

Ein Drunter und Drüber, Mathematik von statischen Konstruktionen spielerisch erfahren.

Jürgen Richter-Gebert, TU München



ix-quadrat

Am Zentrum für Mathematik der Technischen Universität München gibt es seit November 2002 die mathematische Mitmachausstellung "ix-quadrat". Dort kann man spielerisch in Experimenten etwas über mathematische Strukturen wie Symmetrie, Ornamente, Statik, Chaos, Rechenmaschinen, etc. erfahren. In zunehmenden Maß wird die Ausstellung mittlerweile auch von Kindergärten und Erzieherinnen im Vorschulbereich frequentiert. Es erscheint zunächst überraschend, doch gerade der noch unvorbelastete Blick kleiner Kinder auf mathematische

Effekte und Strukturen bietet vielfältige Möglichkeiten für überraschende und sehr aktive Interaktionen. Hierbei sollte zunächst mit einem weit verbreitetem Missverständnis aufgeräumt werden: *Um Mathematik zu betreiben ist es nicht zwingend notwendig dass bereits ein Zahlenverständnis vorhanden ist.* Mathematik setzt viel mehr immer da an, wo Objekte zueinander in strukturierte Beziehung treten, seien es die Stränge eines geflochtenen Zopfes, seien es ein Bild und sein dazu symmetrisches Spiegelbild, seien es die sich wiederholenden Muster einer Tapete. Zählen, Messen, Wiegen sind eine Möglichkeit sich mit derartigen Strukturen auseinander zu setzen aber eben nur eine. Große Teile der Ausstellung ix-quadrat sind so angelegt, dass es möglich ist, die Effekte allein durch konkretes Experimentieren mit Exponaten zu erfahren. Gerade solche Ausstellungsteile sind hervorragend geeignet auch im vorschulischen Bereich eingesetzt zu werden. Exemplarisch soll hier ein Exponat herausgegriffen und näher erläutert werden, welches sich auch sehr gut zum Nachbauen eignet.



Brückenbauer

Die meisten Kinder durchlaufen eine Phase in der sie gerne mit Bauklötzen spielen. Die Vielfalt der Kombinationsmöglichkeiten, die Möglichkeiten "hoch zu stapeln" und an Extreme zu gehen, bieten einen großen Anreiz kreativ zu werden. Im ix-quadrat gibt es eine besondere Art von Bauklötzen, die sich eignet auf spielerische Art und Weise Leichtbaukonstruktionen zu entwerfen. Die Bauklötze sind alle identisch geformt und sind im Prinzip nichts anderes als längliche Holzplatten. Der Urvater einer solchen Leichtbaukonstruktion ist kein geringerer als Leonardo da Vinci, der in einer seiner zahlreichen Erfindungen eine Brücke entwarf, die sich einzig und allein aus Stangen (z.B. Baumstämmen) zusammen setzen lässt und die ein Vielfaches der Länge einer einzelnen Stange zu überbrücken vermag. Dabei ist aus-



ser den Stangen kein weiteres Zusatzmaterial nötig. Wie kann so etwas möglich sein? Die nebenstehende Abbildung (die direkt einem von Leonardos) Skizzenblättern entnommen ist, enthüllt das Geheimnis. Die Stangen werden auf geschickte Weise so miteinander verwoben, dass jede Stange mehrere der anderen Stangen trägt und zugleich selbst auf anderen Stangen wieder aufliegt. Auf den ersten Blick erscheint dieses System verwirrend und komplex. Es ist aber bei näherer Betrachtung "kinderleicht" und perfekt geeignet, um selbst von Vorschulkindern schnell nachgebaut zu werden. Man geht hierzu schrittweise folgendermaßen vor:



1



2



3



4



5



6

1. Das Material: Zunächst besorgt man sich mehrere Stangen der geeigneten Abmessungen. Für kleine Konstruktionen eignen sich am besten Stangen die *15cm lang, 15mm breit* und *5mm dick* sind. Man kann natürlich auch die Stangen entsprechend vergrößern z.B. *60cm lang, 6cm breit* und *15mm dick* (hierzu eignen sich z.B. einfach Dachlatten aus einem Baumarkt, die man auf entsprechende Länge sägt). Die Latten bezieht man am besten auf beiden Seiten mit Filzklebestoff (z.B. aus DCfix). Das kostet ein wenig, macht aber die Konstruktionen viel stabiler da es dann nicht so schnell rutscht.

2. Aller Anfang ist schwer: Nun beginnt der Brückenbau. Man legt zwei Stangen parallel nebeneinander, und eine Dritte darüber. Sodann verschränkt man zwei weitere Stangen so, dass die Konstruktion in Bild 2 nebenan entsteht. Die Konstruktion fängt an leicht an Höhe zu gewinnen.

3. Die nächste Etage: Drei weitere Stangen (zwei parallel und eine darüber) werden mit dem Rest der Konstruktion wie in Bild 3 verschränkt. Dadurch gewinnt die Konstruktion weiter an Höhe und die Längsstange in der Mitte berührt nun überhaupt nicht mehr den Boden,

4. Und so weiter: Und nun geht es weiter wie beim Stricken. Als nächstes baut man wieder zwei Stangen an (Bild 4), dann wieder drei (Bild 5), und so weiter. Am Ende hat man eine beachtliche Brückenkonstruktion erreicht, die ohne weiteres Material stabil hält. In Fachkreisen nennt man dies eine *Leonardobrücke*.

Auch wenn dies zunächst überraschend erscheint, selbst 4-6 jährige Kinder haben in aller Regel keine Probleme eine solche Brücke zu bauen. Sie müssen nur am Anfang ein wenig angeleitet werden. Die Erfahrung zeigt, dass ein kleines Kind die erste Brücke, die es zunächst mit Hilfe eines Erwachsenen gebaut hat, recht schnell wieder zerlegt und es noch einmal *ganz alleine* probieren will. Auch bietet die Konstruktion einer solchen Brücke hervorragende Sprechlätze, wenn ein Kind versucht dem anderen zu erklären, wie man eine solche Brücke baut. Eine konstruktive Exaktheit in der Sprache, gegenseitiges Demonstrationsverhalten,

eingehen auf die Verständnisschwächen des Anderen ergeben sich hierbei wie von selbst.



Kuppeldächer

Mit ähnlichen Konstruktionsprinzipien lassen sich noch ganz andere erstaunliche Bauwerke herstellen. Stellvertretend sei hier die Konstruktion eines einfachen Kuppeldachs beschreiben. Während sich die Leonardobrücke quasi nur in eine Richtung ausbreitet, erstreckt sich ein Kuppeldach über eine Fläche. Auch hier führt das Verschränkungsprinzip dazu dass die Konstruktion schnell an Stabilität und Höhe gewinnt. Die Nebenstehende Bildsequenz zeigt die ersten Schritte beim Bau eines solchen Kuppeldachs, man beginnt diesmal mit vier gegenseitig verschränkten Stangen. Und baut schrittweise wie in den Bildern gezeigt weitere Stangen an. Auch hier ist aller Anfang schwer, aber wenn das Grundprinzip erst einmal verstanden ist, geht es kinderleicht.



Das Spiel beginnt

Am Tag der offenen Tür der Münchner TU wurde für Kinder (und auch für Erwachsene) eine Bastelaktion rund um Leonardobrücken und Kuppeldächer angeboten. Zugegebenermaßen bestand die Aktion hauptsächlich darin, genügend Stangen verschiedener Größen zur Verfügung zu stellen und den Beteiligten zu Beginn die Bauprinzipien zu erläutern. Erstaunlich schnell entwickelte sich eine überraschende Eigendynamik. Die Kinder (alle Altersklassen zwischen 4 und 14) entwickelten schnell Methoden Brücken besonders steil zu bauen, Eingänge an Kuppeldächer zu setzen, Brücken und Dächer zu kombinieren. So entstand z.B. ein *Drei-Kind-Iglu* mit Eingang. Brücken wurden im weiteren Verlauf auf ihre Belastbarkeit getestet und zu Stühlen umfunktioniert. Später kam die Frage auf, ob sich eine solche Brücke nicht sogar so weit bauen

ließe, dass sie sich selbst schließt und daraus ein Rad wird. Dies wurde gleich durch ein praktisches Bauvorhaben nachgeprüft. Nicht zu unterschätzen ist bei solchen Aktionen, dass neben mathematisch strukturellem Grundverständnis, auch wertvolle Sekundäreigenschaften entwickelt werden: Zusammenarbeiten, sich verständlich machen, auf einander Rücksicht nehmen, Sorgfalt und Frustrationstoleranz.

