

Klaus Lemmen | Birgit Eikmeyer

Eine Marmelbahn – ganz aus Papier

Kinder lösen selbstständig technische Probleme

Papier und wenige weitere Materialien: Mehr steht Kindern nicht zur Verfügung, um eine Marmelbahn zu konstruieren. Sie machen dabei wesentliche Erfahrungen mit Statik und Stabilität, Bewegung und Beschleunigung. Zudem unterstützt sie eine gezielte sprachliche Begleitung darin, einen adäquaten Fachwortschatz aufzubauen.

Viele Kinder hatten oder haben eine Marmelbahn zu Hause oder kennen sie von Freunden, aus dem Kindergarten oder dem Wartezimmer der Kinderarztpraxis. Warum keine eigene Marmelbahn konstruieren? (siehe Abb. 1). Der Bau einer Marmelbahn aus Papier motiviert Kinder in allen Jahrgangsstufen (zum Unterricht in

Klasse 1 siehe Didaktik kompakt) und fordert sie zum Entwickeln von kreativen Umsetzungsmöglichkeiten heraus. Technische Lösungen sind auf unterschiedlichen Niveaustufen möglich und erwünscht.

Kinder, die die Fachsprache noch nicht hinreichend beherrschen – z. B., weil sie Deutsch als Zweitsprache haben – profitieren während des technischen Lernprozesses davon, dass ihnen lexikalische und syntaktische Strukturen an die Hand gegeben werden (vgl. Quehl/Scheffler 2008). Ziel hierbei ist die Gestaltung eines sprachsensiblen Fachunterrichts, der allen Kinder zugute kommt. Im Mitteilungsbereich können hier sowohl offene als auch gebundene Fragen hilfreich sein. Darüber hinaus spielen die Visualisierung über Wortspeicher, das sukzessive Anfertigen von Tipp-Plakaten als Lernspuren und das Angebot von Satzanfängen in Reflexionsphasen eine wichtige Rolle.

ren Grad an Komplexität auf und ermöglicht es den Kindern, mit hoher Motivation anhand gemeinsam festgelegter problemhaltiger Situationen zielorientiert zu arbeiten. Verglichen mit Unterrichtsvorschlägen zum Bau von Marmelbahnen mit vorstrukturierten Bauelementen und Bauanleitungen, die von den Schülerinnen und Schüler nachvollzogen und nachgebaut werden (vgl. Ullrich/Klante 1994, S. 118; Lambert/Reddeck 2007, S. 201 ff.), setzt der hier vorgestellte Unterricht stärker auf die Möglichkeiten der Selbststeuerung. Wichtig sind darüber hinaus Teamarbeit (Baugruppen), die Begleitung der Lehrkraft zum Beispiel durch gezielte Impulse, „Problembesprechungen“ in Reflexionsphasen und der Austausch bzw. die Sammlung von Tipps im Klassenverband. Im Unterricht vereinbarte Kriterien zur Konstruktion der Marmelbahn geben den Teams die nötige Orientierung.

Mögliche problemhaltige Situationen im Sinne des technischen Lernens beim Bau einer Marmelbahn aus Papier könnten sein:

- Die Marmelbahn soll stabil sein.
- Die Marmel soll bis zum Ende durchrollen.

WORTSPEICHER

- die Startrampe
- der Looping
- die Kurve
- die Ecke
- die Bahn
- die Kante
- die Stütze
- das Profil (U-Profil, Zick-zack-Profil, L-Profil, Vierecks-Profil, Dreiecks-Profil, O-Profil)
- das Gleichgewicht
- das Gefälle
- die Standfestigkeit
- das stabile Dreieck

- etwas bauen/konstruieren
- stabilisieren
- das Papier knicken/falten/umformen
- testen/überprüfen

- stabil/nicht stabil (instabil)
- schief/gerade
- schnell/langsam

Problemlösendes Lernen und Selbststeuerung

Der Unterricht zum Bau der Marmelbahn weist einen überschauba-

KLASSENSTUFE

1–4

INHALTLICHE SCHWERPUNKTE

- Konstruieren und testen einer Murmelbahn
- Erstellen von Wortspeicher und Tipplakaten

LERNCHANCEN

- Kompetenzen des Entwerfens, Bauens, Testens, Optimierens
- Teamarbeit
- Kenntnisse über Statik, Bewegung und Beschleunigung
- Aufbau eines Fachwortschatzes

ZUSÄTZLICHES MATERIAL

für die Baugruppen:

- ca. 30 Papier-Bögen (à 160 g)
- 1 Tonkarton
- 1 Klebestift
- 1 Rolle Klebeband
- 20 Büroklammern
- 1 Schere
- Murmeln
- Stoppuhren



Abb. 1:
Die Murmelbahnen, die beim selbstgesteuerten Konstruieren in einer dritten Klasse entstanden sind, sind stabil und erfüllen weitere gemeinsam erarbeitete Qualitätskriterien

- Die Murmel soll nicht aus der Bahn springen.
- Die Murmel soll die Richtung ändern.
- Die Murmel soll möglichst lange unterwegs sein.
- ...

erfolgreich arbeiten zu lassen. Wie bei jedem anderen Problemlöseprozess auch stoßen die Schülerinnen und Schüler bei der Bauphase immer wieder auf Teilprobleme – zum Beispiel kann die Murmel an einer Stelle hängen bleiben –, die Anstoß geben zum Weiterdenken und Optimieren.

In Baugruppen arbeiten

Das Planen und Bauen in Teams von drei bis vier Kindern bietet sich für den Unterricht an, damit die Kinder sich gegenseitig beraten, unterstützen und Denkanstöße geben können. Wenn alle Teams gemeinsam im Klassenraum ihre Murmelbahnen konstruieren, können sie die Entwicklung aller anderen Baugruppen im Klassenverband zu jeder Zeit mitverfolgen. Für einige Teams ist dieser gelegentliche Blick nach links und rechts hilfreich, um durchgängig motiviert und angeregt arbeiten zu können.

Die Lehrkraft nimmt in diesen Planungs- und Bauphasen die Rolle des Lernbegleiters ein. Sie beobachtet, fragt nach und gibt konstruktive Denkanstöße. Diese Unterstützungsmaßnahmen erweisen sich in der Regel als ausreichend, um die Kinder

Wie die Murmelbahn entsteht

Die hier vorgestellte Unterrichtseinheit wurde mit einer dritten Klasse durchgeführt. Die Kinder dieser Klasse hatten kaum schulische Erfahrungen im Bereich des technischen Lernens. Die Ankündigung des neuen Themas löste bei Mädchen wie Jungen Begeisterung aus. Alle berichteten über das heimische Spiel mit Murmelbahnen aus Holz und aus Kunststoff.

Erste Sequenz: Skizzen

Zu Beginn des Unterrichts wird ein Plakat mit der Aufschrift „Der Wortspeicher“ aufgehängt. Hier werden sukzessive vor allem Nomen mit Artikel sowie Verben notiert, die für die Versprachlichung von Sachver-

halten und Zusammenhängen relevant sind (mögliche Begriffe siehe Wortspeicher). Die Kinder werden Begriffe wie „der Looping“ oder „die Startrampe“ selbst nennen. So werden sie in die Verantwortung für den Aufbau des Wortschatzes einbezogen.

Der Einstieg kann über Bildimpulse und mitgebrachte Murmelbahnen aus Kunststoff und Holz erfolgen. Im Sitzkreis berichten die Kinder darüber, was sie über Murmelbahnen wissen. Mit dem Impuls: „Was ist bei allen Murmelbahnen gleich?“ werden Merkmale von Murmelbahnen erarbeitet und an der Tafel festgehalten:

- Die Murmelbahn steht stabil.
- Die Murmel rollt immer von oben nach unten.
- Die Bahn hat einen „Rand“ oder ist eine Röhre (sodass die Murmel beim Rollen nicht herunterfällt).
- Die Murmelbahn hat einen „Eingang“ und einen „Ausgang“.

Sprachliche Impulse in den Reflexionsphasen

Gebundene Fragen

- Was ist bei allen Murmelbahnen gleich?
- Welche Unterschiede gibt es?
- Wie habt ihr eure Murmelbahn stabil gebaut?
- Wo gab es Schwierigkeiten?
- Wie habt ihr sie gelöst?
- Was habt ihr verbessert/verändert?
- Welche Tipps habt ihr für die anderen Baugruppen?

Offene Impulse für die Reflexion

- Ihr habt euch intensiv mit der Konstruktion von ... beschäftigt. Berichtet, wie ihr zur Lösung gekommen seid. Die Wörter im Wortspeicher und auf den Tipp-Plakaten können euch helfen.

Bedingungen/Abläufe beschreiben mit Hilfe von Satzanfängen

- Wir haben beobachtet, dass ...
- Die Murmelbahn fängt an zu wackeln/kippt um, wenn ...
- Wenn ..., dann wird die Murmelbahn besonders stabil.

Identifizieren von fachlichen Inhalten und begründen mit Hilfe von Satzanfängen

- Das Gerüst/die Stützen sind stabil, weil ... (z. B. das Papier zu Profilen umgeformt wird)
- Die Murmelbahn ist stabil, weil ... (z. B. wir die Stützen mit dem stabilen Dreieck verstärkt haben)
- Die Murmel rollt hier langsam, weil ...
- Je größer das Gefälle, desto ...

- Die Murmel rollt bis zum Ausgang durch.
- Die Murmel ändert ihre Richtung; die Murmelbahn hat „Kurven und Ecken“.
- Die Bahnen sind schräg (haben Gefälle).

Auch Unterschiede in Bezug auf Material, Bauart der Murmelbahn, Größe und Rollverhalten der Murmel können hier angesprochen werden.

Anschließend beginnen die Entwicklungsphasen. Hier kann Arbeitsblatt 1 ergänzend eingesetzt werden (siehe Abb. 2). Zunächst sollen sich die Kinder damit auseinandersetzen, wie ihre Murmelbahn aussehen könnte und was sie können sollte. Auf der Basis dieser Überlegungen fertigen sie in Einzelarbeit erste Bauskizzen an und stellen sie später im Klassenverband vor.

Erste Lösungen für geplante Vorhaben und mögliche Probleme bei der Umsetzung (z. B. Bau eines Loopings) werden an dieser Stelle bereits angesprochen. Danach finden sich die Kinder in Baugruppen von drei bis vier Kindern zusammen.

Zweite Sequenz: Bauprofile

Zum Einstieg werden die Bauskizzen der letzten Sequenz noch einmal betrachtet, und es werden Kriterien für den Bau einer eigenen Murmelbahn gemeinsam erarbeitet und an der Tafel festgehalten:

- Sie soll Ecken und Kurven haben.
- Sie soll stabil sein.
- Die Murmel darf nicht stecken bleiben.
- Die Bahnen sollten schief sein.
- Die Murmel darf nicht aus der Bahn springen.
- Die Murmel soll möglichst lange unterwegs sein.

In der folgenden Phase werden Ideen für mögliche Umformungen des Papiers entwickelt. Die Baugruppen sollen verschiedene Bahnen für die Murmel formen (Geraden, Kurven)

und Überlegungen zur Erstellung von Stützen für das Gerüst anstellen. Die Aufgabenstellungen lauten:

- Wie kann ich das Papier so zu einer Bahn umformen, dass eine Kugel darüber oder hindurch rollen kann? Probiert verschiedene Lösungen und vergleicht sie miteinander.
- Wie kann ich das Papier so umformen, dass stabile Stützen für die Murmelbahn entstehen? Probiert verschiedene Lösungen und vergleicht sie miteinander.

Als Material erhalten die Kinder 160-g-Papier-Bögen, je Gruppe einen Bogen Tonkarton als Unterlage, einen Klebestift, eine Rolle Klebeband, Büroklammern und eine Schere.

Die Kinder der dritten Klasse, in der diese Unterrichtsidee erprobt wurde, erfanden wie zu erwarten für ihre Bahnen vor allem U-Profile, Zick-zack-Profile und L-Profile; für die Stützen O-Profile, die im unteren Bereich eingeschnitten und aufgefächert wurden, darüber hinaus Vierecks- und Dreiecksprofile.

Die Ideen werden während der Reflexionsphase auf Tipp-Plakaten gesammelt, nachdem die Baugruppen über ihre Arbeit an den Murmelbahnen berichtet hatten. Hier werden Beispiele zu verschiedenen Profilen aus Papier im Original angeklebt, mit der dazugehörigen richtigen Bezeichnung. Darüber hinaus können Ideen zur Stabilisierung der Stützen, zur Umsetzung des „stabilen Dreiecks“ (siehe Abb. 3 und Wissen kompakt), aber auch praktische Hinweise, wie etwa „zuerst schneiden, dann kleben“ (da die Schneiden der Schere zum Teil verklebten) festgehalten werden. Das Aufschreiben der Tipps wurde mit allen Kindern abgestimmt; in späteren Bauphasen konnten alle Gruppen die visualisierten Tipps so mitnutzen.

Über Bildimpulse und Profile im Klassenraum kann ein Transfer zu Profilen im Alltag hergestellt werden.

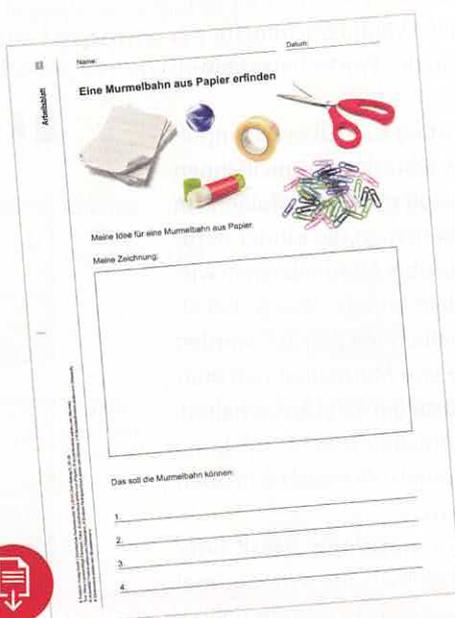


Abb. 2: Arbeitsblatt 1 steht unter www.grundschule-sachunterricht.de zur Verfügung (Code: d17778ep)



Abb. 3: Durch die Konstruktion eines stabilen Dreiecks wird das Umkippen von Säulen verhindert

Dritte Sequenz: die Murmelbahn

Zu Beginn dieser Sequenz bietet es sich an, die erarbeiteten Tipps mit Hilfe der Plakate zu wiederholen.

Jede Gruppe erhält einen Kasten mit 30 DIN-A4-Blättern 160 g-Papier, eine Rolle Klebeband und 20 Büroklammern. Darüber hinaus dürfen die Kinder Klebestift und Schere benutzen. Nachdem sie sich in den Gruppen auf den Bau (orientiert an den Skizzen) verständigt haben, starten sie mit der Arbeit. Die Rolle der Lehrperson besteht vor allem darin, zu beraten, bei Entscheidungsprozessen zu helfen und Denkanstöße zu geben.

In den Zwischenreflexionen berichten die Kinder von ihren Erfahrungen und Problemen in der Bauphase mit Hilfe folgender Satzanfänge und weiterer Hilfestellungen (siehe „Sprachförderung“):

- Wir haben ... (Beschreibung der Bauphase)
- Wir haben beobachtet, dass ... (Feststellungen/Beobachtungen während der Bauphase)
- Wir haben herausgefunden, dass ... (Lernzuwachs)
- Wir haben folgende Tipps für die anderen Baugruppen: ...

Es werden Probleme einzelner Gruppen aufgegriffen, zum Beispiel, wenn die Murmel an bestimmten Stellen steckenbleibt oder das Ge-

rüst nicht stabil genug ist. Kippen die Stützen bei einigen Gruppen um, müssen sie – etwa durch ein stabiles Dreieck – stabilisiert werden (siehe Abb. 3). Im gemeinsamen Gespräch werden mögliche Lösungen für das Problem gesammelt; zusätzlich kann die Lehrperson als Impuls einen Notenständer zeigen, bei dem viele Teile über das stabile Dreieck verstärkt werden.

Zum Abschluss der Sequenz werden die Baugruppen aufgefordert, in die Rolle eines TÜV-Prüfers zu schlüpfen und zu überlegen:

- Wie kann ich überprüfen, ob die Kriterien beim Bau der Murmelbahn aus Papier eingehalten wurden?

Die Kinder der dritten Klasse entwickelten tolle Ideen, beispielsweise, um die Stabilität des Gerüsts zu überprüfen: „Es muss Profile und Stützen oder das stabile Dreieck haben! Es muss aushalten, wenn man es mit dem Finger antippt.“ „Wir wackeln an den O-Profilen (Stützen).“ „Wir testen auch mit schwereren Kugeln.“

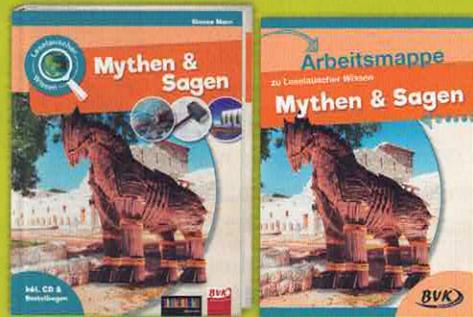
Vierte Sequenz: Tests

Bevor in der letzten Sequenz ein TÜV-Bogen (siehe Arbeitsblatt 2) erstellt wird, erhalten die Kinder noch einmal die Möglichkeit, anhand der TÜV-Kriterien kleine Veränderungen an der Murmelbahn vorzu-

Anzeige

BVK Buch Verlag Kempen

Leselauscher Wissen



Buch: Mythen & Sagen (inkl. CD)

ISBN 978-3-86740-811-0, EUR 15,00

ab 7 J.

Arbeitsmappe: Mythen & Sagen

ISBN 978-3-86740-852-3, EUR 7,90



Buch: Deutschland (inkl. CD)

ISBN 978-3-86740-810-3, EUR 15,00

ab 7 J.

Arbeitsmappe: Deutschland

ISBN 978-3-86740-843-1, EUR 7,90



Buch: Helfer im Einsatz (inkl. CD)

ISBN 978-3-86740-812-7, EUR 15,00

ab 7 J.

Arbeitsmappe: Helfer im Einsatz

ISBN 978-3-86740-850-9, EUR 7,90

www.buchverlagkempen.de



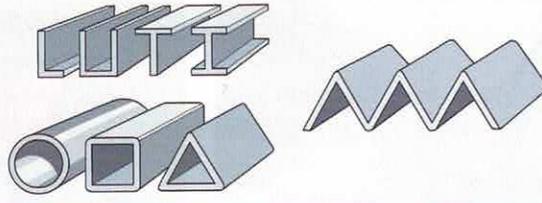
Foto: Klaus Lemmen

Stabilität

Stabilität durch Umformung

Ein normales, glattes Blatt Papier lässt sich kaum belasten. Es wird erst durch die Veränderung seiner Form, die sogenannte Umformung, stabil (vgl. Lemmen/Möller/Zolg 2009, S. 19–21). In der Technik werden Umformungen in offene und geschlossene Profile unterschieden und in vielerlei Hinsicht z. B. im Stahlbau für die Konstruktion von Brücken, Häusern und Türmen eingesetzt.

Für die Murmelbahn kann ein DIN-A4-Blatt Papier ohne Hilfsmittel in offene Profile umgeformt werden: Vor allem L-, U- und Zick-zack-Profile (für die eigentliche Bahn) können gestaltet werden. Stellt man weiterhin Büroklammern, Klebestift und Klebestreifen zur Verfügung, lassen sich auch geschlossene Profile gestalten, die besonders bei der Konstruktion des Gerüsts von Bedeutung sind.



Zeichnungen: Hendrik Kraenberg

Das stabile Dreieck

„Der Begriff ‚Stabiles Dreieck‘ bezeichnet Verbindungen, in denen ein Dreieck das Verschieben der Teile verhindert. Dadurch wird die Verbindung besonders stabil“ (vgl. Lemmen/Möller/Zolg 2009, S. 31). Das stabile Dreieck findet Anwendung z. B. im Gerüstbau, bei Fachwerkkonstruktionen, zur Stabilisierung von Regalen und anderen Gegenständen.

nehmen. So überlegten einige Baugruppen der dritten Klasse, wie sie den Lauf der Kugel weiter verlangsamten könnten, z. B. mit Hilfe eines Trichters (in dem die Kugel zunächst ins Trudeln kommt) oder eingeklebten Zick-zack-Papierstreifen, die die Kugel bremsen.

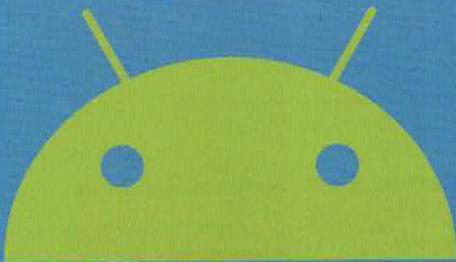
Zum Abschluss der Sequenz präsentieren alle Gruppen ihre Ergebnisse und stellen die Murmelbahnen anhand der in der zweiten Sequenz festgelegten Kriterien vor, z. B.:

- „Die Murmelbahn ist stabil, weil ...“
- „Die Murmel ist besonders lange unterwegs, weil ...“

Nilay aus der dritten Klasse zog zum Abschluss ihr persönliches Fazit: „Auch wenn’s zwischendurch mal schwierig ist: Niemals aufgeben!“

Anzeige

Google CS First



Programmieren? Leichter als du denkst!

Mit CS First schaffen auch Grundschüler spielend den Einstieg ins Programmieren.

- Kostenloses Material
- Für Kinder ab 9 Jahren
- Keine Informatikkenntnisse erforderlich
- Verwendet die bausteinorientierte Programmiersprache Scratch

Besuche
bwinf.de/csfirst-jwinf
und entdecke Informatik!



Bundesweite
Informatikwettbewerbe

Informatik-Biber
Deutschlands größter Informatik-
Schülerwettbewerb für Schülerinnen
und Schüler ab Klasse 3.
Teilnehmen ohne Vorkenntnisse:
5. bis 16.11.2018



DIDAKTIK KOMPAKT

Bau von Marmelbahnen im ersten Schuljahr

Eine Marmelbahn aus Papier können bereits Schülerinnen und Schüler der ersten Klasse konstruieren. Der Unterrichtsablauf entspricht dabei weitgehend dem für dritte und vierte Klassen; allerdings können den Erstklässlern weitere Hilfen zur Verfügung gestellt werden. Die hier vorgestellten Anregungen sind allerdings nicht auf den Anfangsunterricht beschränkt. Auch älteren Kindern können sie im Bedarfsfall Unterstützung bieten. Insbesondere die Anregung für eine Bastellandschaft auf dem Boden kann ebenso gut auch in höheren Klassen umgesetzt werden.

Sprachliche Hilfen

Die Sprache der gemeinsam erarbeiteten Merkmale einer Marmelbahn (siehe Abb. 4) und des Wortspeichers ist weniger komplex und sollte über Piktogramme unterstützt werden.

Die Bastellandschaft

Eine Bastellandschaft im Sachunterrichtsraum bietet den Kindern eine optimale Lernumgebung für den Bau der Marmelbahnen. Das Bauen findet dabei auf dem Boden statt, welcher in Form kleiner Inseln für jede Gruppe mit Malervlies abgedeckt ist. Das Malervlies schützt den Fußboden vor Kleberresten und dient den Kindern als wärmende Unterlage. Grund für das Arbeiten auf dem Fußboden ist, dass die Marmelbahnen aufgrund des notwendigen Gefälles der Marmelbahn eine bestimmte Höhe erreichen müssen. Kinder im ersten Schuljahr sind auf Grund ihrer körperlichen Größe eingeschränkt, und zudem ist ein Arbeiten über Schulterhöhe deutlich anstrengender und unübersichtlicher. Auf dem Fußboden haben die Kinder somit mehr Möglichkeiten (stehend oder sitzend) und mehr gestalterische Freiheiten, die gewünschte Marmelbahn zu bauen.

Die Erste-Hilfe-Ecke

Die Aufgabe, eine Marmelbahn aus Papier zu bauen, lässt eine natürliche Differenzierung zu. Sollten Teams Schwierigkeiten bei der konkreten Umsetzung der Marmelbahn haben, können ihnen verschiedene Tipps in einer Erste-Hilfe-Ecke zur Verfügung stehen. Das Angebot bietet dabei differenzierte Hilfestellungen auf verschiedenen Ebenen. Auf Tippkarten erhalten die Kinder sprachliche Impulse zum konkreten Bau von Geraden, Kurven und Stützen. In Tippboxen ist eine schrittweise dreidimensional dargestellte Anleitung zu finden (siehe Abb. 5). Zusätzliche Tippboxen enthalten vorgefertigte Materialien für die Herstellung von Kurven (Kopien zum Nachbasteln) und Stützen (Papprollen), die die Kinder zum Bau der Marmelbahn verwenden können.

Darüber hinaus kann das Material insgesamt reduziert werden (z. B. 10 statt 30 Bögen DIN A4-Papier à 160 g). Tipps können z. T. auch vor Beginn der Bauphase gemeinsam entwickelt werden. Und gezielte Zwischenreflexionen helfen, die Motivation kontinuierlich aufrecht zu erhalten.

Katharina Pollmeier



Abb. 4: Piktogramme und Fotos unterstützen das Lesen



Abb. 5: Eine Tippbox enthält eine dreidimensionale Darstellung einer Kurve; das Bauen wird durch Tippkarten erleichtert

Literatur

Erdogan, H. (2012): Wir bauen eine stabile Marmelbahn aus Papier. Unterrichtsentwurf zum 5.ten Unterrichtsbesuch im Fach Sachunterricht. Gelsenkirchen (unveröffentlicht).
 Lambert, A./Reddeck, P. (2007): Brücken – Türme – Häuser. Statisch-konstruktives Bauen in der Grundschule. In: Zolg, M./Wodzinski, R./Wöhrmann, H. (Hrsg.): Materialien für den

naturwissenschaftlichen und technischen Sachunterricht. Kassel: Kassel university press 2007, S. 191 – 211 und Anlage.
 Lemmen, K./Möller, K./Zolg, M. (2009): Klasse(n) kisten für den Sachunterricht. Ein Projekt des Seminars für Didaktik des Sachunterrichts im Rahmen von KiNT „Kinder lernen Naturwissenschaften und Technik“. Thema: Brücken – und was sie stabil macht. Essen: Spectra.

Quehl, T./Scheffler, U. (2008): Möglichkeiten fortlaufender Sprachförderung im Sachunterricht. In: Bainski, C./Krüger-Potratz, M. (Hrsg.): Handbuch Sprachförderung. Essen: Neue deutsche Verlagsgesellschaft, S. 66 – 79.
 Ullrich, H./Klante, D. (1994): Technik im Unterricht der Grundschule. Didaktische Grundlegung, Unterrichtsmodelle, Unterrichtsmaterialien. Villingen-Schwenningen: Neckar.

Name: _____

Datum: _____

Der Murmelbahn-TÜV



Eine Murmelbahn soll stabil sein.

Überprüft:

Wurden Profile verwendet?

Wenn ja, welche Profile?

Wurde das stabile Dreieck verwendet?

Wenn ja, wo genau?

Wenn verschiedene Testkugeln durch die Murmelbahn laufen, beobachten wir:

Die Murmel soll möglichst lange unterwegs sein.

Benutzt die Stoppuhr:

Wie viel Zeit benötigt die Murmel von oben bis unten?

Sollte die Murmelbahn noch verbessert werden?

Diese Tipps könnten dabei helfen:

