförmig zusammengestellt sind (dazu z.B. eine Tobleroneschachtel mit Spiegeln umkleben). Die Spiegelseiten zeigen dabei ins Innere der dreieckigen Röhre. Durch die immer wiederkehrenden Spiegelungen entsteht das Muster. Alle drei Spiegelseiten spiegeln die unter dem Kaleidoskop liegenden Gegenstände. Die Spiegelbilder werden vielfach weitergespiegelt. Es entsteht ein Patchworkbild aus sich wiederholenden Bildfolgen.

Erfahrungen an der Station²⁾: "Das Kaleidoskop war bei den Kindern sehr beliebt. Sie versuchten zwar eigentlich kaum, dem Phänomen auf die Spur zu kommen oder das Prinzip der beobachteten Vorgänge zu verstehen, aber in diesem Falle darf es auch einmal erlaubt sein, ausschließlich zu staunen und nicht zu hinterfragen. Meines Erachtens erweist das Kaleidoskop in dieser Hinsicht dem Projekt einen wichtigen Dienst: Es bietet die Möglichkeit, zwischendurch abzuschalten, sich den ästhetischen Bildern und der Verblüffung, der Faszination einfach einmal hinzugeben. (Schließlich sind wir ja nicht in der Schule.) Es ermutigt nicht wirklich zum Forschen, sondern hauptsächlich zum Spielen, Schauen, Erleben. Dies sollte keinesfalls im Bereich naturwissenschaftlicher Elementarpädagogik vernachlässigt werden: Nicht allen Dingen auf dieser Welt muss zwangsläufig auf den Grund gegangen werden, nicht alles muss man verstehen, nur weil es im Kern verstehbar ist. Prinzipiell zählt zuerst einmal der Spaß beim Entdecken der Welt, und dass Spaß haben manchmal gar nicht so einfach ist, das haben wir wohl alle seit der Schule begriffen." ■

1) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 43

2) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 44



11. Wassereperimente:

Durchführung - Flasche mit Tischtennisball:

Das Kind füllt die Flasche mit Wasser, hält den Tischtennisball auf die Öffnung und dreht die Flasche um.

Beobachtung: Der Tischtennisball verschließt die Öffnung und das Wasser kann nicht auslaufen.

Erläuterung: Der Tischtennisball wird durch den äußeren Luftdruck vor den Flaschenhals gepresst, weil der Luftdruck auf den Tischtennisball größer ist als der Druck der Wassersäule in der Flasche. Es ist nur schwer vorstellbar, dass der Luftdruck, dem wir täglich ausgesetzt sind, so stark ist. Tatsächlich entspricht er einer Wassersäule, die zehn Meter hoch ist.

Hintergrund: Vielleicht ist es möglich, den Kindern den Luftdruck begreifbarer zu machen. Einige Kinder wissen möglicherweise, dass die Erde von einer Lufthülle, der Atmosphäre, umgeben ist. Die Luft ist in Erdnähe dichter als am hohen Himmel. Diese Veränderung des Luftdrucks spüren wir, wenn wir in die Berge fahren, durch den Druck auf unseren Ohren. Unsere Ohren können sich nicht so schnell dem veränderten äußeren Luftdruck anpassen. Auf hohen Bergen ist die Luft so dünn, dass sie kaum zum Atmen reicht.

Daher gibt es auch eine Baumgrenze in den Bergen, über der kein Baum wachsen kann, denn auch den Bäumen wird die Luft zu dünn.





Zusatzversuch: a) Mit einem Wasserglas und einer Postkarte kann der Versuch leicht zu Hause nachgemacht werden. Genau wie der Tennisball wird die Postkarte am umgestülpten, wassergefüllten Glas durch den Luftdruck von außen gehalten. Dabei muss das Glas nicht vollständig mit Wasser gefüllt sein, auch ein zum Drittel gefülltes Glas fließt nicht aus. Das Wasser senkt sich nur leicht nach unten, dadurch verringert sich der Luftdruck im Glas über der Wassersäule. Der Luftdruck im Glas zusammen mit der Gewichtskraft der Wassersäule ist "schwächer" als der äußere Luftdruck im Raum.

b) Ein leeres Glas wird mit der Öffnung nach unten ins Wasser gedrückt. Das Wasser gelangt nicht in das Glas. Hierzu kann man eine Geschichte erzählen, z.B., dass sich Gummibärchen gerne einmal die Welt unter Wasser ansehen wollen, selber aber Angst vor dem Wasser haben, da sie darin aufquellen. Nun setzt man die Gummibärchen in eine leere Teelichthülle und taucht diese mit dem Glas unter. Ganz trocken können sich so die Gummibärchen die Unterwasserwelt ansehen.

Erfahrungen an der Station¹⁾: "Ein unbestrittener Liebling unter den Stationen: Gelächter, Staunen, Faszination, Ratlosigkeit und Spaß begegneten mir beim Wasserexperiment oft gleichzeitig und ohne sich im Weg zu stehen. Die Kinder versuchten händierend, eigene Erklärungen für diese fast schon 'magische' Erscheinung zu finden und fanden dabei erstaunlich oft äußerst plausible Deutungen."

Beobachtungen von Erzieherinnen und Kommentare der Kinder an der Station²⁾:

- ▶ "Wir können zaubern!"
- ▶ "Das Wasser hält den Ball fest."
- ▶ Die Kinder entdecken, dass Wasser wie eine Lupe funktioniert.
- ▶ Einem Mädchen fällt auf, dass der Ball unter Wasser nicht an der Flasche festklebt.
- ▶ Die Kinder spielen Bagger.
- ▶ Der Ball wird als "Magnet" zwischen 2 Flaschen befestigt.
- ▶ "Du bist die Mutter und wäschst ab."
- ▶ "Du brauchst nicht drücken, der Ball hält von selbst."
- ▶ "Das Wasser ist wie ein Magnet."
- ▶ Das eine Mädchen erklärt dem anderen, warum der Ball an der Flasche klebt. ■

1) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 45

2) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 46



12. Der Kartesianische Taucher oder Flaschentänzer

Durchführung: Eine Flasche wird vollständig mit Wasser gefüllt. Der Flaschentänzer wird in die Flasche getaucht. Nun wird die Flasche mit einem Gummistopfen verschlossen. Es sollte möglichst keine Luftblase mehr in der Flasche sein.

Beobachtung: Das Kind drückt die Kunststoffflasche zusammen. Der Flaschentänzer geht unter.

Erläuterung: Drückt man die Flasche von außen zusammen, fließt Wasser durch ein kleines Loch in das Innere des Flaschentänzers. Die Luft im Tänzer lässt sich leichter komprimieren als das Wasser, deshalb fließt das Wasser in das Innere des Tänzers und drückt die Luft zusammen. Das Gewicht des

Tänzers nimmt zu. Er sinkt. Verringert man den Flaschendruck von außen, fließt das Wasser wieder aus dem Tänzer heraus. Sein Gewicht wird leichter und er steigt in der Flasche nach oben.

Weiterführende Erklärung: Gerne beschreibt man diesen Versuch auch mit dem Auftrieb. Dann betrachtet man das einströmende Wasser nicht als zum Tänzer, sondern als zum umliegenden Wasser gehörend. Dadurch verringert sich bei gedrückter Flasche das Volumen des Tänzers. Die Masse bleibt erhalten, da die Luft im Tänzer nur zusammengedrückt wird. Der Auftrieb ist vom Volumen der Körper abhängig. Je größer das Volumen eines Körpers ist, desto größer ist sein Auftrieb. Ist die Gewichtskraft, die von der Masse des Gegenstandes abhängt, kleiner als der Auftrieb des Körpers, schwimmt dieser.

Erfahrungen an der Station: Der Kartesianische Taucher oder Flaschentänzer stand meistens im Eingangsbereich oder in der Halle. Kinder und Erwachsene gingen immer einmal wieder an die Station, drückten mit ihren Händen die Flasche und beobachteten mit Vergnügen, wie sich der Tänzer in der Flasche herauf und herunter bewegte. ■





13. Luftballon im Luftstrom

23

Durchführung: Ein leichter Luftballon schwebt gleichmäßig in einem Luftstrom. Das Kind kann mit den Händen den Luftstrom beeinflussen und damit das Schwebeverhalten des Luftballons verändern. Der Aufbau kann auch gekippt werden.

Beobachtung: Der Ballon schwebt verhältnismäßig stabil im Luftstrom. Bei einem leichten Kippen des Kegels kann der Luftballon noch vom Luftstrom gehalten werden. Auch wenn der Luftstrom mit den Händen verändert wird, bleibt der Ballon oben. Erst bei einer starken Störung fällt er zu Boden.

Erläuterung: Die Luft umströmt den Ballon. Die Luftströmungen, die entstehen, haben eine regulierende Wirkung auf die Position des Balls. Wenn der Ballon sich nach außen

bewegt, entsteht im inneren Luftstrom ein Unterdruck, so dass der Ballon zur Mitte gezogen wird. Die Druckunterschiede halten den Ballon also in der Schwebe.

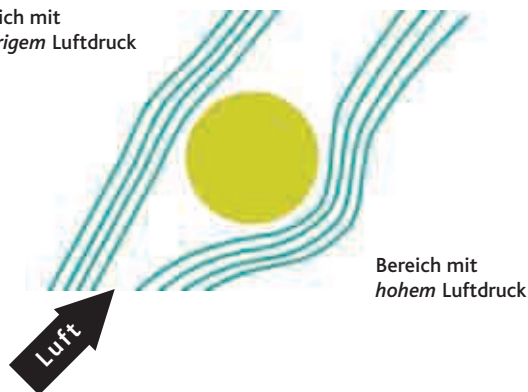
Hintergrundinformation: Schneller bewegte Luft erzeugt einen Unterdruck. Dies wird deutlich, wenn man zwischen zwei parallel herunterhängende Papierblätter pustet. Sie bewegen sich aufeinander zu. Dieses Phänomen wurde mathematisch erstmals 1738 vom Physiker und Mathematiker Daniel Bernoulli (1700-1782) beschrieben. ▶ ▶ ▶



Zusatzexperiment: Der oben beschriebene Versuch lässt sich zu Hause auch mit einem Föhn (sicherheitshalber in kalter Stufe) und einem Tischtennisball nachmachen.

Ein weiteres Experiment kann mit einem Tischtennisball und einem Trichter durchgeführt werden. Dazu legt man den Ball in den Trichter. Pustet man jetzt durch den Trichter, legt sich der Tischtennisball fest in die Öffnung. Bei langem Atem kann die Trichteröffnung sogar nach unten gehalten werden. Der Ball wird dann vom Luftdruck oben im Trichterkegel gehalten.

Bereich mit
niedrigem Luftdruck



Bereich mit
hohem Luftdruck

Erfahrungen an der Station: Diese Station hatte in allen Kitas eine große Anziehungskraft auf die Kinder, aber auch auf viele Erwachsene. Da sie meistens im Eingangsbereich oder der Halle aufgestellt war, wurde häufig an ihr experimentiert. Manchmal allerdings wurde sie auch zweckentfremdet.

So haben sich die Mädchen zum Beispiel in einer Erprobungs-Kita ihre Haare im Luftstrom trocknen lassen mit dem Kommentar: "Die Haare wehen gut."

Die Kinder haben den Weg des Luftballons oftmals sehr genau verfolgt. Ein Junge hat seine Beobachtung folgendermaßen erläutert: "Die Luft hält den Luftballon!"

Beobachtungen von Erzieherinnen und Kommentare der Kinder an der Station¹⁾:

- Kinder haben großen Spaß an der Station.
- Das Experiment wird von allen Seiten untersucht, auch von unten. "Da ist ja ein Propeller drin."
- Versuch mit zwei aneinander gebundenen Ballons: "Die zu zweit sind viel schwerer; die steigen gar nicht so hoch."
- Sind Ballons unterschiedlich groß, so wird versucht herauszufinden, welcher höher fliegt. ■

¹⁾ zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 49





14. Luftdruckhebebühne

25

Durchführung: Das Kind kann mit einer Fahrradstandluftpumpe Luft in ein Luftmatratzenkissen pumpen. Das Luftmatratzenkissen hebt eine Plexiglasscheibe in die Höhe. Über einen Hahn wird die Luft wieder abgelassen.

Hintergrundinformationen: Das Prinzip der Hydraulik (z.B. Hebebühne in der Autowerkstatt, Nachfüllen des Reifendrucks im Auto, Bremsen im Auto) wird mit diesem Versuchsaufbau nachempfunden. ▶ ▶ ▶

Beobachtung: Schwere Gegenstände, selbst Kinder, können so in die Höhe gehoben werden.

Erläuterung: In vielen kleinen Schritten wird die Luft mit Hilfe der Luftpumpe in das Kissen gepumpt und so das darauf stehende Kind angehoben. Der Weg, den der Kolben in der Luftpumpe zurücklegt, ist um ein vielfaches größer als die Höhe, um die die Person angehoben wird. Dieses Prinzip entspricht der so genannten "goldenen Regel der Mechanik": Was an Kraft gespart wird, muss an Weg zugesetzt werden. Auch ein Flaschenzug nutzt diese goldene Regel.

Was aber genau passiert in der Luftpumpe und am Ventil? Durch das Treten auf die Fahrradluftpumpe bewegt sich in dieser ein Kolben nach unten. Die Luft in der Pumpe wird dadurch zusammengedrückt. Diese "dicke" Luft drückt auf das kleine Ventil vor dem Luftmatratzenkissen. Auf der Pumpenseite drückt jetzt eine größere Anzahl von Luftteilchen gegen das Ventil als von der Kisseninnenseite. Deshalb öffnet sich das Ventil und die Luft strömt ein.



Erfahrungen an der Station: Die Luftdruckhebebühne war in allen Kitas eine sehr stark frequentierte Station, an der sich immer wieder Kindergruppen einfanden, die sich gegenseitig hochpumpten und den Weg der Luft von der Fahrradpumpe in das Luftkissen sehr genau verfolgten. Eine Jungengruppe aus einer Erprobungs-Kita hatte sehr schnell den Zusammenhang zwischen "Stöpsel rein oder raus" am Luftdruckventil und dem Luftaufpumpen begriffen. Für die Kinder war das auch ein richtiges Kräftetraining. Mit dem Kommentar: "Ich brauche Muckies" pumpten sie sich gegenseitig bis zur Erschöpfung hoch.

Eine Reihe von Kindern hat auch einen Vergleich zu einer Autohebebühne hergestellt, die sie von der Tankstelle kannten.

Die Erzieherinnen haben die vielen Kooperationskontakte der Kinder an der Station hervorgehoben.

"Wir haben es hier nämlich mit einem äußerst integrativen Experiment zu tun. Kinder pumpten Erzieherinnen nach oben, ihre Eltern oder auch mal drei oder vier andere Kinder, denn Gruppenarbeit war hier praktisch Pflichtprogramm. Die verschiedenen, in Kitas aufeinander treffenden Generationen konnten hervorragend zusammenarbeiten, um von kleinen Kindern große Menschen *heben* zu lassen. Es war auf jeden Fall immer ein Ereignis, dabei zuzusehen, wie mehrere Kinder unter Einsatz all ihrer körperlichen Kräfte die Pumpe betätigten, während auf der anderen Seite eine Erzieherin oder ein Elternteil auf der Plastikscheibe stand und dem Treiben *hilflos* ausgeliefert war. Am Ende gingen die Kinder dabei in der Regel als Sieger hervor, denn war die gegnerische Partei erst einmal hochgepumpt, hatte sie eindeutig verloren".¹⁾ ■



1) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 49



15. Luftdruckspritzen

27

Durchführung: Zwei Spritzen sind mit einem Plastikschlauch verbunden. In der Mitte der beiden Spritzen ist ein Durchflussanzeiger installiert. In den Spritzen und im Schlauch befindet sich Luft. Das Kind drückt den Kolben einer Spritze hinein.

Beobachtung: Wird der Kolben bei der einen Spritze hineingedrückt, bewegt sich der Kolben der anderen Spritze heraus. Je nachdem, wie die Kolben bewegt werden, bewegt sich der Durchflussanzeiger mal in die eine und mal in die andere Richtung.

Erläuterung: Die Luft in den Spritzen lässt sich zusammendrücken, komprimieren. Ist der Druck größer als die Reibung des Kolbens mit der Spritzen-Innenwand, so wird dieser zweite Kolben aus der Spritze herausgedrückt. Ein Teil der Luft strömt von der einen in die andere Spritze. Das Rad in der Durchflussanzeige dreht sich, bis auf beiden Seiten der gleiche Luftdruck herrscht.

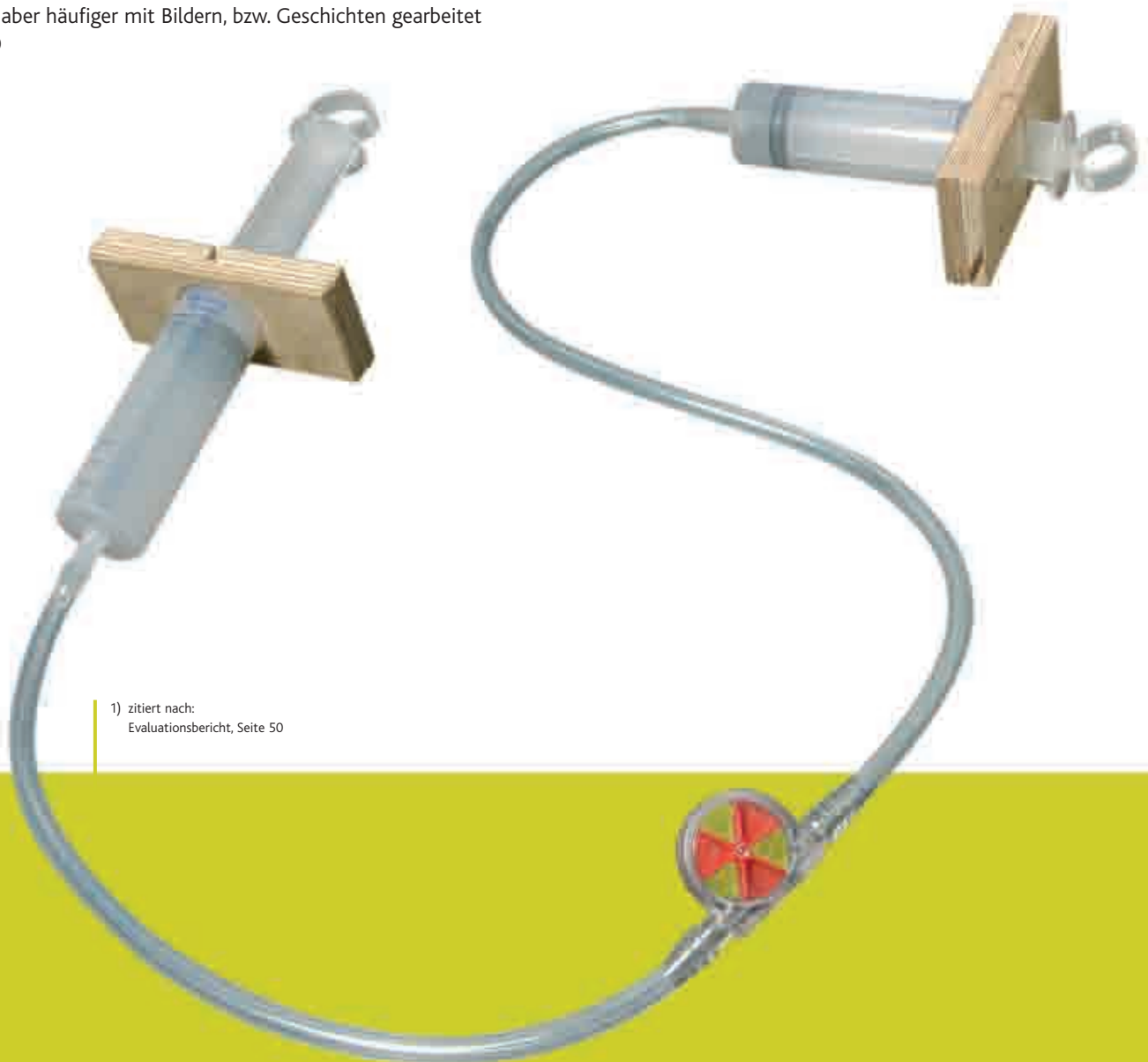
Hintergrund: Das Prinzip der Hydraulik (z.B. bei einem Bagger, wenn die Baggerschaufel bewegt wird, beim Bremsen im Auto) wird mit diesem Versuchsaufbau nachempfunden. Bei einem Bagger wird Hydrauliköl verwendet. ▶ ▶ ▶





Erfahrungen an der Station: "Ich muss Dir jetzt Blut abnehmen" oder "Gib mir Dein Blut"; das waren Sätze, die man häufig in der Nähe der "Hydraulikspritzen" zu hören bekam. Damals waren neben den Luftdruckspritzen auch noch äquivalente mit Wasser gefüllte Ausführungen des Exponats zu finden, die allerdings immer wieder zu Problemen führten, weil der Schlauch mit der Zeit porös zu werden drohte und man diverse feuchte Pannen befürchtete. Daher blieben nur die inzwischen etwas modifizierten Luftdruckspritzen übrig. Die virtuelle Blutabnahme ist dennoch ein fabelhaftes Beispiel für die Phantasie und den Ideenreichtum, mit dem Kinder an die Stationen herangehen, und zeigt, wie sie mit ihrer ganz eigenen Sprache Dinge verdeutlichen können, indem selten abstrahiert, dafür aber häufiger mit Bildern, bzw. Geschichten gearbeitet wird.¹⁾

Das Ursache-Wirkungsprinzip wird an den Luftdruckspritzen, so wie sie jetzt im Projekt verwendet werden, von den Kindern sehr gut wahrgenommen. Sie beobachten, wie beim Hereindrücken des Kolbens die Luft das Rädchen bewegt, und sie nehmen sehr genau wahr, was mit den Kolben geschieht. Drückt das eine Kind auf der einen Seite den Kolben herein, kommt er auf der anderen Seite heraus. Drücken beide Kinder am jeweiligen Ende des Schlauchs den Kolben, spüren sie den Widerstand in ihrer Hand. Sie kommentieren das so: "Wir drücken Luft durch den Schlauch". ■



¹⁾ zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 50



16. Magdeburger Halbkugeln-Gummisaugheber

Durchführung: Das Kind drückt die Gummisauger gegeneinander oder auf eine glatte Oberfläche.

Beobachtung: Der Gummisauger bleibt auf der Oberfläche haften.

Erläuterung: Beim Andrücken der Gummisauger an eine glatte Oberfläche wird ein Großteil der Luft herausgerückt, die sich unter der Wölbung befindet. Im Inneren des Gummisaugers sind sich nur noch wenige Luftteilchen. Außen wirkt auf den Sauger noch der normale Luftdruck, der von vielen Luftteilchen erzeugt wird, die auf die Außenseite des Saugers trommeln/stoßen. Die Luft von außen ist also viel stärker als die Luft im Inneren des Saugers, deshalb haftet der Gummisauger an der Fläche. Hebt man den Rand, so kann wieder Luft unter die Saugglocke gelangen. Nun löst sich die Saugglocke wieder.

Der Luftdruck in der Umgebung drückt so stark auf den luftleeren Raum des Gummisaugers, dass selbst schwere Gegenstände mit dem Gummisaugheber hochgehoben werden können.

Hintergrundinformation: Der Luftdruck, der uns täglich umgibt, ist so hoch, als würde zehn Meter hoch Wasser über uns lasten. Wenn wir zehn Meter tief in einen See tauchten, würden wir dort also den doppelten Druck wie an Land auf unserem Körper und besonders den Ohren spüren.

Das Experiment mit den zwei Gummisaugern ist eine vereinfachte Nachbildung eines sehr alten historischen Experimentes. Otto von Guericke (1602-1686), Bürgermeister von Magdeburg und leidenschaftlicher Experimentator, hat sich 1657 zwei Halbkugeln mit einem Durchmesser von circa einem halben Meter schmieden lassen. Um aus diesen Halbkugeln die Luft herauszubekommen, mussten zwei starke Gehilfen einen halben Tag eine umgebaute Feuerspritze bedienen. ▶ ▶ ▶



An jeder Seite der ausgepumpten Halbkugeln wurden dann acht Pferde gespannt. Diese sechzehn Pferde sollten versuchen, die Kugeln auseinander zu bekommen. Die Zuschauer haben gestaunt, denn die Pferde schafften es nicht. Erst als ein kleines Mädchen aus der Menge aufgefordert wurde, das Ventil an den Halbkugeln zu öffnen, fielen sie auseinander.

Aus dem Alltag: In den meisten Haushalten sind Gummisaugheber (Pümpel) zur Behandlung von verstopften Abflussleitungen bekannt. In etwas abgewandelter Form werden Saugheber zum Beispiel von Glasern genutzt, um Fensterscheiben zu transportieren. In Turnhallen nutzt man sie, um Bodenplatten anzuheben, damit z.B. Stangen für das Volleyballnetz in den Boden gelassen werden können. In einer kleineren Form sind sie in vielen Badezimmern und Küchen als Handtuchhaken zu finden oder sind für eine bessere Bodenhaftung unten an Küchengeräten befestigt.

Erfahrungen an der Station: Die Erzieherinnen in den Erprobungs-Kitas beschrieben das Interesse an dieser Station unterschiedlich. Die Kinder gingen von sich aus spontan zunächst auf andere Stationen zu. Hatte aber ein Kind erst einmal die Wirkungsweise der Pümpel entdeckt, gab es kein Halten mehr. Die Erzieherinnen berichteten, dass sie zum "Renner unter den Stationen" wurden. Die Kinder testeten die Pümpel an allen möglichen Oberflächen und Gegenständen aus, sogar die Erwachsenen wurden nicht verschont. Es wurde genau registriert, an wem, an welcher Form und Oberfläche der Pümpel am besten "klebte".

Die meisten Kinder kannten die Pümpel als Werkzeug zum Einsatz bei verstopften Toiletten.

Achtung: Man muss den Kindern erklären, dass sie sehr große Glasflächen in der Kita möglichst nicht mit dem Pümpel austesten sollen. ■



17. Richtungshören

Durchführung: Das Kind setzt sich zwischen die beiden Enden des Schlauches und hält sich die beiden Trichter an die Ohren. Ein zweites Kind klopft mit einem Holz gegen den Schlauch.

Beobachtung: Wenn das Klopfen nur 3 cm von der Mitte abweicht, ist die Richtung der Abweichung ganz deutlich wahrzunehmen.

Erläuterung: Es ist wichtig für die Orientierung, die Richtung eines Geräusches sicher feststellen zu können. Da der Schall in einer Sekunde 340m Meter zurücklegt, beträgt der Zeitunterschied, unter dem die beiden Ohren das Klopfen wahrnehmen, weniger als 0,00002 Sekunden – daraus entsteht dann der räumliche Höreindruck.

Hintergrundinformation: Der Schall benötigt in Luft 3 Sekunden für einen Kilometer. Mit diesem Wissen lässt sich die Entfernung eines Gewitters berechnen. Man muss nur die Zeit stoppen, die zwischen Blitz und Donner vergeht.

In Wasser beträgt die Schallgeschwindigkeit 1,5 km/s. Schiffe sind mit einem Echolot ausgestattet, um Wassertiefen zu bestimmen. Ein Sender sendet Schallwellen aus, die vom

Meeresboden reflektiert werden. Ein Empfänger registriert diese zurückgeworfenen Wellen. Aus der Laufzeit des Schalls, vom Senden bis zum Empfang, wird dann die Wassertiefe ermittelt.

Erfahrungen an der Station: Diese Station ist auf die akustische Wahrnehmung bezogen. Um den Effekt des räumlichen Hörens wahrzunehmen, muss sie für die Kinder an einem möglichst ruhiger Ort aufgestellt werden. Nur dann konzentrieren sie sich auf das Phänomen.

Beobachtungen und Kommentare von Kindern an der Station¹⁾:

- ▶ "Das ist lauter, weil es näher dran ist."
- ▶ "Da fließt irgendetwas unsichtbar im Schlauch mit."
- ▶ "Mach mal genau in der Mitte!"
- ▶ Die Kinder halten einen Finger der entsprechenden Hand hoch, um zu zeigen, aus welcher Richtung der Ton kommt.
- ▶ Ein Mädchen singt in das Rohr. ■

¹⁾ zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 53



18. Magnetismus

a) Durchführung: Das Kind bewegt einen Magneten um einen Kompass.

Beobachtung: Die Nadeln folgen dem Magneten.

b) Durchführung: Der Inhalt verschieden gefüllter Kunststoffschachteln wird auf seine magnetischen Eigenschaften untersucht.

Beobachtung: In einer Kunststoffschachtel befindet sich Feilspäne. Kommt diese mit einem Magneten in Berührung, ist sehr schön das Magnetfeld zu bestaunen.

Erläuterung: Jeder Magnet hat zwei Pole, einen Südpol und einen Nordpol. Bringt man zwei Magnete zusammen, so stoßen sie sich ab, wenn jeweils die gleichnamigen Pole sich nähern. Nordpol und Südpol wiederum ziehen sich an.

Die Nadel eines Kompasses besteht auch aus einem Magneten. Dieser richtet sich nach dem Erdmagnetfeld aus, solange keine weiteren Magnete oder Metallteile in der Nähe sind.

Das Erdmagnetfeld ist viel schwächer als die im Experiment verwendeten Magnete, daher *gehört* der Kompass den Magneten. Das Erdmagnetfeld ist in Anwesenheit der Magnete zu vernachlässigen.

Jeder Magnet ist von einem Magnetfeld umgeben. Es laufen so genannte Magnetfeldlinien vom Nordpol zum Südpol eines Magneten. Diese Feldlinien lassen sich mit Hilfe von Eisenspänen sichtbar machen. Bringt man Eisenstückchen in die Nähe eines Magneten, so werden diese selbst zum Magneten. Sie legen sich entlang der Magnetfeldlinien eines Magneten.





Hintergrundinformationen: In der Natur kann man Steine finden, die magnetische Eigenschaften haben.

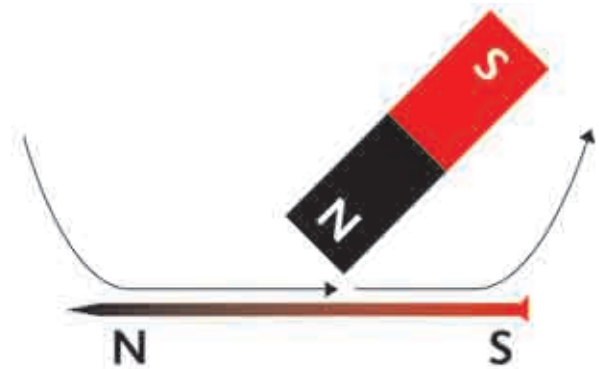
Schon die alten Griechen und Chinesen wussten, dass der Magneteisenstein Eisenstückchen anzieht. Heute nennt man dieses Eisenerz Magnetit.

Magnetit ist ein Dauermagnet. Er verliert seine magnetische Eigenschaft nicht. Die im Experiment verwendeten Dauermagnete sind aus einer Mischung (Legierung) verschiedener Metalle hergestellt.

Magnete können verschiedene Materialien anziehen. Unter den reinen Materialien sind dies Eisen, Nickel und Kobalt.

Jeder Magnet besitzt einen Nord- und einen Südpol. Auch wenn man einen Magneten teilt, ist dies der Fall. Man kann sich vorstellen, dass sich ganz viele "kleine Magnetstifte" in einem Magneten befinden, die alle in die gleiche Richtung zeigen.

Zusatzversuch: Eine Magnetnadel lässt sich leicht selber herstellen, wenn man einen starken Magneten besitzt. Dazu streicht man, wie in der Zeichnung zu sehen ist, mit einer Magnetseite immer in einer Richtung entlang eines Eisennagels oder einer Stricknadel. So richtet man die kleinen magnetischen Bereiche (Weißsche Bezirke) im Eisen in eine Richtung aus. Dieser Magnetismus ist nicht von Dauer. Sowie man den Nagel fallen lässt, ist er verschwunden. Die kleinen Magnetstifte geraten wieder in Unordnung. ▶ ▶ ▶



Wo kommt Magnetismus vor, wo nutzen wir ihn? Dauermagnete kennen wir bei Figuren für metallische Pinnwände. Mit einem Kompass kann man sich in der freien Natur am Magnetfeld der Erde orientieren; die Kompassnadel zeigt uns, wo Norden und Süden ist. Auch Polarlichter haben etwas mit dem Erdmagnetfeld zu tun.

Sir William Gilbert (1540-1603) schrieb 1600 ein Buch über den Magnetismus. Er glaubte, dass die Erde ein riesiger Magnet sei. Als Erdmodell ließ er einen Magnetstein kugelförmig schleifen. Bei dieser Kugel verhielt sich eine Magnetnadel genauso wie auf der Erde. Die Nadel zeigte immer von Norden nach Süden.

Seit 1820 ist der Elektromagnetismus bekannt, der mit Hilfe von Strom erzeugt werden kann. Ein Fahrraddynamo, die Klingel an der Haustür, Elektromotoren, Fernseher sind nur eine kleine Auswahl von Dingen, die den Elektromagnetismus nutzen. Für das Experiment sind zunächst aber nur die Dauermagneten und magnetische Materialien von Interesse.

Erfahrungen an der Station: Viele Kinder kannten die Wirkungsweise der Magnete, waren aber trotzdem an ihrer Anziehungskraft nach wie vor interessiert. Es handelt sich bei dieser Station eher um ein Experiment, das Ruhe braucht und das an einem Ort stehen sollte, an dem Kinder ungestört ihren Forschungen nachgehen können.

Beobachtungen und Kommentare von Kindern¹⁾:

- ▶ "Der eine Magnet läuft vor dem anderen weg."
- ▶ "Das klebt, weil das Magnete sind."
- ▶ Es wird eine Brille integriert, jedoch ist diese nicht magnetisch:
"Die ist doch auch aus Metall ..."
"Vielleicht funktioniert das nicht, weil es zu eisig ist."
"Mit Holz geht das nicht." ■

1) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 56



19. Durchgangsprüfer - Materialprüfer

Durchführung: Wenn das Kind zwischen den beiden Kontakten eines handelsüblichen Durchgangsprüfers ein leitfähiges Material hält, wird ein Ton erzeugt. Auf diese Weise können alle Materialien oder Gegenstände auf ihre Leitfähigkeit überprüft werden.

Beobachtung: Es gibt Materialien, bei denen ein Ton zu hören ist. Bei manchen Materialien bleibt es still.

Erläuterung: Nicht alle Materialien sind elektrisch leitend. Es gibt Leiter und Nichtleiter, letztere nennt man auch Isolatoren. Keramik (Aufhängung alter Überlandleitungen) zum Beispiel ist ein guter Nichtleiter; genauso Kunststoff, deshalb sind die Griffe von Schraubendrehern auch damit beschichtet, um Elektrounfälle zu vermeiden.

Hintergrundinformation: Alle Gegenstände, die wir sehen, sind aus Atomen aufgebaut. Diese Atome bestehen aus einem klitzekleinen Atomkern und Elektronen. Bei einem festen Gegenstand liegen die einzelnen Atomkerne in bestimmten Abständen voneinander entfernt. Die Elektronen umkreisen diese Atomkerne. Je nachdem, welche Materialien wir untersuchen, bestehen diese aus unterschiedlichen Atomen. Manche Atome halten ihre Elektronen sehr stark an sich fest, andere Stoffe wiederum, wie zum Beispiel Eisen oder Kupfer (dieses sind elektrische Leiter) lassen manchen ihrer Elektronen freien Lauf. Wenn man durch diese Stoffe mit freien Elektronen Strom schickt, können diese Elektronen durch den elektrischen Leiter laufen.

Strom fließt immer dann, wenn Elektronen sich in einem geschlossenen Kreislauf bewegen.

Erfahrungen an der Station: Die Kinder benötigten in der Regel längere Zeit, um herauszufinden, wie man das Geräusch des Piepens erzeugen konnte. Sie probierten verschiedenste Materialien aus und stellten fest, dass es bei Gegenständen aus Metall piepte, wenn sie die beiden Prüfspitzen daran hielten, und dass es bei anderen Gegenständen wie Holz oder Stoff nicht piepte. Ihr Kommentar: "Das muss mit Strom zusammenhängen." Die Überlegung, dass mit der Berührung der Prüfspitzen *am* Gegenstand etwas *im* Gegenstand passierte, war bei vielen vorhanden.

Für die Erzieherinnen war es eine anstrengende Station, weil den ganzen Tag über das Piepen zu hören war. ■



20. Bleistifttonleiter

Durchführung: Das Kind malt mit einem Bleistift auf einem Blatt Papier einen kräftigen Strich. Durch die Verringerung des Abstandes zwischen den Prüfspitzen können dunkle oder hohe Töne erzeugt werden.

Variation: Mehrere Kinder bilden einen Kreis. Zwei benachbarte Kinder fassen die Prüfspitzen an.

Beobachtung: Werden die Prüfspitzen beide auf einen Bleistiftstrich gehalten, so ist ein Ton zu hören. Die Tonhöhe ändert sich, wenn die Prüfspitzen bewegt werden. Auch durch die Strichdicke kann die Tonhöhe verändert werden.

Variation: Auch wenn die beiden Prüfspitzen an Körperteile gehalten oder sogar durch eine Kette von Kindern verbunden werden, ertönt ein Ton.

Erläuterung: Die elektrische Leitfähigkeit von Bleistiftstrichen (Graphit) wird hör- und damit erfahrbar.

Graphit ist ein elektrischer Leiter. Der elektrische Widerstand von Bleistiftstrichen wird in diesem Versuchsaufbau akustisch dargestellt. Das Gerät im Kasten misst den elektrischen Widerstand und gibt das Messergebnis als Tonsignal an einen Lautsprecher weiter. Je weiter die Prüfspitzen voneinander entfernt sind, desto größer ist der Widerstand. Strom entsteht durch fließende Elektronen, die sich im Leiter bewegen, je weiter sie laufen müssen, desto schwerer ist es für sie.

Auch der menschliche Körper ist ein elektrischer Leiter. Der Strom, der über die Prüfspitzen durch die Kinder fließt, ist nur sehr gering und kann keinen Schaden anrichten. Ein Blitzschlag bei Gewitter oder der Strom aus der Steckdose sind dagegen für den Menschen lebensgefährlich!

Hintergrundinformation: Strom: Wenn ein Strom fließt, dann bewegen sich so genannte "freie Elektronen" durch den Leiter, hier Graphit.

Elektrischer Widerstand: Je nach Material und Länge des Leiters bewegen sich die Elektronen unterschiedlich leicht durch das Material. Je leichter sich die Elektronen bewegen, desto kleiner ist der elektrische Widerstand.

Erfahrungen an der Station: Jedes der zwei Kinder hält einen Stift fest, doch der erwartete, lautstarke Effekt bleibt aus. "Warum funktioniert das nicht?" fragt Tim. "Vielleicht, weil wir zu weit voneinander weg stehen." Sie nähern sich einander, doch noch immer geschieht nichts. Als sie sich dann endlich berühren, entsteht plötzlich ein Ton. "Es muss also eine Verbindung da sein," stellt Tim erfreut fest.

Diese (verkürzte und leicht modifizierte) Aufzeichnung einer Erzieherin am Exponat "Bleistifttonleiter" zeigt sehr anschaulich, wie Erkenntnisprozesse bei Kindern entstehen können und wie durch Ausprobieren und Variieren plötzlich Wissen entsteht; wie Erlebnisse gebündelt und zu einer einzigen ganzheitlichen Erfahrung werden können.¹⁾



Viele Kinder haben an dieser Station anfangs nur gemalt, bevor dann durch Zufall der Effekt entdeckt wurde. Mit den Prüfspitzen der Bleistifttonleiter konnte man auf dem gemalten Bild einen Ton erzeugen. Die Kinder haben überlegt, woher der Ton kommt: "Aus der Steckdose?" Viele wollten die Kiste auseinandernehmen um zu sehen, woher der Ton kommt. Es ist eine Station, die Begrenzungen in der Erforschung des Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs aufweist und trotzdem wurde sehr lange und ausdauernd an ihr geforscht.

Für die Erzieherinnen war das ebenfalls eine anstrengende Station, weil sie ähnlich wie der Durchgangsprüfer mit lauten Tönen verbunden war.

Beobachtungen von Erzieherinnen und Kommentare der Kinder an der Station²⁾:

- ▶ *Die Kinder machen Gesten zu den Geräuschen, die sie hören.*
- ▶ *"Wir machen Handgeräusche!"*
- ▶ *"Was soll man da machen?"*
- ▶ *Die Kinder brauchen Hilfe und Unterstützung.*
- ▶ *Sie erkennen die unterschiedlichen Töne.*
- ▶ *Sie bemerken, dass eine Stoffmütze keine Töne macht.*
- ▶ *Sie steckten die Stifte in ihre Nasenlöcher.*
- ▶ *Sie nennen das Exponat wegen der Geräusche "Rasenmäher".*
- ▶ *"Dickerer Bleistift macht lautere Töne."*
- ▶ *Sie probierten die Leitfähigkeit eines Schlüssels aus, dann die des Schlüsselbandes aus Stoff: "Das ist nicht wie bei Eisen."*
- ▶ *Es funktionierte am nassen Pullover, aber nicht am trockenen.*
- ▶ *Die Kinder sind begeistert.*
- ▶ *Ein Mädchen macht Musik, indem es die beiden Pole an seine Ohren hält, und führt dazu einen Tanz auf.* ■

1) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 56

2) zitiert nach:
Evaluationsbericht, Seite 58



Anregungen für weitere Versuche

38

Es gibt natürlich eine große Anzahl verschiedener Bücher zu diesem Thema mit unendlich vielen guten Experimenten. Das Buch **365 Experimente für jeden Tag** (Kempen 2004, moses.Verlag) kann ein erster Zugang zu weiteren Versuchen sein. Um Ihnen den Einstieg zu erleichtern, sind zu jeder

unserer Stationen weitere Experimente aus dem Buch aufgelistet. Es lohnt sich natürlich, auch die anderen Experimente anzuschauen. In der Übersicht ist immer die Experimentiernummer des Buches angegeben.

Viel Spaß beim weiteren Experimentieren.

Bauen, Konstruieren – Wirkung von Kräften

Nummer	Experimentierstation	Experimentiernummer
1	Begehbare Brücke	96
2	Weiche Brücke	94
3	Wippe oder schiefe Ebene	92 93 110 116
4	Längste Kugelbahn	100 102 103 104 106 107 109
5	Fliehkraft	113 114 167

Licht, Farbe, Spiegel

Nummer	Experimentierstation	Experimentiernummer
6	Licht und Schatten	27 28 29 30 32 35 42 43
7	Farbschieber, Farbenspiel	45 46 47 48 49 50
8	Unendlichkeitsspiegel	52 53
9	Drehspiegel und Spiegelbuch	60 360
10	Kaleidoskop	355

Wasser und Luft

Nummer	Experimentierstation	Experimentiernummer
11	Wasserexperimente	119 124 125 249 252 253 326 332
12	Flaschentänzer	116 119
13	Luftballon im Luftstrom	132 159
14	Luftdruckhebebühne	121 122
15	Luftdruckspritzen	121
16	Magdeburger Halbkugeln (Gummisaugheber)	118 123
18	Richtungshören	311 312 313 314

Magnetismus und Strom

Nummer	Experimentierstation	Experimentiernummer
18	Magnete mit verschiedenen Materialien	258 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 363
19	Durchgangsprüfer (Welche Materialien leiten den Strom?)	19
20	Bleistifttonleiter	310 311



Kontakt:

Vereinigung Hamburger
Kindertagesstätten gGmbH

Abteilung

Aus- und Fortbildung

Oberstraße 14 b, 20144 Hamburg

Telefon: 040 - 42 109 241

Impressum:

**Vereinigung Hamburger
Kindertagesstätten gGmbH**

Oberstraße 14b
20144 Hamburg

Redaktion:

Hedi Colberg-Schrader
Monika Tegtmeier
Ralph Marzinick

Fachliche Beratung:

Uta Langenbuch, Dipl. Physikerin

Bearbeitung: Katrin Geyer

Fotos:

Wolfgang Huppertz/agenda

Gestaltung: 2.etage_bremen

Hamburg, Juli 2006

