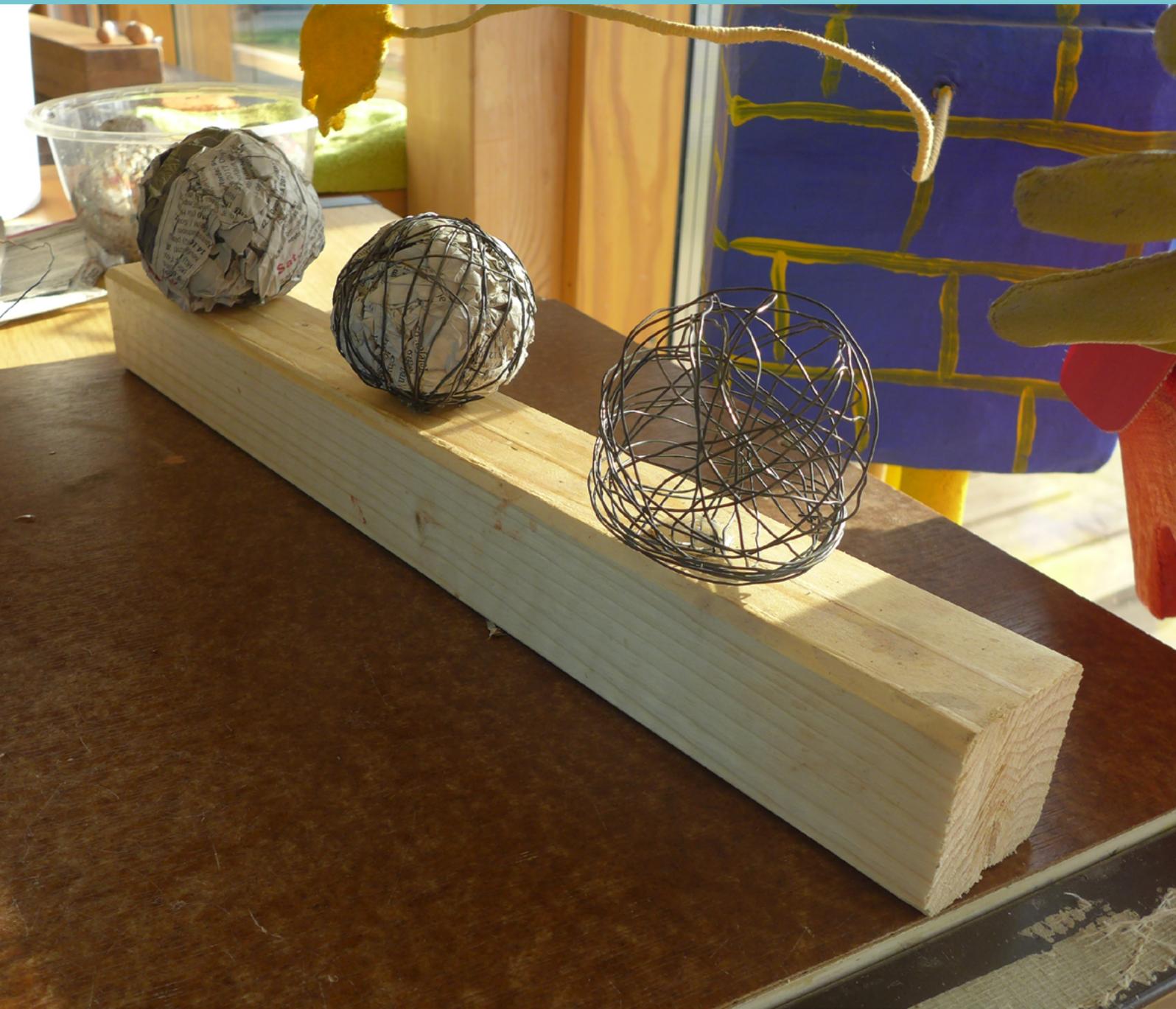


Kugel mal!

Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung im HELLEUM
Ein Workshop zum Thema: Kugel



1. Frühe MINT Bildung im HELLEUM	1
2. Workshopthema: „Kugel mal!“	3
3. Sachbezug zum Thema	5
4. Bezüge zum Berliner Rahmenlehrplan	10
5. Bezüge zu Berliner Bildungsplänen und BNE	13
5.1 Bezüge zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)	13
5.2 Bezüge zum Berliner Bildungsprogramm	15
6. Beschreibung der Lernumgebung	17
Aufbau und didaktische Prinzipien	17
6.1 Kugelfeld	18
6.2 Newtonsches Pendel	19
6.3 Zwei erstaunliche Kugelbahnen	21
6.4 Kugeln selber machen	23
6.5 Kugel-Karussell	24
6.6 Gravitationstrichter	26
6.7 Geneigte Ebene	27
6.8 Magnetschräge	29
6.9 Kugelbahn aus Holz	30
6.10 Unwuchtkugeln	31
6.11 Kugellager	32
6.12 Kugelbuffet	33
6.13 Kugel-Fall	34
6.14 Kugelschreiber	37
6.15 Fußball	38
6.16 Erdkugel	40
Literaturverzeichnis	43
Impressum	

Der Versuch einer kurzen Einordnung

von Hartmut Wedekind (gekürzte Fassung aus dem gleichnamigen Artikel¹)

Bildung im Sinne von Humboldt bedeutet „die Verknüpfung des Ichs mit der Welt“.² Frühe naturwissenschaftliche Bildung kann und sollte dazu beitragen, diese Verknüpfung mit Freude und Vergnügen nachhaltig herzustellen und sich ihr in einer Kultur des Neugierigseins und Zweifels sinnlich und ästhetisch zu nähern.

Staunen und Verwundertsein rufen bei den Kindern eine innere, produktive Unruhe hervor. Aus dem Wunsch heraus, die wundersamen Phänomene zu begreifen, fangen sie an, sich diesen explorierend zu nähern. Kinder gehen diese ersten Schritte des Erkundens und Erforschens, wenn die gewohnte Ordnung, die Regelmäßigkeit, deren sie sich bisher im Umgang mit den Dingen versichern durften und aus denen sie das essentielle Vertrauen zur natürlichen Welt gewinnen konnten, gestört wird. Diese Unruhe, das Staunen oder Verwundertsein wirken motivierend und lösen Prozesse des individuellen Forschens aus, in denen beobachtet, wiederholt, verglichen, vermutet und auch planmäßig verändert wird.³ Dieses Tun der Kinder wird getragen und angetrieben von der Hoffnung, ‚dahinter zu kommen‘, das Irritierende zu verstehen. Das ‚Verstehen-wollen‘ ist dabei die Triebfeder ‚forschenden‘ Handelns von Kindern. Erwachsene werden oft von diesem scheinbar unsystematischen, planlosen und chaotisch erscheinenden Handeln überrascht. Dabei denken Kinder, sich selbst überlassen, „immer von der Sache aus, ihrer Sache, der Sache, die sie antreibt.“⁴

„Von der Sache aus denken“ entspricht einem wesentlichen pädagogischen Arbeitsprinzip im HELLEUM, nach dem die Lernumgebungen im Kontext von Lernwerkstattarbeit konzipiert und gestaltet werden.

Der oft in der Literatur favorisierte Forscherkreis⁵ geht von einer ‚Frage an die Natur‘ als Ausgangspunkt des Forschens aus. Im HELLEUM folgen wir dieser Idee nur bedingt. Für uns ist es die unbeeinflusste sinnliche Begegnung der Kinder mit Dingen und Sachverhalten, die sie in einer vorbereiteten Lernumgebung spielerisch explorierend erkunden, um danach oder dabei erste Ideen und eventuell Fragen zu finden, denen sie nachgehen möchten.

Wir beziehen uns dabei u. a. auf Forschungsergebnisse aus der Studie „Naturwissenschaftliches Lernen im Kontext von Lernwerkstattarbeit – physikalische Experimente in Schule, Kita und Freizeit für den Berliner Kiez“,⁶ in der im Rahmen ethnografischer Untersuchungen vier Grundtypen forschenden Handelns bei Kita- und Grundschulkindern rekonstruiert wurden. So konnte das Forscherteam spielerisch-animistische, aktionistisch-explorative, reproduzierend-wiederholende und problem-lösend-reflexive Praktiken der Kinder bei ihrer Annäherung an Phänomene beobachten und klassifizieren. Die einzelnen Handlungstypen gehen je nach der didaktischen Rahmung fließend ineinander über. In den seltensten

¹ Wedekind, H. (2012).

⁴ Wagenschein (2009), S. 47.

² Humboldt (1980), S. 235.

⁵ Vgl. Ramseger (2009).

³ Vgl. Wagenschein (2009), S. 47.

⁶ Nentwig-Gesemann et al. (2012).

1 Frühe MINT Bildung im HELLEUM

Fällen stand bei Kindern dabei ‚eine Frage an die Natur‘ am Anfang ihres Forschens.

Forschendes Lernen im HELLEUM

Nach einer kurzen Orientierung im Raum und einem anschließenden Begrüßungskreis gehen die Kinder scheinbar ziellos zu den Exponaten/Materialien und beginnen mit ihnen zu spielen und sie explorierend zu erkunden. Dieses scheinbar beliebige Hantieren mit Sachen und Erkunden von Sachverhalten führt durch Momente des Verwundertseins bei den Kindern zu einem intensiveren Explorieren. Zu beobachten ist dabei, dass im Prozess des Hantierens und ‚dahinter kommen Wollens‘ Ideen und erste Vermutungen entstehen, denen sie immer systematischer werdend forschend nachgehen. Zusätzliches Material wird zusammengetragen und auf seine Tauglichkeit für den folgenden Versuch getestet. Während des Versuchs sind die Kinder hoch konzentriert.

Sie beobachten und besprechen ihr Tun sehr genau bis sie zu einem vorläufigen Ergebnis kommen, das entweder ihre Vermutung bestätigt oder in Frage stellt. Der Austausch über die gefundenen Ergebnisse erfolgt in der Regel unter den Kindern, die am konkreten Versuch beteiligt waren. Einen vorläufigen Abschluss erfährt der intensive Forschungsprozess in einer gemeinsamen Abschlussrunde, in der die gewonnenen Erkenntnisse vorgestellt und besprochen werden. Natürlich werden die Kinder durch professionelle Lernbegleiter*innen betreut, die die beschriebenen Phasen flankierend durch Ermutigungen, Impulse und gemeinsames Reflektieren bereichern. Im Dialog zwischen Kind und Erwachsenen wird das gegenseitige Verstehen erleichtert und damit gute Voraussetzungen dafür geschaffen, die ‚Verknüpfung des kindlichen Ich’s mit der Welt‘ im Sinne des Bildungsverständnisses von Humboldt kindgerecht professionell zu begleiten.

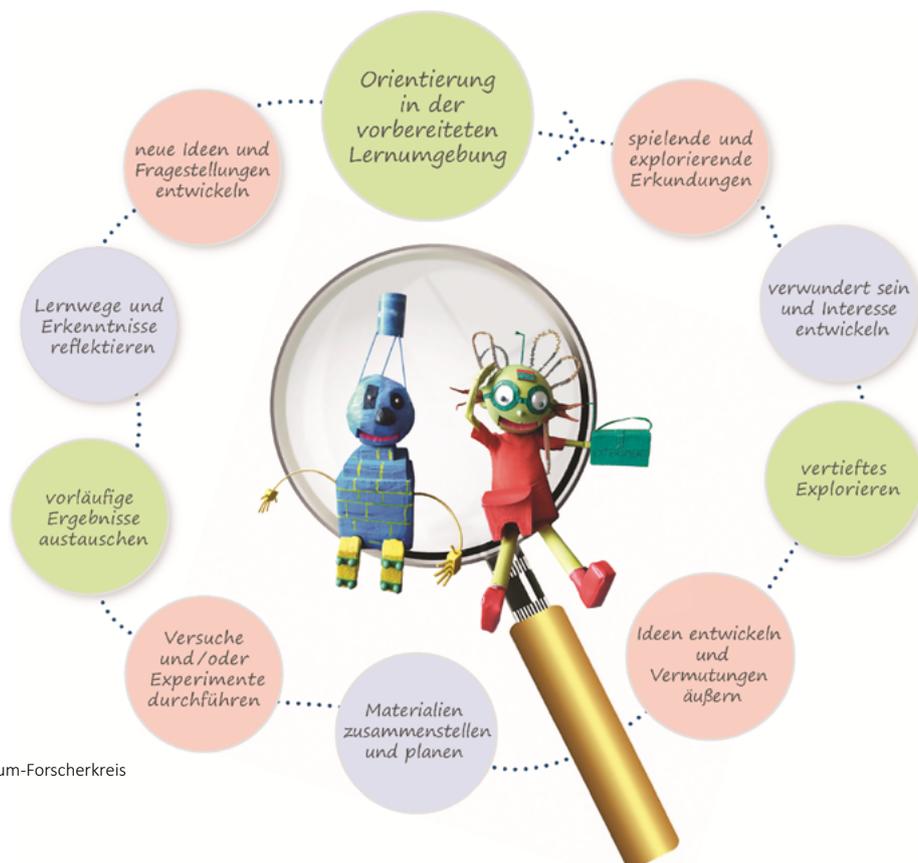


Abbildung 1. Der Helleum-Forscherkreis

2 Workshopthema Kugel: „Kugel mal!“

Seit Jahrtausenden hat die runde Form mit ihren einzigartigen Eigenschaften Menschen in den unterschiedlichsten Kulturen fasziniert. Ihre perfekte Symmetrie und Kompaktheit hat sie zum Symbol von Schönheit, Vollkommenheit und Unendlichkeit gemacht. Ihr ist ästhetische, magische, kosmologische, spirituelle und sogar medizinische Bedeutung zugeschrieben worden. Die antiken griechischen Philosophen der Schule Pythagoras sowie Plato nahmen die Kugelform als Basis für ihre Darstellung des Kosmos, in der die Himmelskörper an Kugelschalen, den sogenannten Sphären (aus dem altgriechischen Wort für Kugel, das wir noch in Begriffen wie Atmosphäre oder Planisphäre verwenden) angeheftet gedacht waren. Noch im XVII. Jahrhundert beschrieb Johannes Kepler – einer der Väter der modernen Astronomie – den Kosmos als Abfolge konzentrischer Kugelschalen, deren Bewegungen eine mathematische und musikalische Harmonie erzeugten, die Musik der Sphären.

Auch in der Lebenswelt von Kindern und Erwachsenen gehören Kugeln heute wie gestern zur alltäglichen Erfahrung. Wir spielen mit Kugeln Tennis, Fußball, Billard und noch Hunderte von Spielen, wir schreiben mit Kugelschreibern, hängen Kugeln an unsere Weihnachtsbäume, essen Eiskugeln und leben auf einem kugelförmigen Planeten. Oder so stellen wir uns das wenigstens vor. Denn was

ist eigentlich eine Kugel? Sind alle Bälle Kugeln und alle Kugeln Bälle? Gibt es eigentlich perfekte Kugeln?

Diesen und anderen Fragen zu den geometrischen und physikalischen Eigenschaften der Kugel können Kinder in dem Workshop „Kugel mal!“ nachgehen und ihr Wissen zu diesem Thema erweitern. Sie können im Workshop viele Erfahrungen sammeln, diese auch mit schon Bekanntem vergleichen und sich dabei auch mit anderen Naturphänomenen wie Gravitation, Rückprall und Reflexion auseinandersetzen. Die Materialien und Stationen des Workshops sind dafür gedacht, Kinder zu einer problem-lösenden Phänomenerkundung anzuregen sowie ihren Forschergeist und ihre Neugier zu wecken.

Außerdem werden die Kinder angeregt, sich mit elementaren Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften zu befassen. Duit et al. (2004) formulieren grundlegende Prinzipien naturwissenschaftlichen Arbeitens so: Beobachten und Messen, Vergleichen und Ordnen, Erkunden und Experimentieren, Modellieren und Mathematisieren, Recherchieren und Kommunizieren.⁷ Während des Workshops nutzen die Kinder entsprechend ihrem Entwicklungsstand viele dieser Arbeitsmethoden.

⁷ Vgl. Duit et al. (2004), S. 8.

⁸ Bild von mud and dark

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chinkultic_ball_player.jpg),

„Chinkultic ball player“, lizenziert unter der Creative Commons

Attribution 2.0 Generic-Lizenz,

<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>.

Abbildung 2. Schon ab dem XVI. Jahrhundert v. Chr. spielten mesoamerikanische Völker Ballspiele. Hier eine Darstellung auf Stein aus dem Nationalmuseum für Anthropologie in Mexiko-Stadt⁸



3 Sachbezug zum Thema

In mathematischer Hinsicht ist eine Kugel, oder genauer gesagt ein Kugelkörper, eine dreidimensionale Figur mit besonderen Symmetrieeigenschaften. Das Teilgebiet der Geometrie, das sich mit Gebilden im dreidimensionalen Raum befasst – die Stereo- oder Raumgeometrie – unterscheidet zwischen Polyedern und Rotationskörpern. Während die Oberfläche eines Polyeders, wie zum Beispiel des Würfels oder der Pyramide, ausschließlich aus geraden Flächen besteht, gibt es bei den Rotationskörpern wenigstens eine krumme Fläche. Beispiele dafür sind der Kreiskegel, der Kreiszylinder und eben die Kugel. Der Begriff ‚Rotationskörper‘ bezieht sich auf eine andere Eigenschaft dieser Figuren und zwar, dass deren Oberfläche durch die Rotation einer erzeugenden Kurve um eine Rotationsachse gebildet wird. Diese Kurve kann auch gerade sein, wie zum Beispiel im Fall des Zylinders und des Kegels. Im Fall der Kugel ist die erzeugende Kurve ein halber Kreis. Abgeleitet daraus folgt die Definition, dass die Oberfläche der Kugel aus allen Punkten besteht, die den gleichen Abstand von einem festen Punkt haben. Dieser Punkt wird als Mittelpunkt bezeichnet.

Genau wie der Kreis im zweidimensionalen Raum, so ist auch die Kugel im dreidimensio-

nen Raum symmetrisch unter Drehungen um ihren Mittelpunkt oder besser gesagt um jede gerade Linie – dann Achse genannt – durch ihren Mittelpunkt. Da durch einen Punkt unendlich viele gerade Linien gezogen werden können, hat die Kugel unendlich viele Symmetrieachsen – egal, wie man eine Kugel dreht, sie bleibt immer sich selbst gleich. Im Vergleich dazu haben zum Beispiel Zylinder und Kegel nur eine Symmetrieachse, ihre Rotationsachse. Dies bedeutet auch, dass für die Kugel die Krümmung – die Abweichung aus einer geraden Fläche – in allen Punkten der Oberfläche gleich ist. Mit anderen Worten ist die Kugel der einzige Körper, der überall gleich rund ist und bei dem der Abstand vom Mittelpunkt zur Oberfläche überall gleich lang ist.

Diese außerordentliche Symmetrie ist aber nur eine der vielen einzigartigen Eigenschaften dieser faszinierenden Figur. Andere Aspekte machen die Kugel zu einer besonderen Form mit vielen Anwendungen in der natürlichen und der von Menschen geschaffenen Welt. Insbesondere hat die Kugel die kleinste Oberfläche aller Körper mit einem vorgegebenen Volumen und von allen Körpern mit vorgegebener Oberfläche umschließt sie das größte Volumen. Aus diesem Grund sind

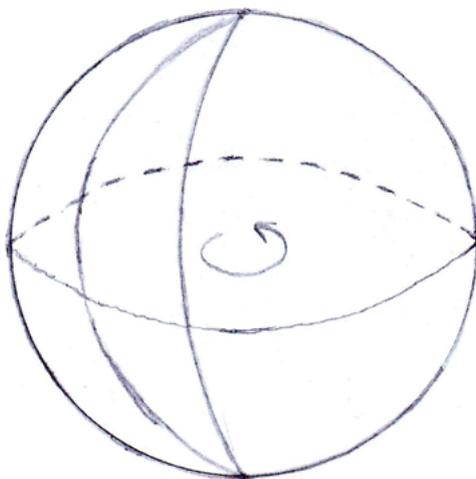


Abbildung 3. Die Kugel als Rotationskörper

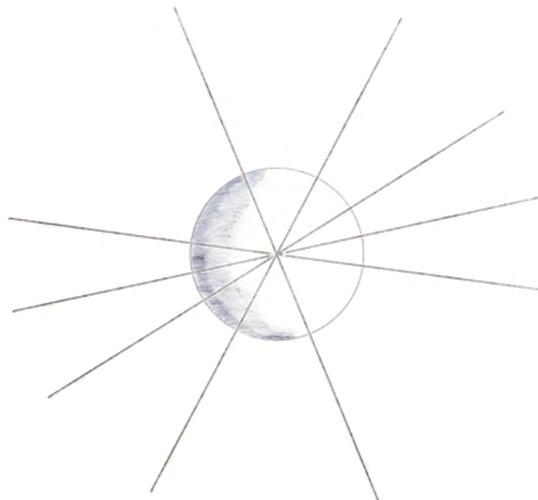


Abbildung 4.
Die Kugel hat unendlich
viele Symmetrieachsen

zum Beispiel Wassertropfen und Seifenblasen (ohne Berücksichtigung der Gravitation) Kugeln, weil die Oberflächenspannung dafür sorgt, dass die Oberfläche minimiert wird. Auch Planeten sind innerhalb einer gewissen Approximation Kugeln, weil sie bei ihrer Entstehung flüssig waren und die Kugel die Form mit der größten Gravitationsbindungsenergie ist. Aus dem gleichen Grund haben sich Kugelfische so entwickelt, dass sie sich bei Gefahr mit Wasser aufpumpen können und dadurch die höchstmögliche Volumenvergrößerung erreichen können, wodurch es für ein Raubtier schwer wird, sie zu verschlingen.

Wenn man die Geometrie auf der Oberfläche der Kugel betrachtet, entdeckt man andere Eigenschaften, die die Mathematiker lange irritiert haben. Wenn man versucht, die Definitionen der Geometrie auf diesen Raum zu übertragen, entstehen eigenartige Merkmale. So ergibt sich u. a., dass die kürzeste Strecke zwischen zwei Punkten auf der Kugeloberfläche keine gerade Linie ist, sondern ein Teil eines sogenannten Großkreises, worunter die maximalen Kreise auf der Kugel gemeint sind, wie zum Beispiel der Äquator und die

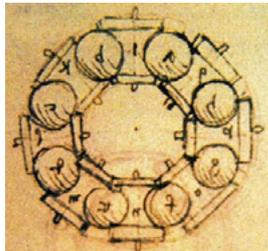
Meridiane. Eine Konsequenz davon ist, dass parallele Linien in diesem Raum, im Gegensatz zu ihren Homologen auf der Ebene, sich immer in zwei Punkten treffen und die Winkelsumme eines Dreiecks (auch Kugeldreieck oder sphärisches Dreieck genannt) größer als 180 Grad ist.

Auf krummen Geometrien wie dieser, die auch als nicht-euklidische Geometrien bezeichnet werden, beruht Einsteins Theorie der allgemeinen Relativität, in der besagt wird, dass das Vorhandensein einer Masse die Krümmung des Raums verändern kann.

Rein mathematisch betrachtet ist die Kugel, wie alle anderen geometrischen Figuren auch, eine Idealform. Kugeln in der Realität sind lediglich näherungsweise kugelförmig. Insbesondere zeigt die Erde im Vergleich zu einer perfekten Kugel aufgrund ihrer Rotationsbewegung und der daraus entstehenden Zentrifugalkraft eine leichte Abflachung (etwa 0.3 Prozent) an den Polen.

Aufgrund ihrer geometrischen Eigenschaften bietet sich die Kugel für die Erkundung

Abbildung 5. Entwurf eines Kugellagers aus Leonardo Da Vincis Codex Madrid I (1490-1499) und eine moderne Reproduktion aus dem Museo Galileo in Florenz



zahlreicher physikalischer Phänomene an. Insbesondere können Kugeln, dank ihrer unendlichen Symmetrieachsen, durch äußere Krafteinwirkung in alle Richtungen gleichmäßig gerollt werden.

Wenn sich eine Kugel zum Beispiel auf einer geneigten Ebene befindet, so wird sie, anders als Körper mit geraden Flächen, in Rotation gesetzt und rollt die Ebene herunter. Dies ist der Anwesenheit zweier entgegengesetzter Kräfte zuzuschreiben, die auf zwei unterschiedliche Punkte der Kugel einwirken. Auf den Schwerpunkt (bei homogener Verteilung der Masse ist dies der Mittelpunkt) der Kugel wirkt die Schwerkraft, auf den Kontaktpunkt zwischen Kugel und geneigter Ebene die Reibungskraft. So bekommt die Kugel nicht nur eine Beschleunigung nach unten in die Richtung der geneigten Ebene, sondern auch aufgrund der Haftreibung an dem Kontaktpunkt eine Beschleunigung ihrer Drehbewegung um die Rotationsachse. Beide Wirkungen sind umso größer, je größer die Neigung der Ebene ist. Dies entspricht der Alltagserfahrung, dass man beim Herunter-

fahren (zum Beispiel auf einem Fahrrad) auf einem steileren Weg stärker bergab beschleunigt wird.

Im Widerspruch zu einer intuitiven Vorstellung des Phänomens hängt diese Beschleunigung weder von der Masse noch von der Größe der Kugel ab, sondern nur von der Verteilung der Masse in ihrem Innenraum. Eine hohle Kugel wird zum Beispiel weniger beschleunigt als eine volle Kugel, unabhängig von den gesamten Massen.

Ähnlich wie bei Rädern (die aber nur um eine Achse, also in eine Richtung rollen können) hat diese Rollbewegung Vorteile hinsichtlich der Reibung im Vergleich mit reinen Translationsbewegungen (Gleiten). Die Reibung zwischen der Kugel und einer Oberfläche, auf der sie gerollt wird (Rollreibung) ist wesentlich geringer als die Gleitreibung bei gleichen Materialien. Dieses Prinzip findet breite Anwendung in mehreren Branchen der Technik, besonders Automobil-, Industrie-, Schiffs- und Raumfahrttechnik, wenn Teile eines Geräts aufeinander gleiten müssen. Legt

⁹ © Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florenz (Italien).

3 Sachbezug zum Thema

man dazwischen ein Wälzlager (zum Beispiel ein Kugellager), so werden die Zerrüttung der Materialien sowie der Energieverbrauch des Geräts verringert.

Schon vor ca. 3000 Jahren sollen (nach archäologischen Befunden) von Kelten Zylinderrollenlager entwickelt worden sein. Die erste Beschreibung eines Wälzlagers finden wir bei dem antiken römischen Architekten, Ingenieur und Architekturtheoretiker Vitruv. Die ältesten Funde eines Kugellagers stammen aus dem Ende der republikanischen Zeit (1. Jahrhundert vor Christus). Nach einer langen Phase im Mittelalter wurde das Konzept in der Renaissance durch Leonardo da Vinci wiederbelebt und entwickelte sich im siebzehnten und achtzehnten Jahrhundert stetig weiter.

Dank ihrer Symmetrieeigenschaften eignet sich die Kugel optimal dafür, andere dynamische Phänomene zu erkunden, die in der Physik als Stoßprobleme bezeichnet werden.

Wenn ein Körper auf einen anderen stößt, üben die beiden kurzzeitig Kräfte aufeinander aus und tauschen dadurch Energie und Impuls – ihre Geschwindigkeit wird in Betrag und Richtung geändert. Die Art und Weise, wie sich die Geschwindigkeit ändert, hängt von der Form und der Masse der Körper sowie von den Eigenschaften der Materialien, aus denen sie bestehen, ab.

Auch hier ist die intuitive Vorstellung des Phänomens oft im Widerspruch zu der physikalischen Theorie, denn die Kräfte, die zwei Körper bei einem Stoß aufeinander ausüben, sind immer gleich, unabhängig von dem Massenunterschied – dies besagt das *actio-reactio*-Prinzip (oder Wechselwirkungsprinzip) der Mechanik. Also, wenn zum Beispiel

ein schwerer Gegenstand auf einen leichteren stößt, üben die beiden genau die gleiche Kraft aufeinander aus. Was sich unterscheidet, sind die Wirkungen dieser Kraft auf die beiden Körper – diese hängen eben von der Masse ab. So ist die Wirkung auf den Körper mit kleiner Masse größer.

Ein anderes zentrales Prinzip, das in allen Bereichen der Naturwissenschaften Anwendung findet, kommt dabei ins Spiel, das der Energieerhaltung. Die gesamte Energie der beiden Körper ändert sich nach dem Stoß nicht. Im Idealfall, wenn keine Energie durch Erwärmung oder plastische (irreversible) Verformung der Körper verbraucht wird, erhält sich insbesondere auch die gesamte kinetische Energie. In diesem Fall würde eine Kugel, die aus einer gewissen Höhe auf den Boden fällt, unter Vernachlässigung aller anderen Variablen immer wieder genau gleich hoch zurückprallen.

In der Realität wird beim Stoß auch Wärme erzeugt und dadurch geht ein Teil der kinetischen Energie verloren. Dies erklärt das Phänomen, welches wir alle aus der Alltagserfahrung kennen – die Kugel prallt immer etwas weniger hoch zurück, bis sie auf dem Boden liegen bleibt. Oder sie und der Boden werden teilweise (und meistens unauffällig) plastisch verformt. Inwiefern dies stattfindet, wird von einer Eigenschaft der Körper beschrieben, ihrer Elastizität.

Wenn ein Körper sehr elastisch ist, verformt er sich beim Stoß nur kurzzeitig. Dabei wandelt sich ein Teil der kinetischen in elastische Energie um. Die elastische Energie sorgt dann dafür, dass der Körper auf den anderen drückt und dadurch wieder beschleunigt wird – die elastische Energie wandelt sich dabei wieder zur kinetischen um.

3 Sachbezug zum Thema

Das entsprechende Phänomen kennen wir sehr gut aus der Alltagserfahrung: Ein Ball mit größerer Elastizität, wie zum Beispiel ein Basket- oder ein Tennisball, springt höher zurück, nachdem er auf den Boden fällt. Diese Elastizität können wir zum Beispiel ändern, wenn wir den Ball mehr oder weniger aufpusten. Die Wirkung davon ist wohl auch den meisten Menschen bekannt.

Bei Stoßereignissen bietet die Kugel aufgrund ihrer Symmetrie besondere Möglichkeiten der Erkundung. Wenn eine Kugel auf eine gerade Oberfläche, wie eine Wand oder den Boden, stößt, kann ein interessantes Phänomen beobachtet werden, das breite Anwendung in unterschiedlichen anderen physikalischen Bereichen findet.

Wenn man die Bewegung der Kugel bei einem Stoß beobachtet, stellt man fest, dass die Richtungen vor und nach dem Stoß in einem regelmäßigen Verhältnis miteinander stehen. Je größer der Winkel zwischen Bewegungsrichtung und Wand vor dem Stoß, desto größer ist der entsprechende Winkel nach dem Stoß.

In der naturwissenschaftlichen Betrachtung dieses Phänomen, werden zwei Winkel eingeführt, um die Bewegungsrichtung mathematisch genau zu beschreiben. Als Einfallswinkel bezeichnet man den Winkel zwischen der Bewegungsrichtung der Kugel vor dem Stoß auf die Wand und einer gedachten zur Wand senkrechten Linie (dem sogenannten Einfallslot) und als Ausfallswinkel den entsprechenden Winkel nach dem Stoß, wie in Abbildung 6. Physik besagt in der Tat, dass die beiden Winkel genau gleich sind.

Auch dieses Prinzip kennt man intuitiv aus der Alltagserfahrung, zum Beispiel beim Billard oder auch beim Tennis, wenn man einen Volley spielt. Es sei denn, man gibt dem Ball einen Effet, aber das ist eine andere Geschichte!

Dieses Reflexionsgesetz gilt nicht nur für diesen Sonderfall, sondern auch für alle Naturphänomene, die in Bezug auf Wellen beschrieben werden können. So werden also auch Schall (mechanische Welle) und Licht (elektromagnetische Welle) nach der gleichen Regel reflektiert.

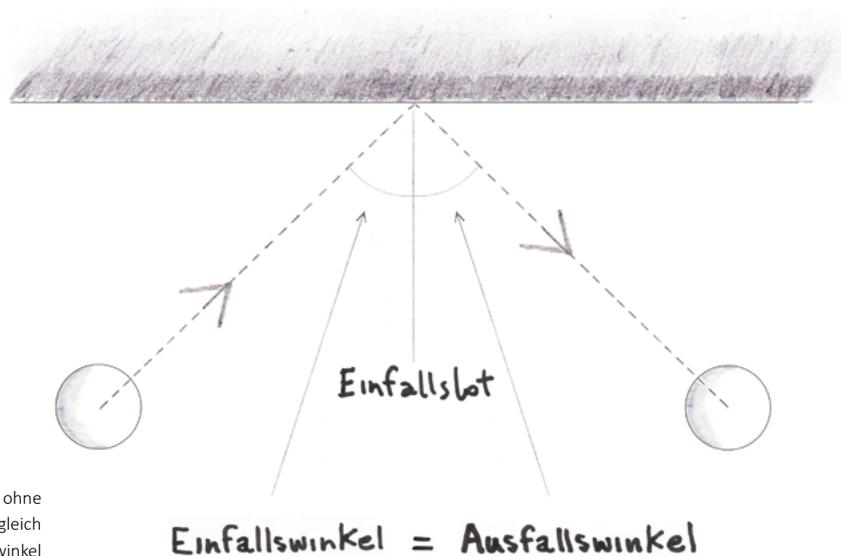


Abbildung 6. Bei Stößen ohne Effet ist der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel

4 Bezüge zum Berliner Rahmenlehrplan

Schulische Bildung hat die Aufgabe, Kindern und Jugendlichen zu ermöglichen, sich umfassend und individuell Kompetenzen anzueignen, die sie befähigen an der Gestaltung der zukünftigen Gesellschaft verantwortungsbewusst und aktiv mitzuwirken. Frühe naturwissenschaftliche Bildung umfasst deshalb alle Bildungsbereiche und schließt neben den Bereichen Naturwissenschaften, Technik, Mathematik auch Sprache und ästhetische Bildung mit ein.

Im Folgenden wird beschrieben, wie die Bildungsziele des Rahmenlehrplans für den Sachunterricht im Workshop verwirklicht werden.

Die Berliner Rahmenlehrpläne für die Grundschule im Bereich Sachunterricht weisen auf die Entwicklung von Kompetenzen der handelnden Auseinandersetzung mit Phänomenen mittels der Anwendung von prozessorientierten Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (siehe dazu auch die Möglichkeiten des kindlichen Tuns in den Beschreibungen der Stationen) hin.¹⁰ „Die Kompetenzen lassen sich (analytisch) in die Bereiche Erkennen, Kommunizieren, Urteilen sowie Handeln gliedern, wobei es zwischen den Bereichen Überschneidungen gibt.“¹¹

Im Workshop „Kugel mal!“ können sich Kinder mit Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen aus allen vier Bereichen beschäftigen. Sie können an den Stationen mit den vorhandenen Materialien experimentieren und Versuche durchführen, spielerisch ausprobieren und erkunden, Zusammenhänge erkennen und dabei geistige Modelle zu physikalischen Prozessen und

geometrischen Eigenschaften bilden. Sie können vermuten, beobachten, vergleichen und ihr Vorgehen bzw. ihre Hypothesen auch durch digitale Medien dokumentieren.

In kleinen Gruppen oder im Plenum, mit Gleichaltrigen oder mit der Lernbegleitung können sich die Kinder im Workshop austauschen, ihre Hypothesen und Modelle beschreiben, begründen und kritisieren. Dabei lernen sie, sich an Gesprächsregeln zu halten, den anderen zuzuhören, nachzufragen, sich zu distanzieren oder zu einigen.

In der Auseinandersetzung mit den Materialien und den Mitforschenden können die Kinder „individuelle, begründete Urteile entwickeln.“¹² Sie können die eigenen Vermutungen und Erklärungen abwägen, auswerten und eventuell korrigieren. Außerdem können sie diese mit den Vermutungen und Erklärungen anderer Kinder vergleichen und differenzieren.

Ebenso können sie dabei ihre eigenen Stärken und jene der anderen erkennen, Verabredungen treffen und einhalten, gemeinsame Ziele verhandeln und verfolgen und ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten ein- und Erkenntnisse umsetzen.

Beim Explorieren und Experimentieren an den Stationen erfahren Kinder eine Vielfalt an Phänomenen, an denen „zentrale Prinzipien der Natur[wissenschaften] zugänglich [...] werden.“¹³ Die räumlich-materielle Gestaltung des Workshops bietet die Möglichkeit, physikalische Prozesse zu beobachten, in

¹⁰ Vgl. Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie (2017), S. 4.

¹¹ Ebd.

¹² Ebd., S. 5.

¹³ Ebd., S. 6.

4 Bezüge zum Berliner Rahmenlehrplan

denen die Bewegung von Gegenständen und die Kräfte, die diese beeinflussen, erforscht werden können. Dabei können die Kinder naturwissenschaftliche Basiskonzepte der Energie und der Energieerhaltung, der Wechselwirkung sowie systemisches Denken entwickeln und anwenden.¹⁴

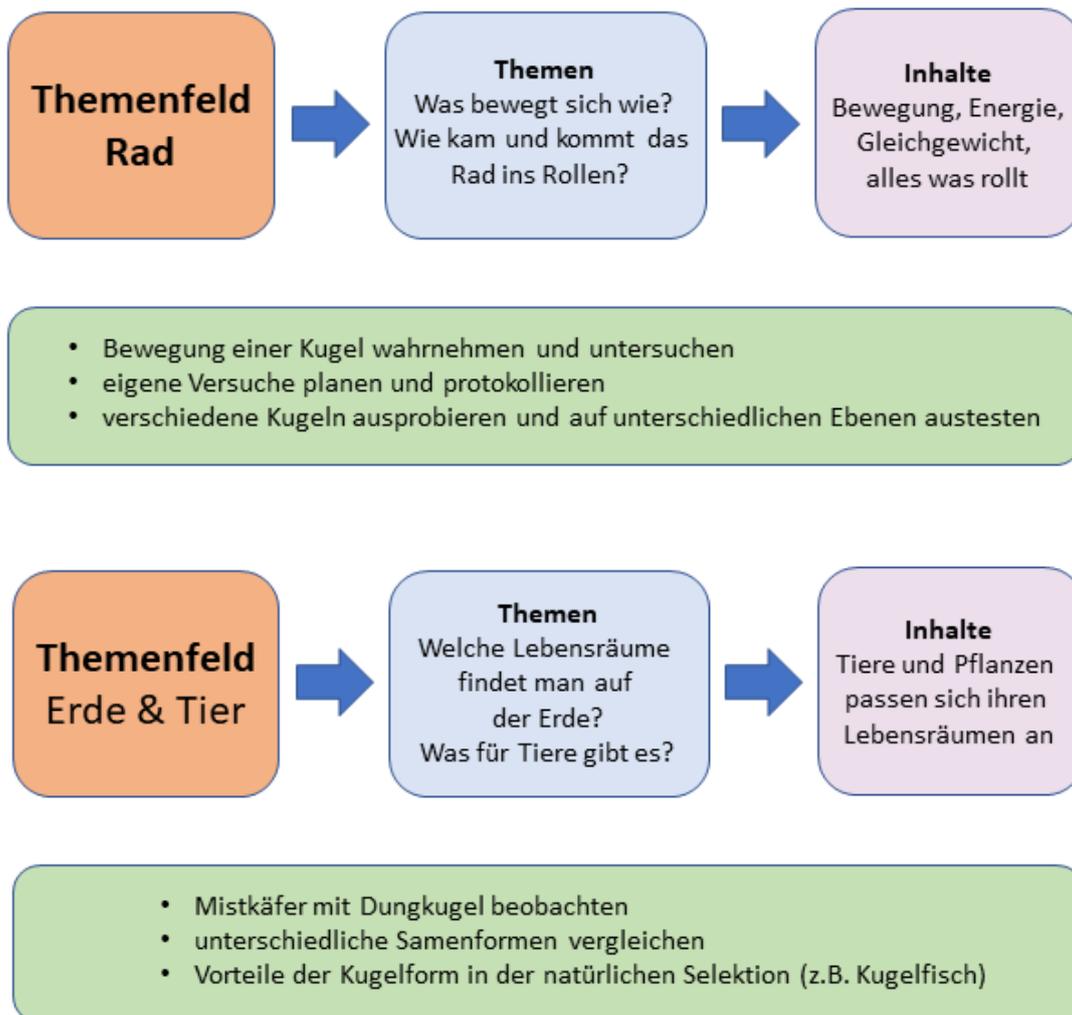
Inhaltlich sind die Themen in den Rahmenlehrplänen in acht obligatorische Felder gegliedert: Erde, Kind, Markt, Rad, Tier, Wasser, Wohnen, und Zeit. Während Erde, Kind, Markt,

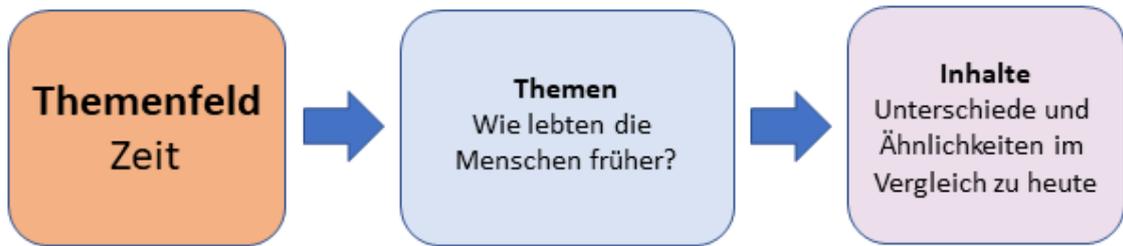
Rad „jeweils auf eine Sache oder ein Phänomen fokussiert [sind], mit dem die Lernenden eine Vorstellung und in der Regel auch Erfahrungen verknüpfen, [...] stehen Tier, Wasser, Wohnen, Zeit etc. als ein Synonym für einen größeren Themenzusammenhang [und] haben jeweils einen Gegenwarts- und Zukunftsbezug sowie exemplarische Bedeutung.“¹⁵

Im Folgenden werden die Bezüge des Workshops zu den Themenfeldern exemplarisch und schematisch dargestellt.

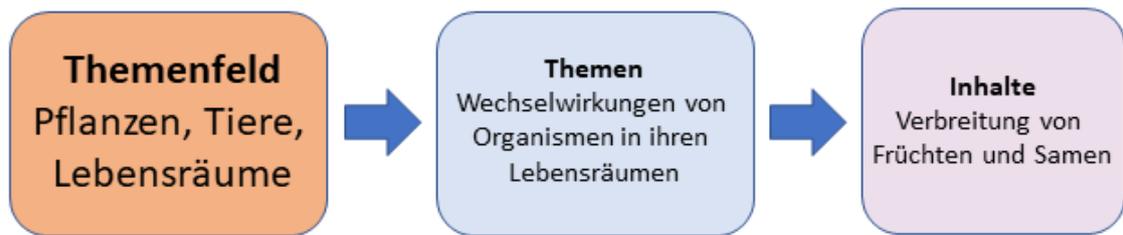
¹⁴ Ebd.

¹⁵ Ebd., S. 20.

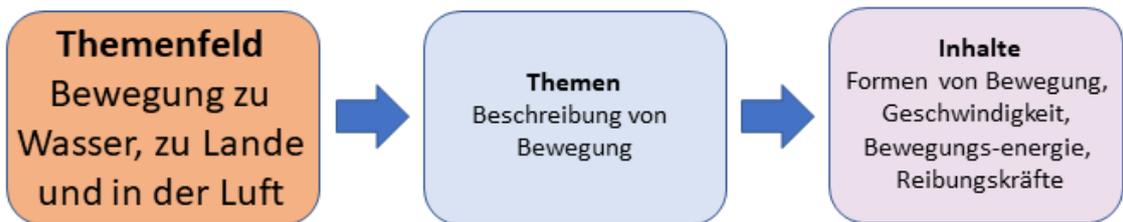




- Kugelspiele der Vergangenheit und deren Techniken erproben
- Spiele erstellen
- unterschiedliche Spielformen und Materialien ausprobieren und vergleichen



- verschiedene Samen unter dem Mikroskop erforschen
- Samenformen wahrnehmen
- Verbreitungsarten für sich erschließen



- erwünschte und unerwünschte Widerstände (Reibung)
- Weg- und Zeitmessungen einer Bewegung erfassen und protokollieren
- Energie und Impulserhaltung
- Drehbewegungen und Zentrifugalkraft

Die Kugel ist rund. Bereits beim gemeinsamen Ballspiel erfahren Kinder intuitiv die Wirkung des Runden. Wenn sie technische Errungenschaften, wie z. B. das Fahrrad oder das Kugellager, nutzen oder die Pflanzenwelt oder Tierwelt beobachten, kommen sie mit wichtigen Aspekten des Themas Kugel in Berührung. Viele Kinder haben zum Beispiel bereits einen Mistkäfer beobachtet, wie er eine kleine erdfarbene Kugel vor sich her rollt. Jedem sind kugelähnliche Luftballons, Eiskugeln oder perfekte (?) Seifenblasenkugeln bekannt – dadurch setzen sich Kinder unbewusst mit Phänomenen auseinander. Sie verfügen somit über ein intuitives, erfahrungsbasiertes Wissen, welches sie im Workshop „Kugel mal!“ erweitern und vertiefen können.

Das Berliner Bildungsprogramm für Kitas und Kindertagespflege weist darauf hin, dass frühkindliche Lernprozesse in für die Kinder „überschaubaren Lebens- bzw. Sinnzusammenhängen“ erfolgen soll. Diese Verankerung der frühen Bildungsprozesse in der Person ist wichtig, denn ein solches Vorgehen stützt das Selbstvertrauen, „weil es aktives Lernen und nicht die Übernahme von Wissen in den Vordergrund stellt und weil es Kindern vermittelt, immer wieder neu und weiter zu lernen.“¹⁶

Darüber hinaus wird im Bildungsprogramm festgestellt: „Naturwissenschaftliche Grunderfahrungen bieten neue Erfahrungswelten und unterschiedliche Zugänge zur Weltaneignung.“¹⁷ Bildung für nachhaltige Entwicklung soll Kinder „befähigen, den Prozess

einer nachhaltigen Entwicklung mit gestalten zu können“. Es wird dabei von der so genannten „Gestaltungskompetenz“ gesprochen.¹⁸

Der Workshop „Kugel mal!“ soll es Kindern ermöglichen, vorhandene Erfahrungen zu vergegenwärtigen, zu staunen, neue Erfahrungen zu machen, neue Fragen und vielleicht auch Antworten mit nach Hause zu nehmen. Dabei werden viele Ziele verfolgt, die sowohl im Rahmenlehrplan, im Bildungsprogramm als auch in der Bildung für nachhaltige Entwicklung der Grundschule formuliert sind. Die folgende Auswahl zeigt differenziert auf, welche Bezüge es in dem Workshop zu den jeweiligen Bildungsansprüchen gibt.

Bezüge zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)

Im Auftrag des Bundesumweltministeriums hat Prof. Dr. Gerhard de Haan Vorschläge unterbreitet, wie Bildung für nachhaltige Entwicklung schon in der Grundschule umgesetzt werden kann.

Schülerinnen und Schüler sollen in der Lage sein, zukünftige gesellschaftliche Prozesse unter dem Leitgedanken der Nachhaltigkeit mitzugestalten. Insbesondere die dafür nötige Fähigkeit, fundierte Positionen zu sozialen, ökologischen und ökonomischen Entwicklungen in der Gesellschaft einzunehmen und sowohl allein als auch mit anderen handlungsfähig zu sein, soll entwickelt werden.¹⁹

¹⁶ Krappmann (2006), zitiert nach Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft (2014), S.32.

¹⁷ Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft (2014), S.32.

¹⁸ de Haan (2009), S. 23.

¹⁹ Vgl. Fischer (2010), S. 32.

Die OECD formuliert folgende 12 Teilkompetenzen, aus denen sich Gestaltungskompetenz zusammensetzt:

- Perspektivübernahme
- Antizipation
- disziplinübergreifende Erkenntnisgewinnung
- Umgang mit unvollständigen und überkomplexen Informationen
- Kooperation
- Bewältigung individueller Entscheidungsdilemmata
- Partizipation
- Motivation
- Reflexion auf Leitbilder
- moralisch Handeln
- eigenständig Handeln
- Unterstützung anderer

Die Förderung dieser Kompetenzen soll Menschen in die Lage versetzen, nicht nachhaltige Entwicklungen aktiv zu analysieren und zu bewerten. Sie sollen befähigt werden, das eigene Leben nach Kriterien der Nachhaltigkeit auszurichten und gemeinsam mit anderen nachhaltige Entwicklungsprozesse zu initiieren.

Für die Arbeit in der Grundschule hat de Haan folgende acht Kompetenzen herausgearbeitet, die bei Grundschüler*Innen gefördert werden können:

- Vorausschauendes Denken und Handeln
- Weltoffen wahrnehmen
- Interdisziplinär arbeiten
- Verständigen und kooperieren
- Planen und Agieren
- Gerecht und solidarisch sein
- Motiviert sein und motivieren können

- Lebensstil und Leitbilder reflektieren.²⁰

Wie Bildung für nachhaltige Entwicklung im Workshop verankert ist

*Die Kinder sollen lernen, vorausschauend zu denken und zu handeln. Wichtige Elemente dieser Kompetenz sind aus psychologischer Perspektive „Kreativität, Phantasie und Imaginationsvermögen“.²¹ Der Workshop ist so gestaltet, dass Fragen provoziert werden und die Kinder zum Forschen und Explorieren angeregt werden. Sie entscheiden, wenn nötig mit Unterstützung der Lernbegleiter*Innen, was und wie sie etwas tun wollen. Kreativität, Phantasie und Vorstellungsvermögen sind dabei gefordert.*

Die Kinder sollen lernen, selbst zu planen und zu agieren. Sie sollen sich Ziele vorstellen können, die sie direkt befördern wollen. Dazu müssen sie eigenständig werden, „um die Welt zu begreifen, zu erfahren und zu verstehen.“²² Das können sie bei kleinen Forschungsvorhaben an den Stationen tun. Sie lernen, sich selbst (Forschungs-)Ziele zu setzen und erfahren dabei, was nötig ist, um diese zu erreichen.

*Die Kinder sollen lernen, sich selbst und andere zu motivieren. Dazu gehört, dass sie Spaß daran haben, sich einzubringen und Anerkennung für ihre Arbeit zu erfahren.²³ Die Lernbegleiter*Innen fördern die Herausbildung dieser Fähigkeit, indem sie die Kinder bei der Umsetzung ihrer Ideen unterstützen und wertschätzende Rückmeldung geben.*

Kinder sollen lernen, interdisziplinär zu arbeiten, indem sie sich beispielsweise zu einem Thema unter-

²⁰ Vgl. de Haan (2009), S. 23ff.

²¹ de Haan (2009), S. 25.

²² Vgl. de Haan (2009), S. 30.

²³ Vgl. de Haan (2009), S. 32.

*schiedlicher Zugangsweisen bedienen. Diese können „wissenschaftlicher, spielerischer, diskursiver oder auch ästhetischer Art sein“.*²⁴ Die im Workshop „Kugel mal!“ aufgebauten Stationen bieten den Kindern diverse Möglichkeiten, sich mit verschiedenen Aspekten eines Oberthemas zu beschäftigen, wobei speziell in diesem Workshop fächerübergreifende bzw. disziplinübergreifende Erkenntnisgewinnung sichtbar wird. Es geht um Kugeln, die jeweiligen Phänomene sind jedoch unterschiedlichsten Disziplinen zugeordnet. Bei der Arbeit steht es den Kindern frei, Arbeits- und Lernformen selbst zu wählen. Meist folgt auf eine Phase des eher explorativen und spielerischen Agierens eine Phase der vertieften Beschäftigung, in der die Kinder eigene Themen bearbeiten. Durch Beobachtung und Wiederholung bilden sich vorläufige Annahmen heraus, die dann in Einzelgesprächen oder Gesprächskreisen aufgegriffen werden und mit Lernbegleiter*Innen oder anderen Kindern auf der Metaebene diskutiert werden können.

Bezüge zum Berliner Bildungsprogramm

Die Berliner Bildungspläne für den Elementar- und den Primarbereich formulieren einheitlich, dass es das Ziel der Bildungsbemühungen ist, bei Kindern die Entwicklung von verschiedenen Kompetenzen zu fördern. Berliner Bildungsprogramm orientiert sich dabei am Konzept der Handlungskompetenz, die in vier Bereiche unterteilt wird: Lernmethodische Kompetenz

oder Methodenkompetenz, Sachkompetenz, Personalkompetenz und Sozialkompetenz.

Im Berliner Bildungsprogramm werden für die naturwissenschaftliche und technische Bildung von Kindergartenkindern vor allem Ziele formuliert, die darauf ausgerichtet sind, den Kindern Grunderfahrungen in diesem Bereich zu ermöglichen. Durch eigenes Tun, unterstützt durch ihre Bezugspersonen und Peers, sollen sie bestimmte Kompetenzen in vier Kompetenzbereichen erlangen: Ich-Kompetenzen, Soziale Kompetenzen, Sachkompetenzen und Lernmethodische Kompetenzen.²⁵ Im Bildungsprogramm wird festgestellt, dass kindliches Lernen „an das unmittelbare Erleben des Kindes in seiner Lebenswelt gebunden [ist]“.²⁶ Frühkindliche Bildungsprozesse „werden gekennzeichnet als aktive, soziale, sinnliche und emotionale Prozesse der Aneignung von Welt“.²⁷ Es werden viele Situationen beschrieben, in denen Kinder naturwissenschaftlich-technische Grunderfahrungen machen können. Auch in dem Workshop „Kugel mal!“ lernen Kinder über den unmittelbaren Umgang mit Naturphänomenen und technischen Geräten.

Wie Bildungsziele des Berliner Bildungsprogramms im Workshop verwirklicht werden

Kinder sollen das differenzierte Wahrnehmen von Dingen und Erscheinungen mit dem Einsatz aller Sinne lernen. Sie sollen Ausdauer bei der Untersuchung von Dingen entwickeln und Freude daran

²⁴ de Haan (2009), S.28.

²⁵ Vgl. Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft (2014), S. 27.

²⁶ Ebd., S. 9.

²⁷ Ebd., S. 11.

*haben.*²⁸ Da die Kinder selbst aussuchen, womit sie sich beschäftigen und die Materialien und Handlungsmöglichkeiten der Stationen im Workshop viele Bezüge zu ihrer Lebenswelt aufweisen, finden sie viele Themen, die ihr Interesse wecken. Sie handeln intrinsisch motiviert und sind somit ausdauernd und engagiert.

*Die Kinder sollen Untersuchungsfragen finden und erkennen, wie natürliche Elemente miteinander in Verbindung stehen. Sie sollen Ideen entwickeln, wie sie ihr Umfeld erkunden können und das Überprüfen eigener Erklärungsversuche als Erkenntnisquelle erfahren.*²⁹ Die Lernbegleiter*Innen regen die Kinder durch Fragen und Handlungsimpulse dazu an, Erklärungsversuche zu überprüfen und auf diesem Wege neue Erkenntnisse

zu gewinnen.

*Die Kinder sollen Fragen stellen und eigene Antworten finden. Sie können verstehen, dass es vielfältige Varianten gibt, Erfahrungen zu einem Thema zu machen und etwas zu lernen.*³⁰ Die im Workshop aufgebauten Stationen bieten den Kindern diverse Möglichkeiten, sich mit den unterschiedlichen Aspekten des Oberthemas aktiv handelnd zu beschäftigen. Die Stationen regen die Kinder zum Staunen, der Voraussetzung für das Entstehen eigener Fragen, an und fordern zum Ausprobieren auf. Durch Impulse von anderen Kindern oder Lernbegleiter*Innen werden sie angeregt, Erklärungen für Beobachtetes zu suchen und zu überprüfen (lernmethodische Kompetenz, Sachkompetenz).

²⁹ Vgl. ebd., S. 153.

³⁰ Vgl. ebd., S. 154ff.

Aufbau und didaktische Prinzipien des Workshops

Der Aufbau der Lernumgebung im Workshop orientiert sich im Wesentlichen am Stations- und Büffetmodell nach Hagstedt³¹/Wedekind³² und ermöglicht den Lernenden freien Zugang entsprechend ihren Interessen, Kenntnissen, Erfahrungen, Motiven und Bedürfnissen. Dadurch folgt der Aufbau dem Ansatz einer inklusiven Pädagogik.³³

Der Workshop besteht aus mehreren Lernangeboten, an denen sich die Kinder mit verschiedenen mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Aspekten im Rahmen des übergeordneten Themas „Kugel“ beschäftigen können. An jeder Station befinden sich Materialien und Instrumente, die zum entdeckenden Lernen anregen sollen.

Die Lernumgebung ist so gestaltet, dass es Anknüpfungspunkte zu bisherigen Erfahrungen und dem individuellen Wissensstand der Kinder gibt und ihnen neue Erkenntnisse ermöglicht werden.

Die Materialien erlauben viele Handlungsmöglichkeiten und sollen die Kinder – auf der Grundlage des unmittelbaren Tuns – zu eigenen Fragen und Experimenten inspirieren. Die Kinder

werden nicht auf ein Ergebnis hin orientiert. Sie übernehmen selbst die Verantwortung für ihre Lernprozesse und gestalten diese individuell. Es ist das Ziel, ein hohes Maß an Engagement und Interesse an den Dingen, mit denen sie sich beschäftigen, hervorzurufen.

Grundlage der Arbeit im HELLEUM ist die Annahme, dass die reflektierte Erfahrung die Voraussetzung für das Verständnis von mathematischen Eigenschaften sowie naturwissenschaftlichen Modellen und Gesetzmäßigkeiten darstellt. Daher bekommen die Kinder im Workshop die Möglichkeit, Phänomene der Natur im konkreten Umgang zu erfahren. Ihr Vorstellungsvermögen und das Verstehen mit „allen Sinnen“ wird gefördert. Sie erleben außerdem, dass die Suche nach Erklärungen die Grundlage neuer Erkenntnisse bildet, und dass Wissen und Erklärungsmodelle meist nur eine Annäherung an die Wirklichkeit darstellen. Das Lernen beruht somit nicht auf „Vermittlung“ (passiv), sondern auf „Aneignung“ (aktiv).

Im Folgenden werden die einzelnen Lernangebote im Detail dargestellt.

31 Vgl. Hagstedt (1992).

32 Vgl. Wedekind (2016).

33 Vgl. Wedekind (2011), S. 10.

6.1 Kugelfeld

An diesem Lernangebot befindet sich eine große gerahmte Holzplatte, auf der ein kleiner Kegelstumpf mit Loch in der Mitte frei beweglich verschoben werden kann. Weiterhin gibt es einen Minigolfschläger und Schalen mit verschiedenen Kugeln. Diese können auf dem Spielfeld mithilfe des Schlägers frei bewegt werden.

Material

Holzplatte (etwa 180x80 cm, von Leisten umrahmt), Kegelstumpf (Durchmesser etwa 20cm, mittig ein Loch), Minigolfschläger, Golfball, Glaskugeln, Magnetkugeln aus Ton, Impuls: Klick Klack (Spielerklärung Magnetkugeln), Aufklebe-Punkte auf dem Spielfeld

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Billard, Snooker und Minigolf kennen die Kinder. Bei diesen Spielen werden auf einem ganz ähnlichen Feld Kugeln gleicher Größe und gleichen Gewichts mit einem Queue angestoßen. Auch bei den genannten Spielen gibt es Banden, die bei den geplanten Kugelbewegungen genutzt werden. Auch beim Bowling oder Kegeln erleben die Kinder, wie Kugeln in der Bahn gehalten werden können. Viele Kinder haben im Fernsehen oder auch live Menschen gesehen, die Golf spielen. Insofern sind ihnen die Schläger und ihre Funktion mehr oder weniger bekannt.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Die Kinder können die unterschiedlichen Kugeln frei bewegen. Dabei können sie versuchen, Ziele zu erreichen und die Banden in ihre Versuche mit ein-

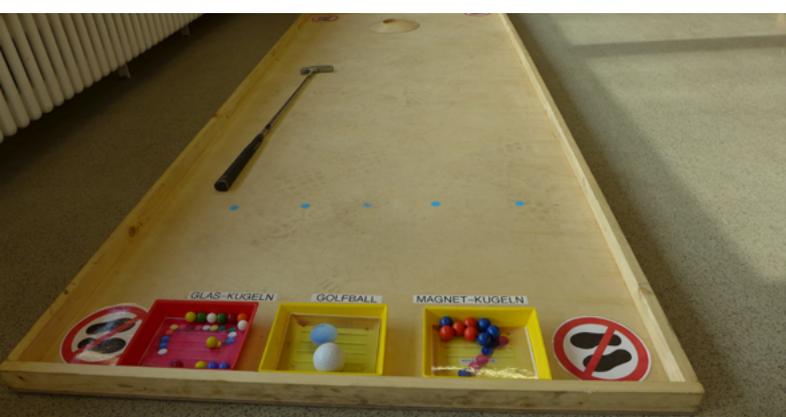
zubeziehen. Sie können Spielvarianten entwickeln und versuchen mit dem Golfschläger die Kugeln zu bewegen, entdecken die Magnetkraft einiger Kugeln oder zielen auf das Loch der Anhöhe und probieren eine Kugel in der das Loch umlaufenden geneigten Ebene zu bewegen. Es gibt auch die Möglichkeit, einer Anleitung für eine Spielvariante mit dem Magnetkugelspiel zu folgen. Eigene Spielregeln werden ebenso gerne kombiniert.

Sachbezug

Wie verhalten sich verschiedene Kugeln auf einer Ebene? Dabei ist es möglich, verschiedene Variablen wie Größe, Masse, Form, Material, besondere Eigenschaften und deren Einfluss auf die Bewegung der Kugel zu ergründen bzw. zu vergleichen. Welchen Einfluss haben die Größe oder das Gewicht auf das Rollverhalten? Bei den Magnetkugeln wird die Bewegung auch von der Magnetkraft beeinflusst, wenn sie aufeinander stoßen oder aneinander vorbei rollen.

Ein weiteres Phänomen zeigt sich durch die vorhandene Bande, welche die Möglichkeit bietet, den Einfalls- und Ausfallswinkel zu ergründen.

Das Loch inmitten des Kegelstumpfes zu treffen stellt eine besondere Herausforderung dar. Dafür muss nicht nur die Richtung des Wurfes sehr präzise sein, sondern auch die Geschwindigkeit. Die Oberfläche des Stumpfes wirkt nämlich wie eine Rampe, die die Kugel bergan zurücklegen muss. Wenn die Kugel zu schnell auf den Stumpf trifft, fliegt sie dann über das Loch hinweg. Wenn sie dagegen zu langsam beim Stumpf ankommt, schafft sie es nicht, das Loch zu erreichen und rollt den Stumpf wieder herunter.



6.2 Newtonsches Pendel



Fünf identische Metallkugeln sind an einem Metallrahmen so aufgehängt, dass sie sich in Ruhe gerade berühren: dieses Konstrukt ist auch als newtonsche Pendel bekannt. Hier befinden sich auch gradlinige Bahnen, auf denen Kugeln auf unterschiedliche Art und Weise bewegt werden können. Zum einen können große Stahlkugeln auf einer länglichen, seitlich begrenzten Ebene aus Holz bewegt werden. Weitere solcher Stahlkugeln können auf zwei nebeneinander montierten Kupferrohren rollen und bewegt werden.

Es gibt auch kleinere Stahlkugeln, welche jeweils direkt nebeneinander an zwei dünnen Fäden aufgehängt sind – somit pendeln sie in zwei Richtungen und können sich anstoßen.

Material

Etwa 1 m lange und 5,5 cm breite umrandete Holzbahn + 9 Stahlkugeln (Durchmesser 4 cm), 2x im Abstand von etwa 2 cm fest montierte Kupferrohre + 7 Stahlkugeln (Durchmesser 4 cm), 5 Stahlkugeln (Durchmesser

etwa 12 mm) – diese sind direkt nebeneinander an jeweils 2 Fäden aufgehängt

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Ein Auto fährt von hinten gegen ein parkendes Auto. Das erste Auto bleibt stehen und das parkende Fahrzeug bewegt sich nach vorn. Ein anderes Beispiel ist im Billardspiel zu finden. Der Queue stößt die weiße Kugel an, die sich auf eine andere Kugel zubewegt und diese anstößt. Die weiße Kugel kommt zum Stillstand und die angestoßene Kugel bewegt sich weiter in eine Richtung.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Eine oder mehrere Kugeln werden auf einer vorgegebenen Bahn bewegt, dabei nähern sie sich an oder entfernen sich voneinander. Es ergeben sich vielfältige Varianten, z.B. stoßen eine Kugel gegen vier Kugeln, zwei Kugeln gegen drei oder auch drei gegen zwei Kugeln. Hier kann genau ausprobiert, beobachtet und verglichen werden.



Sachbezug

Wenn ein Gegenstand auf einen anderen stößt, üben die beiden kurzzeitig eine Kraft aufeinander aus und tauschen dadurch Energie und Impuls – ihre Geschwindigkeit wird in Betrag und Richtung geändert. Diese Veränderungen sind nicht beliebig, sondern von einem universellen Prinzip der Natur geregelt: Die gesamte Energie der beiden Körper ändert sich nach dem Stoß nicht (Prinzip der Energieerhaltung). Wenn zwei Kugeln aufeinanderstoßen, wird nur ein sehr kleiner Teil der gesamten Energie in Wärme übertragen, sodass insbesondere die gesamte Bewegungsenergie (kinetische Energie) der

beiden Kugeln grundsätzlich erhalten bleibt. Eine Konsequenz dieser Erhaltung ist Folgende: Wenn zwei gleiche Kugeln auf einer vorgegebenen Bahn aufeinanderstoßen, tauschen diese ihre Geschwindigkeit. Eine stehende Kugel wird also von einer anderen, gleichen Kugel, gestoßen und übernimmt die ganze Geschwindigkeit der stoßenden Kugel, die dann selber stehenbleibt. Wenn mehrere Kugeln gegeneinander gestoßen werden, kann ein bemerkenswertes Phänomen beobachtet werden, das auch aus der Energie- und Impulserhaltung folgt: Die Zahl der abgestoßenen Kugeln ist immer gleich der Zahl der aufprallenden.

6.3 Zwei erstaunliche Kugelbahnen

Jeweils zwei Billardkugeln liegen auf zwei unterschiedlich voneinander liegenden Schienen. Werden sie aufeinander zu bewegt, reagieren sie erstaunlich verschieden.

Material

4 Billardkugeln, 2 Paar auf ein Brett installierte Kupferschienen auf denen die Billardkugeln laufen können, zusätzlich ein Paar zur eigenen Wahl des Schienen-Abstandes

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

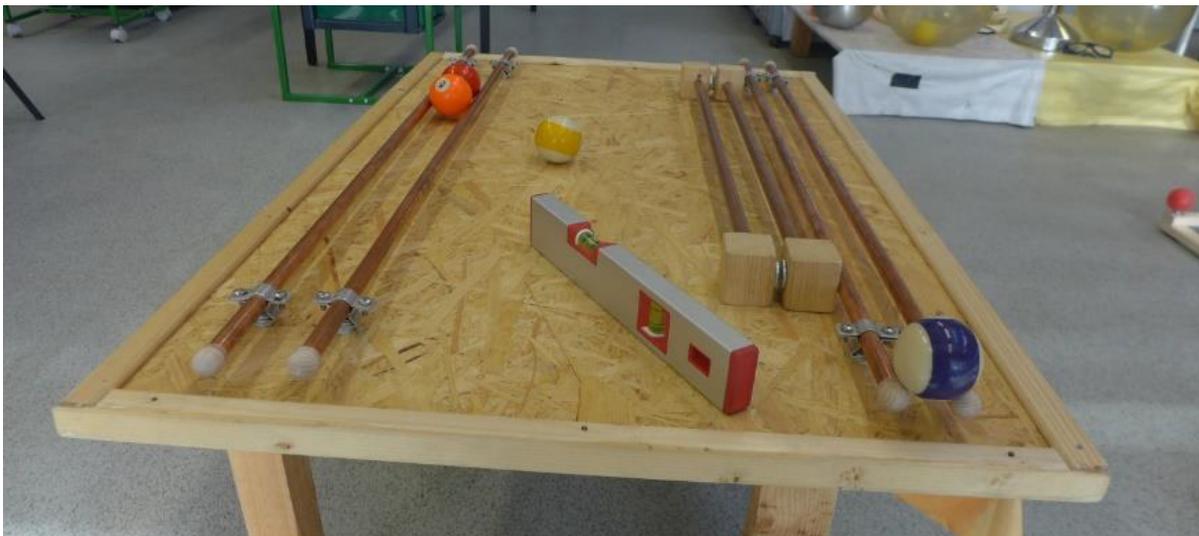
Dieses Phänomen lässt sich immer wieder an Billardtisch bestaunen. Je nachdem, wie die weiße Kugel mit dem Queue angestoßen wird, reagiert diese mit einer bestimmten Drehungsenergie, ebenso die Kugel, auf welche die weiße prallt. Auch bei Marmelbahnen, gerade die mit zwei parallelen Schienen ausgestattet sind, sogenannte Gravity-Bahnen (z.B. "Gravi-Trax"), ist dies zu beobachten. Je nach Abstand der Schienen ist das Verhalten der Murmeln beim Rollen und Aufeinanderstoßen ein anderes.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Die Kinder können die Billardkugeln jeweils auf den beiden Schienenpaaren mit selbstgewählter Anschubkraft aufeinander zu rollen und deren Verhalten beim Aufeinanderprallen beobachten, Vermutungen anstellen, warum das Verhalten der Kugeln bei den beiden Bahnen Unterschiede aufweist. Zur Überprüfung bzw. zum Herausfinden, ab welchem Abstand der Unterschied festzustellen ist, gibt es variable Schienen. In Zeitlupenaufnahmen können sie die unterschiedlichen Rotationsgeschwindigkeiten der Kugel beobachten.

Sachbezug

Wenn ein runder Körper auf einer Oberfläche rollt, besteht zwischen der linearen und der Drehbewegung ein genaues Verhältnis. Wenn der Körper eine komplette Rotation durchgeführt hat, hat er sich auch eine Strecke verschoben, die so lang ist wie sein Umfang. Dies liegt daran, dass der Abstand zwischen Drehachse des Körpers – die im Fall eines homogenen Körpers durch den Mittelpunkt angelegt ist – und Auflage in diesem Fall genau so groß ist wie der Radius des Körpers (siehe

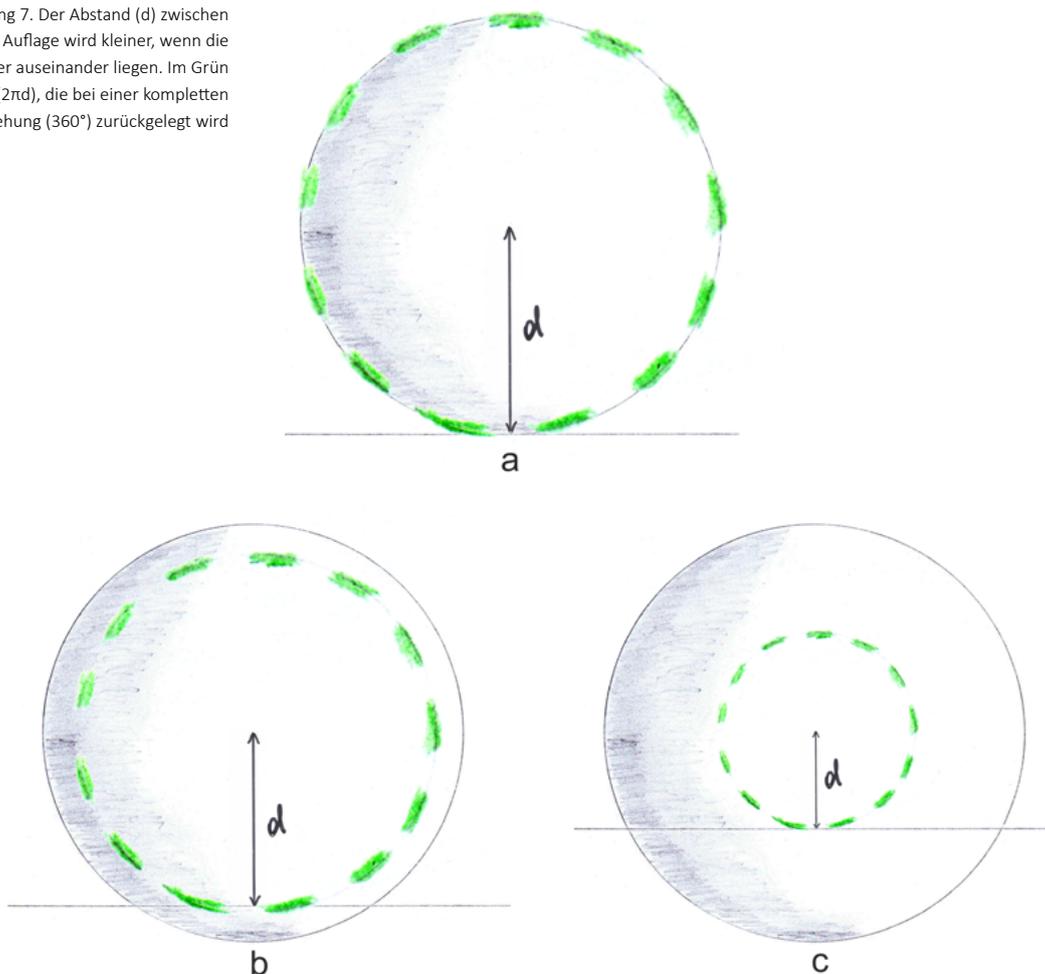


6 Beschreibung der Lernumgebung

Abbildung 7). Nach diesem Prinzip funktioniert auch der Tacho bei unseren Autos oder Fahrrädern: die Rotationen werden gezählt und in eine Länge übersetzt, die in Kilometern oder Metern angegeben wird. Wenn der Abstand zwischen Drehachse und Auflage aber geändert wird, so ändert sich auch das Verhältnis zwischen linearer und Drehbewegung: bei kleineren Abständen muss sich der Körper öfter drehen, um die gleiche Strecke zurückzulegen. Wenn man eine Kugel auf einer Bahn rollt, ist der Abstand zwischen Drehachse und Auflage kleiner als der Radius der Kugel, wie in Abbildung 7 schematisch dargestellt. Bei diesem Lernangebot gibt es jeweils zwei Schienen, die unterschiedlich weit voneinander

angeordnet sind und zwei Schienen, die mobil veränderbar genutzt werden können. Eine Kugel, die sich auf einer breiteren Bahn bewegt (Abbildung 7c), dreht sich schneller als eine auf einer engeren Bahn (Abbildung 7b). Stoßen die beiden sich sehr schnell drehenden Kugel aufeinander, werden sie wieder auseinander gestoßen, behalten aber dabei ihre Drehbewegung, die jetzt gegen die lineare Bewegung wirkt, und rollen deshalb nach dem kurzen Auseinanderstoßen wieder aufeinander zu. Die Kugeln, die auf einer engeren Bahn laufen (Abbildung 7b) besitzen wesentlich weniger Drehbewegung beim Aufprall und werden nach dem Aufprall zurückgestoßen, ohne sich wieder aufeinander zuzubewegen.

Abbildung 7. Der Abstand (d) zwischen Drehachse und Auflage wird kleiner, wenn die Schienen weiter auseinander liegen. Im Grün die Strecke ($2\pi d$), die bei einer kompletten Drehung (360°) zurückgelegt wird



6 Beschreibung der Lernumgebung

6.4 Kugeln selber machen

Aus weichem Ton (bzw. Zeitungspapier, Draht oder Erde) können Kugeln oder auch andere Formen modelliert werden.

Material

Weicher Ton im Eimer (kleinteilig), 1m Holzbrett (Ausstellung), bei Bedarf: Schnapsglas und etwas Wasser

Impulskarte: „Forme eine Kugel.“

räumlich getrennt, angrenzend: altes Zeitungspapier, Draht, Erde, diverse geometrische Körper (Kegel, Zylinder, Würfel, Ellipsoid etc.)

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Junge wie erwachsene Menschen sind von unterschiedlichen Formen umgeben, Kugeln spielen dabei eine bedeutende Rolle. Vor allem bei kulturellen Hintergründen zeigen sich Bezüge, z.B. zu diversen Ballsportarten (Fuß-, Basket-, Handball, Tennis, Golf, Tischtennis) und anderen Spielen. Es gibt aber auch ganz alltagspraktische Bezüge, wie die Kugeln von Deo-Rollern, Kugelschreibern oder dem Kugellager im Fahrrad oder im Spinner (Kreisel). Auch in der Natur zeigen sich Kugelformen, beispielsweise in Form von Samen der Linde, diversen Beeren, Erbsen, Radieschen oder einer gereiften Pustelblume. Kinder

versuchen oft mit geeignetem Material Kugeln zu formen, dazu benutzen sie Sand, Erde, Ton oder Knete.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Es gibt die Möglichkeit Ton zu modellieren. Die Teilnehmer können dabei ihre eigenen Ziele verfolgen oder die ausliegende Impulskarte aufgreifen und versuchen, eine Kugel zu formen. Sie können dabei verschiedene Techniken mit den Handinnenflächen oder Fingerspitzen erproben.

Sachbezug

Warum sind manche Dinge kugelförmig? Welche Eigenschaften, Vorteile und Möglichkeiten ergeben sich daraus? Was ist an der Kugel im Vergleich zum Ei, Spielwürfel oder einer Kerze anders? Die Kugel zeigt die ‚perfekte‘ Symmetrie. Sie besteht im Besonderen aus nur einer Fläche. Kinder beschreiben die Kugel oft als Gegenstand „ohne Ecken und Kanten“ und „überall gleich rund“, und das zeichnet sie ja tatsächlich aus. Der Abstand des Mittelpunktes zu jedem beliebigen Punkt auf der Oberfläche ist in der mathematischen Definition immer exakt gleich lang. In der Realität gibt es natürlich immer kleine Unterschiede in Bezug auf den Abstand, wie auch bei den mehr oder weniger kugeligen modellierten Formen auf dem Ausstellungsbrett. Perfekte Kugeln gibt es in der Natur nicht und trotzdem verwenden wir oft die Bezeichnung Kugel dafür.





6.5 Kugel-Karussell

Durch Einbringen und schwungvolles Kreisen der Kugeln in mehreren unterschiedlichen Rundgefäßen wird die Zentrifugalkraft sicht- und spürbar gemacht.

Material

Trichter, Lampenschirm, verschiedene Kugeln und Murmeln, große Trichter, Marmeladeneinkochtrichter

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Viele Kinder lieben das Kettenkarussell oder ähnliche Fahrgeschäfte auf dem Rummelplatz. Sie spüren regelrecht, wie die Zentrifugalkraft sie nach außen drückt. Auch bei einer Murmelbahn oder Hot- Wheels-Bahn können sie beim Looping sehr gut beobachten, wie die Kugel sich zwar an die Bahn drängt, jedoch nicht heraus- bzw. herunterfällt. Nicht zuletzt bieten

manche Stunt-Shows in Filmparks oder auf Jahrmärkten eine Motorradshow, wo der Fahrer im Inneren einer großen Kugel solange und so schnell fährt, bis er waagrecht im Kreis fährt.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

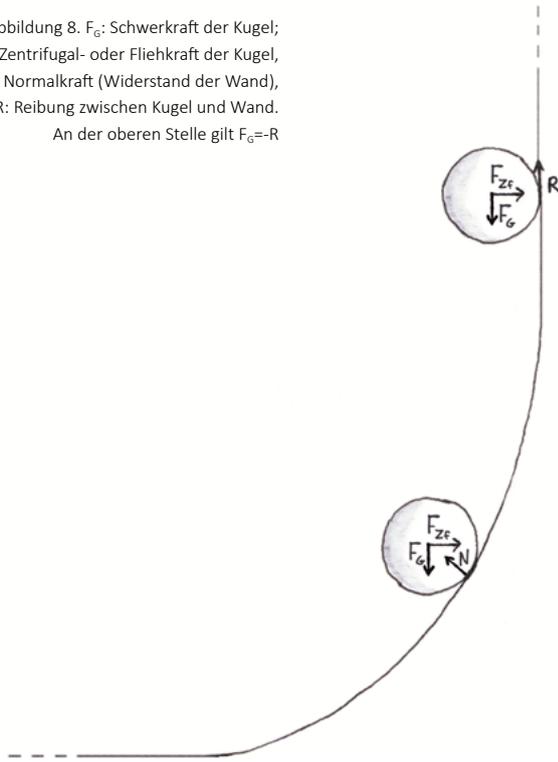
In unterschiedlichen kugeligen Gefäßen lassen sich eine oder mehrere kleinere Kugeln zum Kreisen bringen. Die Kinder können wunderbar beobachten, wie sich die einzelnen bzw. mehrere Kugeln dabei verhalten. Welche Kugel ist am schnellsten, welche schwerfällig? Welche ist beweglicher, groß oder klein, aus Gummi oder aus Glas ...? Und wo bewegen sich die Kugeln am besten, gibt es einen maximalen Durchmesser, können sie vielleicht sogar oben aus der Öffnung rausfallen?

Sachbezug

Wenn sich ein Gegenstand auf einer gekrümmten Bahn bewegt, erfährt er eine

6 Beschreibung der Lernumgebung

Abbildung 8. F_G : Schwerkraft der Kugel;
 F_{Zf} : Zentrifugal- oder Fliehkraft der Kugel,
N: Normalkraft (Widerstand der Wand),
R: Reibung zwischen Kugel und Wand.
An der oberen Stelle gilt $F_G = R$



Kraft, die ihn zur Außenseite der Krümmung drückt. Diese Kraft wird als Zentrifugal- (vom Mittelpunkt wegstrebend, F_{Zf} in Abbildung 8) oder Fliehkraft bezeichnet und hängt von der Geschwindigkeit des Gegenstandes ab – je größer die Geschwindigkeit desto größer die

Fliehkraft. Wenn sich die kleinen Kugeln in den Gefäßen kreisförmig bewegen, werden sie durch diese Kraft gegen die innere Wand des Gefäßes gedrückt. Dadurch entstehen zwei Kräfte, die auf die Kugel wirken (siehe auch Abbildung 8). Die Wand übt einen Widerstand (Normalkraft) auf die Kugel aus, der infolge des Gegenwirkungsprinzips (*actio = reactio*) größer wird, wenn die Fliehkraft größer wird. Diese von der Wand ausgeübte Kraft drückt die Kugel nach oben, wenn die Wand nicht senkrecht gerichtet ist. Zwischen Wand und Kugel entsteht auch eine Reibungskraft, die ebenfalls größer wird, wenn die Kugel stärker auf die Wand drückt, da die Fliehkraft größer wird. Diese Reibungskraft sorgt dafür, dass, selbst wenn die Wand senkrecht ist, die Kugel nicht herunterfällt, wenn sie stark genug gegen die Wand durch die Fliehkraft gedrückt wird. Da die Fliehkraft mit der Geschwindigkeit der Kugel zunimmt, sind beide Wirkungen umso stärker, je höher die Geschwindigkeit der Kugel. Es kann beobachtet werden, dass die Kugel im Gefäß nach oben steigt, wenn sie sich schneller bewegt und dann beim maximalen Kreis in Drehbewegung bleibt.



6.6 Gravitationstrichter

Eine runde Kunststoffwanne mit einem Durchmesser von 120 cm und einer Höhe von 40 cm ist relativ straff mit Stoff bespannt und in der Mitte durch ein 5 kg-Massestück beschwert. Auf dem sich gleichmäßig krümmenden gespannten Stoff können verschiedene Kugeln in Bewegung gebracht werden.

Material

Kunststoffwanne/Teichbecken (Durchmesser 120 cm, Höhe 40 cm), Gymnastikgummiband und 5 kg-Massestück zum Spannen des Stoffes, Elastisches Jersey-Spannbettuch 200 x 200, diverse Kugeln (z.B. Tischtennisball, Glas- und Stahlmurmeln)

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Aus dem Tierpark bekannt sind die für Spenden aufgestellten Gravitationstrichter, in die man eine Münze rollen lässt, bevor sie nach vielen Umdrehungen und einiger Zeit in einem Loch in der Mitte verschwindet.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Es können unterschiedlich große und schwere Kugeln auf der Bahn bewegt und dabei Techniken ausprobiert werden, die eine Kugel beispielsweise möglichst lange in der Bahn halten oder sie auf einer möglichst ovalen Bahn ihre Kreise ziehen lässt. Es können auch mehrere Kugeln zur gleichen Zeit und in entgegengesetzter Laufrichtung bewegt werden.

Sachbezug

Eine Fläche aus Stoff erfährt eine Krümmung durch eine in die Mitte gestellte Masse. Dabei entsteht eine Art geneigte Ebene, bei der die



Neigung zum Mittelpunkt immer steiler wird. Dadurch nimmt die Beschleunigung der Kugeln zum Mittelpunkt hin zu. Diese Wirkung ist so, als würden die Kugeln eine immer größere Kraft empfinden, je näher sie dem Mittelpunkt kommen. Dieses Phänomen widerspiegelt das Naturgesetz, dass sich Massen gegenseitig anziehen und dass diese Anziehung immer größer wird, je mehr sie sich nähern. Planeten unseres Sonnensystems (z.B. Erde, Venus, Saturn, Jupiter) bewegen sich auf ellipsenförmigen Bahnen um die Sonne. Die Erde wird stark von der Sonne angezogen, diese Kraft wird aber von der Fliehkraft ausgeglichen, die aus der Drehung der Erde um die Sonne entsteht, sodass der Planet auf seiner Laufbahn bleibt. Im Fall der Kugel auf dem gekrümmten Stoff kommen auch Reibung und Luftwiderstand ins Spiel, sodass die Kugel immer langsamer wird, dadurch an Fliehkraft verliert und ihre Umlaufbahn verringert, bis sie in die Mitte des Trichters landet.

6.7 Geneigte Ebene

Beschreibung der Station

Es gibt zwei mobile nebeneinander liegende geneigte Ebenen, welche in der Höhe verstellbar sind. Es stehen vielfältige Kugeln mit unterschiedlichen und gleichen Eigenschaften bereit, um sie gleichzeitig zu starten und ihr Verhalten auf der geneigten Ebene direkt miteinander zu vergleichen.

Material

2 geneigte Ebenen (Holz, etwa 210cm lang, 8cm breit) + Startfunktion, Einhänge-Gestell (Holz), 2xKugeln gleicher Größe und mit unterschiedlichem Gewicht, 2xKugeln gleicher Größe und mit gleichem Gewicht, 2xKugeln unterschiedlicher Größe und mit gleichem Gewicht, 2xKugeln unterschiedlicher Größe und mit unterschiedlichem Gewicht, Kugelauffangkorb, Stoppuhr, Waage, Gliedermaßstab, Whiteboard + Stift

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Jeder kennt es, einen Gegenstand, z.B. einen Stift, auf einen Tisch zu legen und zu bemerken, dass er herunterrollen ‚will‘. Die Wasserwaage ist das passende Werkzeug, um zu messen, ob das passieren kann. Warum beginnt eine Murmel auf dem Tisch zu rollen?

Wie funktionieren Murmelbahnen? Ich fahre mit einem Freund Fahrrad. Wir sind auf einem Berg und fahren gleichzeitig los in das Tal, lassen uns nur rollen, also ohne zu treten. Wer wird wohl früher im Tal ankommen?

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Die beiden geneigten Ebenen können unterschiedlich hoch einhängt werden. Es gibt die Möglichkeit, zwei Kugeln gleichzeitig zu starten und direkt miteinander zu vergleichen. Aus vielen Kugeln wird eine Auswahl getroffen, mit der jeder einzelne Versuch eine Bedeutung erhält. Es können Kugeln gleicher Größe und unterschiedlichen Gewichts, Kugeln gleicher Größe und gleichen Gewichts, Kugeln unterschiedlicher Größe und gleichen Gewichts, Kugeln unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen Gewichts sein. Weiterhin liegen Messinstrumente bereit, mit denen das Gewicht, die Zeit und die Entfernung gemessen werden kann. Es besteht auch die Möglichkeit, Beobachtungen oder Messungen auf einem Whiteboard zu dokumentieren.

Sachbezug

Die Zeit, die eine Kugel vom Start bis zum Ende der schiefen Ebene braucht, wird als Laufzeit bezeichnet. Mögliche Ergebnisse am vorgegebenen Versuchsaufbau können z.B. sein, dass Kugeln mit unterschiedlicher Masse, wenn



6 Beschreibung der Lernumgebung

sie aus gleicher Höhe starten, eine (fast!) gleiche Laufzeit haben. Dies ist nur erfahrbar, wenn beide Kugeln eine gewisse Dichte haben, sodass der Luftwiderstand keinen entscheidenden Unterschied ausmacht. Damit ist gemeint, dass eine Holz- und Stahlkugel die gleiche Laufzeit haben können, weil beide auf Grund ihrer Masse unwesentlich durch die Luft gebremst werden. Hingegen bremst die Luft einen Tischtennisball wegen seiner geringen Masse deutlich sichtbarer ab als eine gleich große Stahlkugel.

Ebenso lässt sich beobachten bzw. messen, dass unterschiedlich große Kugeln mit gleichem Gewicht, wenn sie aus gleicher Höhe starten, ebenso eine (fast!) gleiche Laufzeit haben. Auch hier macht auf Grund der unterschiedlichen Größe der unterschiedliche Luftwiderstand einen kleinen Unterschied aus. Darum sollte jede der Kugeln eine gewisse Masse haben, um vom Luftwiderstand nicht wesentlich ausgebremst zu werden.

Wenn ein Gegenstand auf einer waagerechten Ebene liegt, ist seine Schwerkraft genau senkrecht zur Ebene und wird von dieser ausgeglichen – der Gegenstand bleibt im dynamischen Gleichgewicht und bewegt sich daher nicht. Ist die Ebene geneigt, so ist die Schwerkraft nicht mehr senkrecht zur Ebene und kann von dieser nicht mehr ausgeglichen werden. Man kann dieses Phänomen am besten verstehen, wenn man die Schwerkraft in zwei Teilkräfte zerlegt, wie in Abbildung 9: eine perpendikulare (senkrechte, sogenannte normale) Komponente (F_{GN} in der Abbildung) und eine parallele, (sogenannte Hangabtriebskraft, F_H) zur Ebene.

Die erste wird immer von der Kraft ausgeglichen, die die Ebene auf den Körper ausübt (sogenannte Normalkraft, N): $F_{GN} = -N$. Die zwei-

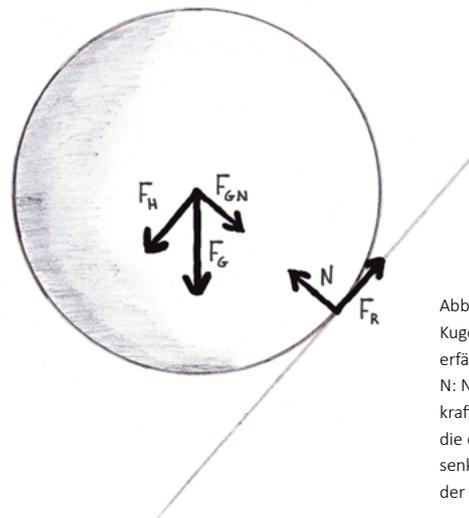


Abbildung 9. Kräfte, die eine Kugel auf geneigter Ebene erfährt. F_G : Schwerkraft, N : Normalkraft, F_R : Reibkraft. F_H und F_{GN} bezeichnen die der Ebene parallele und senkrechte Komponenten der Schwerkraft

te neigt dazu, den Gegenstand die Ebene herunter zu beschleunigen und wird praktisch nur von der Reibungskraft zwischen Gegenstand und Ebene behindert. Wenn man die Geometrie des Problems betrachtet, wird die Normalkraft immer kleiner und die Hangabtriebskraft immer größer, wenn die Neigung der Ebene zunimmt. Gegenstände auf einer stärker geneigten Ebene werden, wie man aus der Alltagserfahrung gut kennt, heftiger nach unten beschleunigt. Dieses Phänomen wird besonders auffällig, wenn der Gegenstand rund ist. In diesem Fall ist die Reibung zwischen Gegenstand und Ebene viel geringer und dadurch die Beschleunigung nach unten viel größer.

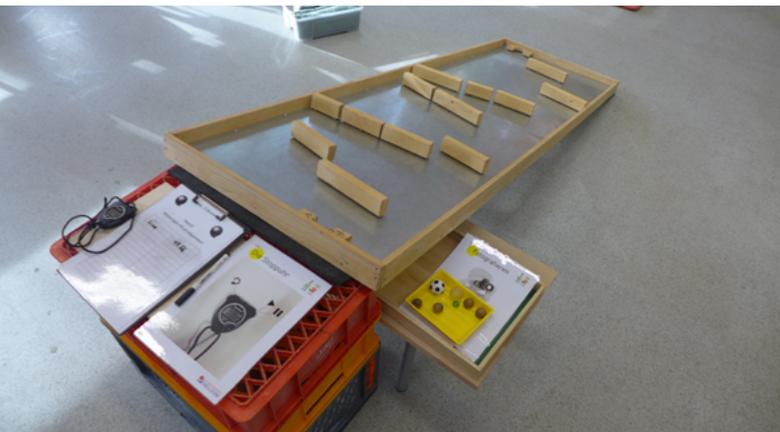
Im Widerspruch zu einer intuitiven Vorstellung des Phänomens hängt diese Beschleunigung nicht von der Masse des Gegenstands ab, sondern nur von seiner Form und von der Verteilung der Masse in seinem Innenraum. Eine hohle Kugel wird zum Beispiel weniger beschleunigt als eine volle Kugel, unabhängig von den gesamten Massen. Auch der Radius spielt dabei keine Rolle. Eine kleinere und eine größere Kugel mit gleicher Massenverteilung rollen die Ebene gleich schnell herunter.

6.8 Magnetschräge

Auf einem in der Neigung variablen Brett mit einer Metallauflage können unterschiedliche Kugeln heruntergerollt werden. Magnetisch befestigte Hindernisse können die Rollbewegung abbremsen bzw. die Rollrichtung verändern.

Material

Gerahmtes Brett mit Blechauflage, verstellbare magnetisch befestigte Wegbegleiter (Hindernisse), verschiedene Kugeln, Kisten zur Höhenverstellung, Waage, Stoppuhr, Tabellenliste, Tablet



Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Eine gerade Strecke ist zwar die kürzeste Distanz von A nach B, doch ist sie selten begehbar. Hindernisse sind allgegenwärtig. Ob beim Spaziergang, beim Autofahren oder beim Spiel. Ist bei dem einen eine Baustelle im Weg, bei dem anderen eine große Pfütze, so läuft es beide Male auf einen Umweg hinaus. Der Weg zum Ziel ändert und verlängert sich. Beim Fußballspiel steht der Gegner vor einem oder die Mauer verhindert den Direktschuss auf das Tor. Aber manch ein Hindernis verlangsamt unsere Bewegungen und führt dazu, genauer zu sehen oder aber darüber nachzudenken,

wo lang man das nächste Mal geht. Ein Flipper, ob analog oder digital, besteht spielgemäß aus einer Schiefen Ebene und vielen Hindernissen, welche absichtlich getroffen werden müssen, so dass die Kugel nicht einfach direkt nach unten gelangt. Andere Spiele, wie zum Beispiel Billard, Murmeln oder Minigolf machen erst Sinn, wenn man sie über Bande spielt.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Die Kinder haben die Möglichkeit, die Neigung des gerahmten Brettes und die Hindernisse selbst zu regulieren. Oben wird eine frei gewählte Kugel (Holz, Stahl, Golfball, Flummi, Murmel) in eine verstellbare Startvorrichtung gelegt – unten gibt es ein verschiebbares Ziel. Die Kinder können die Zeit stoppen, Längen bestimmen, möglichst vielseitige Wegbegleiter (Hindernisse, Ablenkungen) in den Weg stellen oder das Rollverhalten der unterschiedlichen Kugeln beobachten. Dazu kann nach Herzenslust geplant, vermutet, probiert, verworfen und diskutiert werden. Eine besondere Herausforderung besteht darin, die Kugel möglichst langsam herabrollen zu lassen. Auch können die Kinder mit dem Tablet Filmaufnahmen in Zeitlupe machen.

Sachbezug

Unterschiedliche Variablen beeinflussen die Bewegung der Kugeln die geneigte Ebene herunter. Je höher die Neigung, desto mehr werden sie nach unten beschleunigt. Die Position der aufgestellten Hindernisse kann nicht nur die Geschwindigkeit beeinflussen, sondern auch den Weg der Kugeln. Bei jedem Aufprall auf ein Hindernis wird auf die Kugel eine Kraft in der dem Hindernis senkrechten Richtung ausgeübt. Diese sorgt dafür, dass die Kugel im gleichen Winkel abgeprallt (reflektiert) wird, wie der Aufprall erfolgte. Siehe dazu auch Kapitel 3.

6.9 Kugelbahn aus Holz

Das Grundprinzip besteht darin, unterschiedlichste Turmelemente und Schienen aus Holz miteinander zu verbinden, so dass sich in der Konstruktion Kugeln bewegen können. Weiterhin gibt es die Möglichkeit, mit Wellen, Kurven, Klangkurven, Tunneln, div. Weichen, Richtungsänderungen, Fallsteinen und Kreuzungen zu arbeiten.

Material

Korkkugeln, Stahl- und Glaskugeln etc., Grundbaukasten und diverse Erweiterungen, (Durchmesser max. 16mm)



Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Murmel- bzw. Kugelbahnen sind heute in vielen Kinderzimmern zu finden und bieten vielfältige Möglichkeiten, einen vorbestimmten Weg zu konstruieren. Sich bergauf oder bergab zu bewegen, ist doch den meisten

Menschen ein Begriff und spielt auch bei der Konstruktion von Kugelbahnen eine grundlegende Rolle. In manchen Regionen ist es Tradition, farbige Ostereier kleine Hügel in eigens dafür angelegten Bahnen heruntertrudeln zu lassen (Trudelbahn).

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Die Kinder können durch die vielfältigen Holzbauteile Erfahrungen mit Länge, Höhe, Neigungswinkel, Beschleunigung, Geschwindigkeit, Richtungsänderungen, verdecktem Kugellauf, Wahrscheinlichkeit und Kugelfall machen. Sie konstruieren Bahnen, die im besonderen Sinne ihre Raumvorstellung, Hände und Augen fordern.

Sachbezug

Auch bei der Konstruktion einer Kugelbahn wird damit experimentiert, wie eine Kugel auf Grund der Schwerkraft einen Weg durch eine konstruierte, vorgegebene Bahn findet. Siehe auch Sachbezug Magnetschräge.



6.10 Unwuchtkugeln

Es liegen verschiedene große Kunststoffkugeln (farblos, transparent) aus, welche mit unterschiedlichen Dingen und Mengen gefüllt sind. In zwei So sind Kugeln mit Getreidekörnern- von wenig bis voll- gefüllt, die sich in der transparenten Hohlkugel frei bewegen können. Es gibt eine Kugel, die in der Mitte durch eine Scheibe geteilt ist, eine der Hälften ist komplett mit Getreidekörnern gefüllt. Es gibt zwei Hohlkugeln mit jeweils einer freilaufenden Stahlkugel (15mm bzw. 30mm Durchmesser) im Inneren. In zwei weiteren Hohlkugeln sind an die Innenseiten schwere Metallmuttern geklebt - in der einen Hohlkugel eine Mutter und in der anderen zwei Muttern, die sich gegenüberliegen. All diese Kugeln können auf einer Gymnastikmattegerollt werden.



Material

Transparente Kunststoffkugeln mit 12cm Durchmesser (aus passenden Halbkugeln zusammengeklebt), Trennwand zum Einlegen zwischen zwei Kugelhälften, Füllungen (Getreidekörner, Stahlkugeln 30 + 15 mm), Gymnastikmatte + Holzrahmen, Tablett, Impulskarte „Bitte vorsichtig rollen!“

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Ein Osterei bewegt sich eigenartig auf dem

Tisch, es eiert. Ein Apfel fällt auf den Boden und rollt holperig. Bevor ein neues Rad an ein Auto montiert wird, muss es ausgewuchtet werden – dafür wird an einer bestimmten Stelle des Rades ein Massestück befestigt – damit das Rad auch bei 100 km/h noch rund und möglichst ruhig dreht. ‚Im Gleichgewicht sein‘ spielt beim Klettern oder auf einem Spielplatz eine tragende Rolle. Im Experiment mit den Kugeln geht es auch um den Aspekt, das Gleichgewicht verloren zu haben.



Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Die Kinder können die vorhandenen Kugeln rollen lassen und die Beobachtungen miteinander vergleichen. Es ist oft zu beobachten, dass zwei Kugeln gleichzeitig gestartet werden, aber unterschiedliche Wege zurücklegen.

Sachbezug

Nicht alle Kugeln rollen gleichmäßig. Die Eigenschaften der Rollbewegung hängen von der Verteilung der Masse im Inneren der Kugel ab. Eine unregelmäßige Verteilung der Masse verursacht unregelmäßige Rollbewegungen, bei denen die Geschwindigkeit ab- und zunehmen kann. Dies liegt daran, dass die Schwerkraft auf den Schwerpunkt der Kugel agiert. Bei einer unregelmäßigen Verteilung der Masse in der Kugel liegt der Schwerpunkt nicht unbedingt in der Mitte der Kugel oder auf der Drehachse der Kugel, sodass die rollende Kugel nach vorne, nach hinten, nach rechts oder nach links beschleunigt wird, wenn sich der Schwerpunkt jeweils vor, hinter, links oder rechts in Bezug auf die Drehachse der Kugel befindet.

6.11 Kugellager

An einer Schrankaußenwand sowie auf einer Werkbank befinden sich unterschiedliche Kugellager – vorgefertigte, nachzubauende und modellhafte. Am Schrank lässt sich der Nutzen unmittelbar erfahren, an der Werkbank werden Kugellager auf die Probe gestellt.

Material (Bau)

Diverse Kugellager, Rundhölzer, Chassis und kleine Bretter, Massestücke zum Beschweren, Werkzeug, Federkraftmesser, Kugellagermodell, Modelle von gebräuchlichem Spielzeug (Inlineroller, Spinner...)

Material (Schrankwand):

Schrank, an der Außenwand befestigte Rillenkugellager, Schnur, Umlenkrolle, Magnet, magnetische Gegenstände (Schrauben etc.)

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Spielzeugautos, Puppenwagen, Inlineskater, Spinner und Fahrräder sind Gegenstände, die kaum aus dem Kinderzimmer wegzudenken sind. Die Räder drehen sich dank der zumeist nicht sichtbaren Kugellager richtig gut. Beim Reparieren von Fahrrädern oder auch Skateboards haben Kinder vielleicht gesehen, dass bei den meisten Kugellagern die Kugel in Käfigen laufen.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Die Kinder können ein Transportfahrzeug

bauen und seine Bewegung auf einer Oberfläche mit und ohne Kugellager vergleichen. Mit einem Federkraftmesser kann die Reibung in beiden Bedingungen quantitativ geschätzt werden, dabei können die Kinder den Aufbau und die Funktionsweise eines Kugellagers untersuchen. In dem Angebot erhalten die Kinder die Möglichkeit auszuprobieren, wie es ist, wenn ein mit Gewichten beschwertes Brett

auf losen Kugeln bewegt wird. Auch hier lässt sich das Brett relativ gut bewegen.

Sachbezug

Das Kugellager findet breite Anwendung in mehreren Branchen der Technik, besonders Automobil-, Industrie-, Schiffs- und Raumfahrttechnik, wenn Teile eines Geräts aufeinander gleiten müssen. Da die Rollreibung viel geringer als die Gleitreibung ist, werden durch die Einfügung von Kugeln in ein Kugellager zwischen

den Teilen die Zerrüttung der Materialien sowie der Energieverbrauch des Geräts verringert.





6.12 Kugelbuffet

Auf einem großen Tablett werden viele unterschiedliche Kugeln und Bälle präsentiert. Durch Abdecken der Augen mit einer Schlafbrille können die verschiedenen Arten tastend ihrer eigentlichen Bestimmung zugeordnet werden.

Material

Verschiedene Kugeln, Bälle, 2 Schlafbrillen an einem Ständer, gerahmtes Holztablett, Impulskarte

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Kugeln und Bälle sind überall – beim Sport, im Kinderzimmer, in der Küche ... Ob es das Möbelhaus-Bällebad ist, der Lieblingsfußballverein oder ein Strandspiel, sie sind aus dem Alltag nicht wegzudenken. Jeder Ballsport hat seinen eigenen speziellen Ball, viele sind bekannt, einige sind es weniger. Rund um den Globus werden Bälle und Kugeln unterschied-

licher Art dazu genutzt.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Hier können sich die Kinder bedienen – zum Betrachten, Vergleichen oder Nutzen an anderen Stationen. Vor allem aber, um die Bälle ohne den Sehsinn tastend der Herkunft zuzuordnen. Warum sind dieser und jener Ball so (auf-)gebaut und beschaffen, welchem Zweck dienen das Material, die Form, die Oberflächenstruktur, die Größe und die Masse? Diskussionen können entstehen und somit Fachbezüge hergestellt werden.

Sachbezug

Hauptsächlich wird hier der Tastsinn angesprochen, um eine Zuordnung der jeweiligen Eigenschaften der Bälle zu erreichen. Diskussionen können entstehen und somit Fachbezüge hergestellt werden. Das Material des Balles beeinflusst seine Masse und Elastizität. Material und Oberflächenstruktur bestimmen die Reibung mit anderen Materialien. Die Form beeinflusst das Verhalten bei Stößen mit anderen Körpern (z. B. dem Boden) und die Anpassung an die Hand. Die Größe und die Masse beeinflussen die Kräfte, die man ausüben muss, um mit dem Ball zu spielen



6.13 Kugel-Fall

Bereich 1

Unterschiedliche Kugeln (z.B. Basketball, Tischtennisball, Fußball etc.) können in eine höhenverstellbare und kippbare Haltevorrichtung gelegt werden. Unter der Haltevorrichtung befindet sich eine Bodenplatte aus Holz, diese kann mit unterschiedlichen Materialien abgedeckt werden. Die gesamte Konstruktion ähnelt einem Hochsprungerüst. Außerdem stehen zur Dokumentation ein Tablet (Fotos, Videos) und zwei laminierte A4-Zettel mit Tabellen zur Verfügung. Ein fest installierter Zollstock dient der Höhenbestimmung.

Material

Kugelfallgerüst mit kippbarer Halterung und Holzuntergrund, Bautenschutzmatte, verschiedene Bälle, 5 verschiedene Untergründe (Kunstrasen, Linoleum, Kork, Gummi, Teppich), Tablet, Zollstock, 2 Tabellen A4



Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Bälle, die von verschiedenen Flächen abprallen, gehören auch im Zeitalter des Smartphones noch zur Lebenswelt von Kindern. Beim Spielen mit Bällen in ihrer Freizeit und auch im Sportunterricht können sie erkennen,

dass Bälle unterschiedlich oft und hoch prallen. Ein Basketball und ein Tennisball prallen stark zurück und auch häufiger als ein Schaumstoffball. Nicht überall prallt ein Ball gut – Beton, Sand, Fliesen oder Teppich als Untergründe führen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Warum prüfen Sportler den Luftdruck ihrer Spielbälle? Was macht einen Flummi zu so einer genialen Springkugel?



Möglichkeiten des kindlichen Tuns

An dieser Station können sich die Kinder in unterschiedlichster Weise mit dem Phänomen zurückprallender Kugeln befassen. Dies wird möglich durch:

- Kugeln aus unterschiedlichen Materialien
- Kugeln unterschiedlicher Masse bzw. Größe
- die Änderung der Fallhöhe
- das austauschbare Material der Aufprallfläche (s. oben).

Die Fallhöhe der Bälle kann in drei Stufen verändert werden. An den seitlichen Pfosten

des Gerüsts sind Höhenmarkierungen bzw. ein Zollstock angebracht. Die Kinder können feststellen, wie hoch und wie oft die unterschiedlichen Bälle vom Boden aus zurückprallen. Vermutungen sind ausdrücklich erwünscht, und auch das Suchen nach Begründungen der Ergebnisse. Mit Hilfe eines Tablets kann der Vorgang aufgezeichnet und in Zeitlupe wiedergegeben werden. Das ermöglicht eine genauere Beobachtung des Vorganges sowie die Sicherung von Messergebnissen. Die Kinder können ihre Messergebnisse in die Tabellen eintragen; dies eignet sich gut für einen späteren Vergleich zwischen den Bällen. Die Vielfalt der einzelnen Tätigkeiten erfordert Partner- oder Teamarbeit.

Sachbezug

Die Prallhöhe und die Anzahl der Prallwiederholungen sind von verschiedenen Parametern abhängig. Einer davon ist die Elastizität der Bälle (Kugeln), diese wird durch das Material und den eventuellen Luftdruck der Bälle bestimmt. Die Beschaffenheit des Untergrundes ist eine zweite Kenngröße, hier geht es um die Energieumwandlungen bei der Verformung und Wärmeverluste. Auch die Höhe, aus der die Kugel fällt, beeinflusst das Prallverhalten. Aus größerer Höhe prallt ein Ball höher ab, da er aufgrund der Fallbeschleunigung eine höhere Geschwindigkeit und demzufolge mehr kinetische Energie hat.

Bereich 2:

Eine quadratische Holzplatte (etwa 1 m² groß) hat eine seitliche Umrandung aus Kanthölzern, diese ist 10 cm hoch. Sie liegt auf dem Fußboden, gepuffert durch eine Bautenschutzmatte. Auf der Holzplatte befindet sich eine trockene Sandschicht – fertig ist der „Sandkasten“. Zusätzliche Materialien sind eine Leiter und ein Zollstock.

Material

Bodenplatte mit Kanthölzern umrandet, Vogelsand, verschiedene Bälle und Tablet aus Bereich 1, Zollstock, Leiter, Bautenschutzmatte

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Kinder spielen auf den unterschiedlichsten Untergründen mit Bällen. In Abhängigkeit vom jeweiligen Untergrund ist erkennbar, dass die aufprallenden Bälle Abdrücke bzw. Vertiefungen hinterlassen. Auch an den Händen bleiben Abdrücke zurück, je nach Verschmutzungsgrad der Bälle. Aber nicht nur Bälle hinterlassen Spuren – welches Kind hat nicht schon fasziniert seine Fußspuren im Sand oder Schnee betrachtet oder begeistert einen Engel in den Schnee gezaubert? Auch Autoreifen hinterlassen ihre Spuren auf bestimmten Untergründen. Viele Kinder benutzen am Strand oder im Sandkasten gern den Sand als Mal- oder Schreibunterlage.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Die Kinder können die unterschiedlichen Bälle (hinsichtlich des Materials, der Masse, der Größe) auf die Sandfläche fallen lassen. Die Fallhöhe bestimmen die Kinder selbst, indem sie die Bälle unterschiedlich hoch mit ihren Händen halten und dann in den Sand fallen lassen. Gesteigert werden kann dieses durch Benutzung der Leiter, aber auch, indem die Kinder den Ball zusätzlich beschleunigen. Mit Hilfe des Tablets kann der Vorgang aufgezeichnet und in Zeitlupe wiedergegeben werden. Dies



ermöglicht eine bessere Wahrnehmbarkeit der auftretenden Phänomene (hochspritzender Sand) und die Foto-Dokumentation der Abdruckmuster. Mit dem Zollstock können die Kinder Tiefe und Durchmesser der Abdrücke bestimmen. Aufgrund der Größe des Sandkastens können die Kinder auch direkt nebeneinander die Abdrücke bezüglich Tiefe, Struktur und Durchmesser vergleichen. Auch können sie im Vorfeld oder danach Vermutungen anstellen und sich untereinander austauschen, wie der Abdruck aussehen könnte bzw. warum er gerade so aussieht. Bei Einsatz des Tablets ist Partnerarbeit unumgänglich.

Sachbezug

Die Erdanziehungskraft, aber auch die Armbewegung beschleunigen den Ball in Richtung Sandkasten. Die kinetische Energie des Balles – bestimmt durch seine Masse und Geschwindigkeit – wird teilweise an die Sandkörner abgegeben. Diese werden dadurch verdrängt und es entsteht ein Krater. Abhängig von der Größe der vom Ball abgegebenen Energie entsteht durch den Flug der Sandkörner um den Krater herum eine kleine wallförmige Anhäufung. Beachten sollte man hier auch, dass ein kleiner Teil der Energie an den Holzuntergrund abgegeben wird, wodurch er sich für eine sehr kurze Zeit verformt. Wenn er zu seiner ursprünglichen Form zurückkehrt, überträgt er diese Energie wieder auf den Sand und den Ball. Erklärt dies vielleicht den kleinen Hügel in der Mitte der Vertiefung?

6.14 Kugelschreiber

Auf einem Tisch liegen verschiedene Schreibutensilien, u. a. Kugelschreiber, Filzstifte und Pinsel, bereit. Des Weiteren stehen den Kindern unterschiedliche Schreibunterlagen zur Verfügung.

Material

Aquarell-, Foto- und Löschpapier, Zeichenkarton, Glasfliese, raue Fliese, Mikroskop, Lupe, Kugelschreiber, Tintenroller, leere Deo-Roller

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Die meisten Kinder haben schon Erfahrungen mit dem Kugelschreiber oder Tintenroller. Ebenso findet man in vielen Haushalten auch Deo-Roller oder Ähnliches. Eventuell haben sich schon einige Kinder gefragt, wie die Tinte oder Farbe aus dem Kugelschreiber auf das Papier gelangt. Das eine oder andere Kind hat auch schon erfahren, dass sich nicht alle Untergründe gleichermaßen zum Beschreiben eignen.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Die Kinder untersuchen den Kugelschreiber und gehen z. B. folgenden Fragen auf den Grund: Warum heißt der Kugelschreiber „Kugelschreiber“? Welche Rolle spielt der Untergrund beim Schreiben mit einem Kugel-

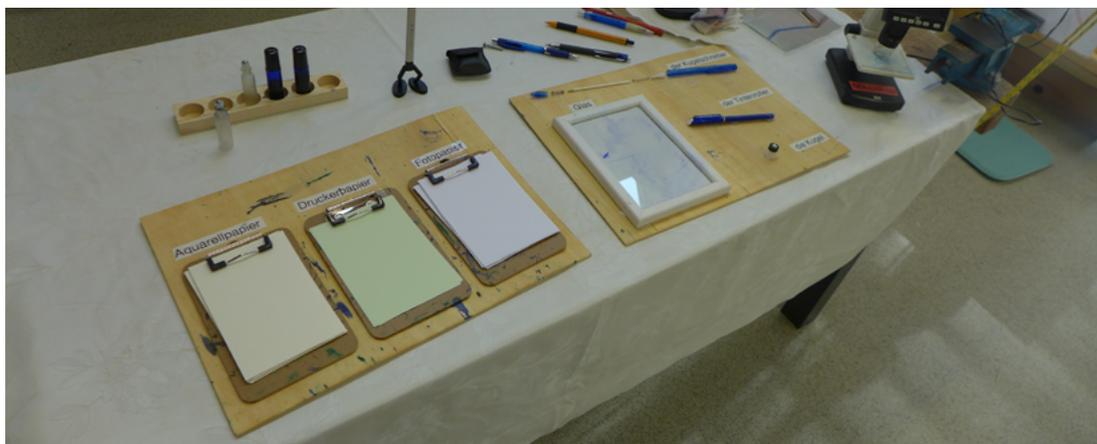
schreiber? Wie gelangt die Farbe auf das Papier?

Dabei können sie:

- den Kugelschreiber demontieren und Aufbau und Funktionsweise untersuchen
- die Kugelschreibermine unter dem Mikroskop betrachten
- einen Tintenroller selbst bauen
- die verschiedenen Kugelschreiber oder Tintenroller auf den unterschiedlichen Untergründen austesten.
- unterscheiden zwischen glatten, rauen, weichen, harten, saugfähigen u. a. Schreibflächen

Sachbezug

Die Funktionsweise eines Kugelschreibers ist im gleichen Maße simpel und genial. Mittels einer Kugel wird eine Tintenpaste auf das Papier übertragen und ergibt so das Schriftbild. Damit die Tinte nicht nach dem Auftragen verwischt, ist sie extrem schnell trocknend. Fährt man mit einem Kugelschreiber über ein Blatt Papier, dreht sich die Kugel, nimmt auf der einen Seite Tinte auf und gibt sie auf der anderen Seite wieder auf das Papier ab. Damit die Tinte besonders lange haltbar ist, wird die Mine nach Gebrauch in das Gehäuse eingefahren – entweder durch einen Dreh- oder Druckmechanismus.





6.15 Fußball

Es stehen in großer Anzahl Quadrate, gleichseitige Dreiecke, Fünf- und Sechsecke zur Verfügung. Ein Fußball, aber auch Bilder von verschiedenen Fußbällen dienen der Impulsgebung.

Material

XEO-Steckmaterial, auseinandergeschnittene Fußballhülle, Impulsbilder, Fußball-Netze, Fußball

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Mit Bällen und natürlich auch mit Fußbällen kommen Kinder schon sehr früh in Kontakt. Viele Kinder spielen in ihrer Freizeit, in der Sportstunde oder im Verein Fußball. Schon in den ersten Lebensjahren lernen Kinder geometrische Körper, wie z.B. die Kugel, den Würfel und den Zylinder, zu unterscheiden und können sie nach ihren Merkmalen ordnen. Vielleicht haben auch schon einige durch Umklappen des Körpers und Umreißen der Grundfläche versucht, eigenständig Körpernetze zu erstellen.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Kinder können aus dem Steckmaterial Körpernetze schaffen, die einer Kugel bzw. einem Fußball schon sehr nahekommen.

Sie erforschen die Außenhülle des Fußballs und gehen den Fragen nach:

- Ist der Fußball eine Kugel?
- Aus wie vielen Figuren kann die Fußballhülle zusammengesetzt sein?
- Stimmt die Aussage: Je mehr Ecken, Kanten und Flächen ein Körper hat, umso ähnlicher wird er einer Kugel?

Sachbezug

Was ist ein Fußball? Sepp Herberger: „Der Ball ist rund.“ Ist also ein Fußball eine Kugel?

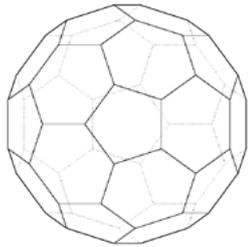
Ein Fußball sieht so aus:



6 Beschreibung der Lernumgebung

Durch näheres Betrachten sehen wir eine Oberflächenstruktur, die aus 12 Fünfecken und 20 Sechsecken besteht (siehe Abbildung).

Wie viele Ecken (E) hat ein Fußball? Das ist schon sehr mühselig zu zählen.



Dies kann man aber auch berechnen. Jede Ecke hängt an einem Fünfeck und keine zwei Fünfecke haben eine Ecke gemeinsam. Also ist die Anzahl der Ecken gleich der fünffachen Anzahl der Fünfecke: $E = 5 \cdot 12 = 60$

Wie viele Flächen (F) und Kanten (K) hat ein Fußball? Die Anzahl der Flächen ist klar:

12 Fünfecke und 20 Sechsecke ergeben 32 Flächen.

Jedes Fünfeck hat 5 Kanten. Dies ergibt insgesamt: $5 \cdot 12 = 60$ Kanten.

Jedes Sechseck hat 6 Kanten. Also kommen noch $6 \cdot 20 = 120$ Kanten hinzu.

Bei dieser Zählung wurde jede Kante jedoch doppelt gezählt. Also hat der Fußball insgesamt 90 Kanten.

Ist der Fußball ein Polyeder? Diese Frage kann man sehr gut mit dem Eulerschen Polyedersatz beantworten. Der Eulersche Polyedersatz besagt, dass in jedem einfachen Polyeder die Formel:

Ecken - Kanten + Flächen = 2 anzuwenden ist..

Für den Fußball gilt tatsächlich:

$$E - K + F = 60 - 90 + 32 = 2$$

Ist der Fußball auch ein platonischer Körper?

Ein Polyeder wird platonisch genannt, wenn alle Flächen regelmäßige n-Ecke sind.

Der Fußball besitzt Fünf- und Sechsecke als Teilflächen. Damit ist bewiesen, dass der Fußball kein platonischer Körper ist.

Die Polyeder, welche aus verschiedenen regelmäßigen Vielecken bestehen, heißen archimedische Körper, wie z. B. der Fußball. Der Fußball bedient sich eines Tricks, sodass die Form einer Kugel ähnlich ist. Die einzelnen Vielecke der Außenfläche bestehen aus elastischem Material und sind fest miteinander vernäht. Im inneren des Fußballs befindet sich noch ein Ballon (die sogenannte Blase), der beim Aufpusten sich an die einzelnen Flächen schmiegt. Dadurch biegen sich die Flächen entsprechend und nehmen die endgültige runde Form an.

6.16 Die Erdkugel

Hier steht den Kindern ein einfaches Modell zur Verfügung, welches verdeutlicht, dass die Erde nicht kugelförmig, sondern leicht abgeplattet ist. Dieses Modell wurde aus einem Akku-Schrauber, zwei Papierstreifen und einem Holzspieß gebaut. In einem abgedunkelten Bereich wird der Schattenwurf von jeweils zwei Zahnstochern auf einer Styroporscheibe und einer -kugel verglichen. Als Sonne dient eine Taschenlampe. Des Weiteren gibt es verschiedene Globen, z. B. einen Korkglobe, einen großen Globus mit Beschriftung und eine große Weltkarte.

Material

Globus, Modell der Erde mit Blick in die Erde, Puzzle zum Erdaufbau, Erdnetze, großer Wasserball mit den Kontinenten und fast allen Hauptstädten, Korkglobe, Bandmaß, Bänder, Globus mit Licht, Styroporkugel mit Zahnstochern, Styroporscheibe mit Zahnstochern, Taschenlampen mit Stativmaterial, Akku-bohrer, Holzspieße, mehrere Papierstreifen 2cm x 10cm, Tablet mit einer Atlas Applikation

Bezug zur Lebenswelt der Kinder

Die Erde ist der Planet, auf dem wir leben. Die Kinder erfahren und spüren, manchmal mehr und manchmal weniger bewusst, in jeder Minute ihres Seins verschiedene Phänomene, die im Zusammenhang mit unserer Erdkugel stehen. Sie erleben, dass es Tag und Nacht sowie verschiedene Jahreszeiten gibt. Kinder lernen sehr schnell, dass alle Dinge immer nach unten fallen. In vielen Kinderzimmern steht ein Globus oder hängt eine Weltkarte. Die Kinder haben auch immer mehr Zugang zu neuen Medien, wie z. B. das Internet, die sie nutzen, um sich über unsere Erde zu informieren. Sie haben höchstwahrscheinlich auch schon



Bilder der Erde aus dem Weltraum gesehen. Durch die heutigen Reisemöglichkeiten haben viele Kinder auch schon fremde Länder und Kontinente bereist. Dabei erfuhren sie etwas über die kulturellen, sozialen und klimatischen Unterschiede.

Möglichkeiten des kindlichen Tuns

Die Kinder gehen der Frage nach: Ist die Erde eine Kugel?

Dafür stehen den Kindern unterschiedliche Experimente zur Verfügung. In einem Versuch vergleichen die Kinder Schattenbilder von Stäben auf einer Kugel und auf einer Scheibe. Bei einem weiteren Versuch entwickeln die Kinder Verständnis für das physikalische Phänomen der Zentrifugalkraft und erkennen, dass die Erde nicht kugelförmig, sondern an den Polen abgeflacht ist.

Kinder orientieren sich räumlich mithilfe des Globus. Sie machen sich mit dem Gradnetz der Erde vertraut und lernen, geografische Koordinaten zu verstehen und anzuwenden. Am Korkglobe können sie mit-

6 Beschreibung der Lernumgebung

hilfe von Schnüren verschiedene Flugstrecken nachvollziehen und vergleichen.

Ein Modell verdeutlicht ihnen sehr vereinfacht den Aufbau der Erde.

Des Weiteren können sich die Kinder mithilfe der App weiteres Wissen über unseren Planeten, die Erde, erschließen.³⁴

Sachbezug

Wie ist die Erde aufgebaut?

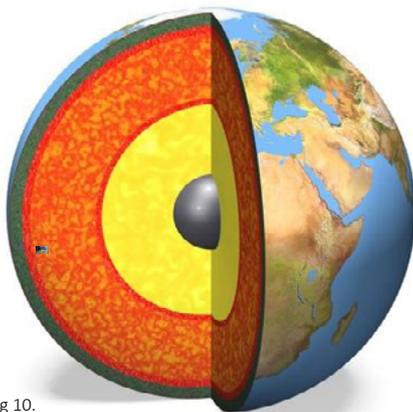


Abbildung 10.
Schichtaufbau der Erde³⁵

In der ersten Phase ihrer Entstehung war die Erde ein heißer Ball aus geschmolzener Materie. Die einzelnen Bestandteile, wie z.B. Metalle, Gesteine, eingeschlossenes Wasser sowie Gase und vieles mehr, waren durchmischt. Es gab keine einzelnen definierten Schichten. Doch im Laufe der Zeit änderte sich das: Die schwereren Stoffe sanken nach innen zum Erdmittelpunkt – vor allem Metalle. Gesteine hingegen waren etwas leichter und stiegen nach oben, die leichtesten bis zur Erdoberfläche. Dort kühlten sie langsam ab und erstarrten. So trennte sich das Material der

Quelle für die Exp.: Erde und Mond/Lehrermaterialien und Mitmach-Experimente/www.mint-zirkel.de/DLR

Erde in die drei kugelförmigen Schichten, die wir heute kennen.

Unter der Kruste befindet sich der fast 3000 Kilometer mächtige Erdmantel aus schwerem zähflüssigem Gestein. Und im Inneren der Erde liegt der Erdkern, bestehend aus den Metallen Eisen und Nickel. Der Erdkern selbst besteht zunächst aus einer etwa 2200 Kilometer dicken äußeren Schicht, dem äußeren Kern. Dort ist es über 5000 Grad Celsius heiß, deshalb ist das Metall geschmolzen und so dünnflüssig wie Quecksilber. Ganz innen liegt der innere Kern, etwas kleiner als der Mond. Er ist mit über 6000 Grad Celsius noch etwas heißer als der äußere Kern – aber überraschenderweise fest. Das liegt daran, dass mit zunehmender Tiefe nicht nur die Temperatur steigt, sondern auch der Druck. Die äußeren Schichten, die auf dem Erdkern lasten, drücken sein Material so unvorstellbar stark zusammen, dass es sich nicht verflüssigen kann.



6 Beschreibung der Lernumgebung

Die Kraft, die dafür verantwortlich war, dass die Erde rund ist, ist die Schwerkraft – alle massiven Gegenstände ziehen sich gegenseitig an. Diese Kraft ließ Gesteinsbrocken zusammenprallen und sich zu einem Planeten verbinden. Und sie gab dem Planeten seine Form. Denn die Schwerkraft wirkt in alle Richtungen gleich stark.

Da die Erde zu Beginn heiß und flüssig war, konnte das Material in die Form fließen, die die Schwerkraft vorgab. Ragte irgendwo ein Stück Erdmaterial weiter hinaus, so wurde es vom Rest angezogen, bis die Oberfläche glatt war und an allen Stellen die gleiche Schwerkraft wirkte. Und da die Schwerkraft in alle Richtungen gleich ist, entstand automatisch die Form einer Kugel.

Wenn man sich die Gestalt der Erde aber genauer anschaut, stellt man fest, dass die Erde keine perfekte Kugel ist – an ihren Polen ist sie leicht abgeflacht und am Äquator dagegen etwas bauchig. Schuld daran ist die Erddrehung: Durch die Drehbewegung entsteht eine Scheinkraft, die Fliehkraft. Diese kennen wir vom Kettenkarussell, wenn wir in den Schaukeln nach außen fliegen. Da die Fliehkraft von der Geschwindigkeit abhängt

und diese wiederum von der Distanz zu der Drehachse, ist die Fliehkraft am Äquator am größten und nimmt immer weiter in Richtung der Pole ab, wo sie null ist. Bei der Erde bewirkt die Fliehkraft, dass die Gesteinsmassen ein Stück von der Drehachse nach außen rutschen. Die Gesteinsmassen am Äquator haben die größte Distanz zur Drehachse, damit ist die Fliehkraft hier auch am größten und somit ist der Durchmesser der Erde am Äquator etwa 41 Kilometer größer als zwischen dem Nord- und dem Südpol.

Bei einem noch höheren Grad der Genauigkeit gibt es noch Eigenschaften unseres Planeten, die seine Form von der Regelmäßigkeit einer idealen, mathematisch perfekten Kugel abweichen lassen. Dafür waren geologische Prozesse verantwortlich, wodurch unter anderem Berge und Vulkane entstanden sind. Dabei kann sich die Höhe der Erdoberfläche lokal bis auf 8.849 Meter (höchster Berg: Mount Everest, Asien) oder 6.893 Meter (höchster Vulkan: Nevado Ojos del Salado, Südamerika) über dem Meeresspiegel ändern.



- Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L. (Hrsg.). (2004). *Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5 – 10*. Seelze-Velber: Erhard Friedrich Verlag.
- de Haan, G. (2009). Bildung für nachhaltige Entwicklung für die Grundschule. In Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), *Bildung für nachhaltige Entwicklung für die Grundschule*. Berlin: Zeitbildverlag.
- Hagstedt, H. (1992). Offene Unterrichtsformen. Methodische Modelle und ihre Planbarkeit. In U. Hameyer, R. Lauterbach & R. Wiechmann (Hrsg.), *Innovationsprozesse in der Schule. Fallstudien, Analysen und Vorschläge zum Sachunterricht* (S. 367-382). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt Verlag.
- von Humboldt, W. (1980). Theorie der Bildung des Menschen. In A. Flitner, & K. Giel, K. (Hrsg.), *Wilhelm von Humboldt, Werke in 5 Bänden. Band 1 Schriften zur Anthropologie und Geschichte*. Berlin: WBG.
- Nentwig-Gesemann, I., Wedekind, H., Gerstenberg, F., Tengler, M. (2012). Die vielen Facetten des ‚Forschens‘. Eine ethnografische Studie zu Praktiken von Kindern und PädagogInnen im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Bildungsangebots. In K. Fröhlich-Gildhoff, I. Nentwig-Gesemann, H. Wedekind, *Forschung in der Frühpädagogik V. Schwerpunkt: Naturwissenschaftliche Bildung – Begegnung mit Dingen und Phänomenen*. Freiburg: FEL Verlag.
- Ramseger, J. (2009). Experimente, Experimente. Was lernen Kinder im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Die Grundschulzeitschrift*, 225/226, 14-20.
- Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft (Hrsg.). (2014). *Berliner Bildungsprogramm für Kitas und Kindertagespflege*. Berlin: Verlag das Netz.
- Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie. (2015). *Rahmenlehrplan für Berlin und Brandenburg. Teil C: Sachunterricht. Jahrgangstufen 1-4*. Berlin: SenBJF. Online unter https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Sachunterricht_2015_11_16_web.pdf. Letzter Aufruf 14.8.2020.
- Wagenschein, M. (2009). *Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge. Das Wagenschein Studienbuch*. (4. Auflage). Bern: HEP der Bildungsverlag.
- Wedekind, H. (2011). Eine Geschichte mit Zukunft. *Grundschule*, H6, 6-10.
- Wedekind, H. (2012). Einführung: Naturwissenschaftlich-technische Bildung im Elementarbereich – der Versuch eines Überblicks. In K. Fröhlich-Gildhoff, I. Nentwig Gesemann, & H. Wedekind (Hrsg.), *V. Schwerpunkt: Naturwissenschaftliche Bildung – Begegnung mit Dingen und Phänomenen* (S. 13-31). Freiburg: VFEL Verlag.
- Wedekind, H. (2016). Handreichung zur Experimentierbox Wetter. https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/suche-bildung-berlin-brandenburg?tx_solr%5Bq%5D=wetterbox unter Science4 Life Academy (letzter Zugriff 21.11.2020).

E-Books

- Fischer, A. (2010). Schulintegrierte Produktionsstätten aus Sicht der Berufsbildungswissenschaften. In K.-D. Mertineit, & W. Steenblock (Hrsg.), *Berufsbildungswissenschaftliche Schriften. Leuphana-Seminar-Schriften zur Berufs- und Wirtschaftspädagogik (Band 4)* (S. 24-41). http://bwp-schriften.univera.de/Band4_10/afischer_Band4_10.pdf. Letzter Aufruf 10.10.2020.

Wir bedanken uns für die Entwicklung, Erprobung und Evaluation des Workshops „Kugel mal!“ bei dem HELLEUM-Team, den vielen Kindern und PädagogInnen aus Kindertagesstätten und Grundschulen, die mit uns gemeinsam geforscht, getüftelt und experimentiert haben.

Impressum

Berlin 2021

Kinderforscherzentrum HELLEUM (Hrsg.)

V.i.S.d.P.: Olga Theisselmann / Prof. Dr. i. R. Hartmut Wedekind

ISBN 3-9823379-0-6

Redaktion: Francesco Cuomo

Revision: Ralph Brinkmeier, Francesco Cuomo, Torsten Simon, Hartmut Wedekind

Autor*innen: Ralph Brinkmeier, Francesco Cuomo, Holger Haas, Andreas Hörster, Ines Milde, Torsten Simon, Hartmut Wedekind

Fotos: Holger Haas

Recherche: Francesco Cuomo

Barrierefreiheit: Hannah Marie Fiedler

Kinderforscherzentrum HELLEUM

Kastanienallee 59

12627 – Berlin

www.helleum-berlin.de

info@helleum-berlin.de

In dieser Reihe gibt es weitere Handreichungen zu folgenden Workshops:

Boden schätzen

Luft lüften

Mathematicken

Mechanik: Arbeit schafft's

Müll macht's

Sonne satt

Wasser marsch

Wind bringt's

ISBN 3-9823379-0-6



9 783982 337906