

# Backpacks: Ein greifbares Interface zur Beeinflussung von Bewegungen

Peter Lobner

Proseminar Mensch-Computer-Interaktion, Sommersemester 2007  
Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Informatik, Universität Ulm  
[peter.lobner@uni-ulm.de](mailto:peter.lobner@uni-ulm.de)

**Abstract.** Thema dieser Ausarbeitung ist ein neues Konzept, um Kindern auf spielerische Art physikalische Zusammenhänge näher zu bringen. Eingesetzt wird dabei das modulare Robotersystem Topobo, das von Wissenschaftlern am Massachusetts Institute of Technology entwickelt und um sog. *Backpacks* erweitert wurde. Grundlage dieser Ausarbeitung ist die Forschungsarbeit von Raffle, Parkes, Ishii und Lifton, die ihre Arbeit in „Beyond Record and Play, Backpacks: Tangible Modulators for Kinetic Behavior“ vorstellen.

## Einführung

Unter dem Begriff *Digital Manipulatives* versteht man allgemein alle Arten von manipulierbaren Gegenständen, die Digitaltechnik einsetzen. Insbesondere für pädagogische Zwecke ist dies interessant. Das Ziel hierbei ist es, Kindern Werkzeuge und Umgebungen zur Hand zu geben mit denen sie dynamische Systeme entwerfen können. Beim Experimentieren mit ihren selbstentwickelten Modellen überprüfen und erforschen Kinder dann das Zusammenwirken ihrer Teile. Hierfür werden von Entwicklern unterschiedliche Nutzungskonzepte eingesetzt. Diese reichen von der Programmierung der Modelle am PC bis zum *Record and Play* Ansatz, bei dem die Modelle von Hand bewegt werden und dann die aufgezeichneten Bewegungsmuster abspielen. Das System Mindstorms der Firma LEGO, das für seine flexiblen Nutzungsmöglichkeiten und die hohe Abstraktion vom eigentlichen Modell bekannt ist, verfügt z.B. über eine graphische Nutzeroberfläche mit der die gebauten Modelle am PC programmiert werden. Weil solche Systeme auf Parameterwerten basieren, können ihre Bewegungen sehr leicht verändert und auch genau justiert werden. Oft sind diese Systeme professionellen Entwicklungswerkzeugen nachempfunden und lassen es somit auch zu komplexere Modelle zu entwerfen.

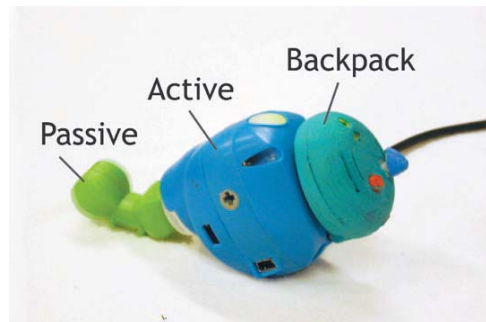
Allerdings unterscheiden sich solche Systeme in ihrem jeweiligen Interfacedesign und der Art und Weise wie die Bewegungen eines Modells erstellt werden ganz gravierend, weshalb sich „Neulinge“ erst in das System einarbeiten müssen. Das schwerwiegendere Problem ist aber, dass die eigentliche Generierung des Bewegungsablaufes völlig vom gebauten Modell entkoppelt ist.

Record and Play Systeme, die eine direkte Manipulation der Bewegungen am Modell erlauben, gelten daher als intuitiver für den Benutzer. Dies erleichtert und fördert den

Lernprozess bei Kindern. Nachteilig ist, dass diese Systeme nicht in gleichem Maße erweiterbar sind wie ihre programmierfähigen Pendants, was das Interesse des Nutzers auf längere Sicht hin mindern kann.

## Das Topobo – System

Topobo ist ein modular aufgebautes Record and Play System, das einen Speicher enthält um Bewegungen aufzunehmen und sie anschließend abzuspielen. Man unterscheidet dabei zwischen aktiven und passiven Teilen, die aneinander gesteckt werden um Modelle, wie z.B. einen Hund, zu bauen. Bei Passiven handelt es sich um einfache Plastikteile in verschiedenen Formen, die aktiven Parts besitzen dagegen einen Bewegungsspeicher, ein Kommunikationsinterface und einen Elektromotor und können damit angesteckte Teile bewegen. Das Prinzip ist einfach: Man nimmt sein Modell, bewegt die entsprechenden Teile und die aktiven Teile spielen die gespeicherte Bewegung anschließend ab. Dabei „merkt“ sich jeder aktive Part seine eigene lokale Bewegung. Ausschließlich mit aktiven und passiven Teilen kann ein Hundemodell z.B. dazu gebracht werden vorwärts zu laufen und gleichzeitig mit dem Schwanz zu wedeln. Zusätzlich gibt es noch spezielle aktive Teile, *Queens* genannt. Wird eine solche Queen verwendet, so imitieren alle angeschlossenen aktiven Teile die Bewegungen der Queen. Wird die Queen z.B. mit einer Kette von aktiven Teilen verbunden und für die Queen eine Biegebewegung abgespeichert, so ahmen die aktiven Teile die Bewegung der Queen nach und aus der Kette formt sich ein Kreis. Ein Kind baut also spielerisch ein Modell, verbiegt es wie es will, und beobachtet dann die daraus resultierende Bewegung. Allerdings kann es nicht in das „Programm“ der Bewegung eingreifen und es verändern, sondern muss dafür die gesamte Bewegung neu aufnehmen.



**Fig. 1.** Ein einfaches Topobomodell. [2] **Fig. 2.** Die Bestandteile des Topobosystems. [1]

## **Backpacks – eine sinnvolle Erweiterung für Topobo**

Topobo bietet zwar durch die direkte Manipulation am Modell ein greifbares Interface um Bewegungsabläufe zu entwerfen, im Gegensatz zu programmiergestützten Systemen fehlt aber der Zugriff auf einzelne Parameter um etwa den zeitlichen Versatz einer lokalen Bewegung im Vergleich zu einer anderen zu beeinflussen.

Damit Kindern das spielerische Lernen der physikalischen Hintergründe solcher Bewegungen erleichtert wird, musste Topobo um Komponenten erweitert werden, die es ermöglichen einzelne Parameter einer Bewegung zu verändern und zu analysieren. Dazu wurden von einer Gruppe Wissenschaftlern am MIT sog. *Backpacks* entwickelt, die als Bauteil in das Topobosystem integriert werden und dieses um Sensoren und rückgekoppelte und parametergesteuerte Bewegungskontrolle ergänzen. Backpacks werden beim Modellentwurf einfach mit aktiven und passiven Teilen zusammengesteckt und so in das Modell integriert. Am Backpack kann dann ein einzelner Bewegungsparameter verändert werden, der diesen an angesteckte, aktive Teile weitergibt und so deren Bewegung beeinflusst. Kinder haben durch den Einsatz von Backpacks nun auch die Möglichkeit nach Aufnahme einer Bewegung gezielt einzelne Änderungen am Bewegungsablauf vorzunehmen und die Auswirkungen auf das Gesamtsystem zu erkunden. Man kann zur Veranschaulichung der Funktion der Backpacks folgenden Vergleich ziehen:

Wenn ein Topobomodell (z.B. ein „Hund“) als Substantiv angesehen wird, so sind seine aufgenommenen Bewegungen die Verben (er „geht“) und die Backpacks sind die Adverbien („langsam“, „schnell“, „verzögert“,...)[1].

Durch den Zusammenschluss aller Funktionsweisen unter einem einheitlichen Design werden die Kinder ermutigt alle Möglichkeiten der Backpacks auszunutzen und ihre Resultate direkt miteinander zu vergleichen. Nur das später noch vorgestellte Sensorbackpack hat ein etwas abgeändertes Design, da es sich aufgrund seiner abweichenden technischen Ausstattung nicht anders realisieren ließ.

### **Technische Umsetzung**

Die Backpacks besitzen zwei Power/Kommunikationsports, eine Taste, einen 40Mhz PIC Prozessor und einen Drehknopf, über den die Bewegungsparameterwerte eingestellt werden. Sensorbackpacks haben anstatt des Drehknopfes Sensoren in Form zweier Fühleraugen, die auf das Umgebungslicht reagieren. Außerdem implementiert jedes Backpack ein *multichannel peer-to-peer*<sup>1</sup> Kommunikationsprotokoll, das ihnen erlaubt Nachrichten zu verarbeiten und durch die beiden I/O Ports zu senden. Dabei ist ein Port als Stecker ausgeführt mit dem der Backpack direkt an einem aktiven Teil von Topobo befestigt werden kann, der andere Port erlaubt eine Kabelverbindung zu entfernteren aktiven Teilen. Sind ein Backpack und ein aktiver Part verbunden, so meldet sich der Backpack dort an und teilt seine aktuellen Einstellungen oder Sensorwerte mit. In periodischen Zeitabständen überprüft der Backpack außerdem per Ping<sup>2</sup> ob er noch mit dem aktiven Part verbunden ist.

---

<sup>1</sup> Mehrkanalige Kommunikation unter gleichberechtigten Partnern in einem Netzwerk.

<sup>2</sup> Programm mit dem überprüft wird, ob ein Host im Netzwerk erreichbar ist.

## Die verschiedenen Modi und Parameter

Ein Backpack kann in drei verschiedenen Modi betrieben werden:

- Lokal: Der Backpack ist an einem aktiven Teil angebracht und beeinflusst nur ihn.
- Global: Die Backpacktaste ist gedrückt oder der Backpack ist an einer Queen befestigt. Dies hat zur Folge, dass er alle aktiven Teile eines Modells steuert.
- Verteilt: Der Backpack ist auf eine Queen gesteckt und seine Taste ist gedrückt. Der Backpack beeinflusst hier alle aktiven Teile, aber abhängig von der Zahl der Netzwerkverbindungen, die zwischen Queen und jeweiligem aktiven Teil liegen. Ist also ein aktiver Teil weiter von der Queen entfernt, so ist die Beeinflussung seiner Bewegung geringer, als wenn der aktive Part direkt an ihr befestigt ist.

Es gibt separate Backpacks zur Beeinflussung folgender Parameter:

- Langsamer/Schneller: Der Backpack ändert die Geschwindigkeit der Wiedergabe.
- Zeitverzögerung: Der Backpack ändert den Zeitpunkt, an dem ein aktiver Part seine gespeicherte Bewegung abspielt.
- Kleiner/Größer: Die Bewegungen können in ihrer Größe angepasst werden.
- Lichtsensorbackpack: Die Modelle interagieren mit ihrer Umwelt, da dieser Backpack mit einem Sensor ausgestattet ist, der auf Licht reagiert.

## Anwendungsbeispiele und Entwürfe von Kindern



Fig. 3. Kinder beim Spielen mit Topobo. [1]

Aus der Kombination oben genannter Modi und Backpacks ergeben sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten zur Erforschung physikalischer Phänomene, weshalb diese hier nur exemplarisch vorgestellt werden können. Das zugrunde liegende Prinzip ist hier immer der Bau eines Modells, seine Bewegung durch die Backpacks zu beeinflussen und resultierende Veränderungen zu untersuchen. Ein Beispiel sind etwa voneinander unabhängige Bewegungen. Nehmen wir an, wir haben

ein gehendes Hundemodell entworfen, das mit seinem Schwanz wedeln kann. Über ein Zeitverzögerungsbackpack kann nun versucht werden die beiden Bewegungen „gehen“ und „schwanzwedeln“ miteinander zu synchronisieren. Auch komplexere Abläufe können zeitlich durch den Einsatz solcher Backpacks gestaffelt werden. Kinder stellten beim Einsatz eines Langsamer/Schneller Backpacks fest, dass schnellere Bewegungen nicht immer zu einer Beschleunigung der Fortbewegung des Modells führen müssen, sondern diese sogar langsamer machen können. Auch kleinere oder größere Schritte, kontrolliert durch ein oder mehrere Kleiner/Größer Backpacks hatten ganz unterschiedliche Auswirkungen auf ihr Modell. Den Kindern wurde also beim Experimentieren das physikalische Prinzip der Resonanz veranschaulicht. Beim Einsatz von verteilt agierenden Backpacks in Kombination mit

einer Queen kann unter anderem beobachtet werden, wie sich die Bewegungen der Queen wellenartig über das Modell ausbreiten. Über das angeschlossene Backpack können dann Parameter wie Amplitude oder Wellenlänge verändert werden. Aus solchen Strukturen lassen sich deutlich komplexere aus von Queens gesteuerten Unternetzwerken bestehende Modelle bauen. Ein Tausendfüßler kann z.B. dadurch realisiert werden, dass eine Anzahl mit einer Queen vernetzter aktiver Teile eine durch ein Verzögerungsbackpack synchronisierte Laufbewegung vollführt. Ein zweites Netzwerk, könnte dann wie im letzten Beispiel beschrieben, die wellenartige Fortbewegung des Körpers nachahmen.

Lichtsensorkbackpacks werden normalerweise dafür eingesetzt um ein Modell auf eine Lichtquelle zusteuern zu lassen. Durch eine Veränderung der Sensorstellung kann der Vorgang aber umgekehrt werden und das Modell läuft vom Licht weg. Eine andere interessante Möglichkeit, die Backpacks bieten, ist das Prinzip der Rückkopplung bei Bewegungen zu nutzen. Dazu kann der Drehknopf des Backpacks über eine mechanische Verbindung am Körper eines Modells befestigt werden. Bewegt sich das Modell, so beeinflusst es gleichzeitig die Stellung des Drehknopfes, was interessante Rückkopplungseffekte in der Bewegung nach sich zieht.

### **Nutzerstudien**

Mit Kindern im Alter von sechs bis zwölf wurden in unterschiedlichem Rahmen Nutzerstudien durchgeführt um herauszufinden, wie Kinder mit Backpacks umgehen und ob diese wirklich helfen physikalische Zusammenhänge leichter zu verstehen. Bereits während der Entwicklung begann man mit den Studien. Kindern und Schülern wurde in lockerer Atmosphäre das System erklärt und fertige Modelle gezeigt. Anschließend hatten sie die Möglichkeit selbst Modelle zu entwerfen oder mit fertigen Modellen zu experimentieren und sie in ihre Einzelkomponenten zu zerlegen. Dabei standen die Entwickler ständig mit Rat und Tat zur Seite. Untersucht wurde inwieweit die Kinder das Konzept der Backpacks verstehen und es auch anwenden können. Es stellte sich heraus, dass alle Kinder in der Lage waren die Backpacks zu nutzen, wobei ältere Schüler ein tiefergehendes Verständnis entwickelten. Insbesondere bei jüngeren Kindern zeigte es sich, dass es ihnen leichter fiel mit den Backpacks zu arbeiten, wenn ihnen vorher funktionierende Modelle gezeigt worden waren. Augenscheinlichere physikalische Zusammenhänge, wie etwa beim Einsatz eines des Kleiner-Größer Backpacks konnten die Kinder leichter analysieren als etwa das Verhalten von Modellen die den Lichtsensor nutzten.

Die Kinder waren auch in der Lage die Zusammenhänge zwischen einzelnen Bewegungen und dem jeweiligen steuernden Backpack zu erkennen. Die Zusammenhänge bei einer Gesamtbewegung, die sich aus vielen solcher Einzelbewegungen zusammensetzte - etwa bei der wellenartigen Fortbewegung eines Tausendfüßlers - erkannten sie allerdings nicht. Ein weiterer wichtiger Aspekt war es zu beobachten wie Kinder Backpacks in den kreativen Prozess der Modellentwicklung miteinbezogen. Die Backpacks wurden von den Kindern tatsächlich in den schrittweisen Prozess der Bewegungsmodellierung integriert und gezielt eingesetzt um Bewegungen zu verändern. Die Schüler erkannten auch, dass sie Backpacks nutzen konnten um Bewegungen anzupassen ohne sie neu aufnehmen zu müssen.

Insgesamt zeigte sich, dass Backpacks Topobo logisch erweitern, da sie es Kindern durch ihre Steuerfunktion erleichtern Bewegungen zu analysieren. Kinder ab sieben Jahren verstanden, dass sie mit Backpacks die Bewegungen ihrer Modelle verändern konnten, Schüler ab 12 verstanden zusätzlich die konzeptuellen Rollen dahinter.

### **Der Lernerfolg**

Der eigentlich erzielte Lernerfolg beruht auf dem unkomplizierten Zugang den Topobo in Kombination mit Backpacks Kindern verschiedenen Alters bietet. Dennoch besitzt das System durch die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten der Backpacks in unterschiedlichen Modi und Wirkungsweisen ein breites Spektrum von Komplexitätslevel. Nutzer werden auf objektive Weise dazu angeregt über das nachzudenken, was sie sehen. Diese Erfahrungen kann ein Kind dann auf andere Systeme übertragen, z.B. auf programmierbare wie LEGO Mindstorms. Topobo und Backpacks bauen auf keinem mathematischen Modell auf, sondern bieten ein greifbares Interface bei dem Ein- und Ausgabe aneinander gekoppelt sind. Aus diesem Grund verstehen Kinder die durch Backpacks ermöglichte parametergesteuerte Programmierung und resultierende Bewegungen leichter und somit auch die physikalischen Zusammenhänge untereinander.

### **Schlussgedanken und Ausblick**

Das Prinzip, das hinter Backpacks steckt, sollte nicht nur auf das Topobosystem reduziert werden, sondern allgemeiner betrachtet werden. Backpacks sind nichts anderes als greifbare „Stellräder“ die es erlauben bestimmte Parameter eines Systems isoliert zu betrachten. Dieses Prinzip findet man z.B. auch in der Musikbearbeitung, etwa bei Audiofiltern. Die Ergebnisse der Audibearbeitung sind ähnlich wie bei Topobo in Echtzeit, da hörbar, nachprüfbar.

Die Entwickler von Topobo und den Backpacks arbeiten bereits an neuen Ideen. So wird überlegt gespeicherte Bewegungen unter verschiedenen Modellen austauschbar zu machen. In zukünftigen Studien wollen die Wissenschaftler zudem noch genauer erforschen wie Backpacks bei Kindern sinnvoll eingesetzt werden können und bessere Nutzungskonzepte entwickeln, die mehr auf den jeweiligen Entwicklungsstand eines Kindes zugeschnitten sind.

### **Literatur:**

1. Raffle, H., Parkes, A., Ishii, H., and Lifton, J.: Beyond record and play: backpacks: tangible modulators for kinetic behavior. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM Press, New York, (2006) 681-690.
2. Raffle, H. S., Parkes, A. J., and Ishii, H.: Topobo: a constructive assembly system with kinetic memory. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM Press, New York, (2004) 647-654.