

# Lego-Mindstorms im Physikpraktikum für das Lehramt Physik?

Thomas Frank, Karsten Jessen; Physikalische Praktika, LMU München

## Physikalische Projektversuche mit LEGO MINDSTORMS

### Offene Aufgabenstellungen

#### Selbstständiges:

- Erarbeiten der physikalischen Grundlagen
- Konstruieren eines Versuchsaufbaus
- Durchführen eines qualitativ und quantitativ aussagekräftigen Versuchs

&

Material für Schritt für Schritt Versuche vorhanden

Spielerischer Zugang/Keine Berührungängste

Einfache Programmerstellung

Direkte Umsetzbarkeit im Schulalltag

Kombinierbarkeit mit Drittanbietersensoren (Vernier)

### Themenauswahl baut auf dem Lehrplan der sechsstufigen Realschule auf

#### Mechanik<sub>[1,2]</sub>

- 1: Meistbehandelter Aspekt der Physik (insgesamt: ca. 52 h)
- 2: Bereits ab der siebten Klasse Lehrplanstoff

#### Wärmelehre (ideales Gasgesetz)<sub>[2,3]</sub>

- 1: Wird in der achten und neunten Jahrgangsstufe behandelt
- 2: Mathematische Beschreibung der Physik rückt in den Fokus

### Mechanikversuche

#### Einstiegsversuch: Gleichförmige Bewegung

- Roboter fährt auf ein Zielobjekt zu. Der Ultraschallsensor erfasst immer wieder den Abstand zu diesem.
- Darstellung der zurückgelegten Strecke gegen die Zeit, mit Hilfe der NXT 2.1 DATA LOGGING Software ergibt den erwarteten geradlinigen Kurvenverlauf.
- Anhand des in der NXT 2.1 DATA LOGGING Software enthaltenen Analysetools, wird die konstante Geschwindigkeit anhand der Geradensteigung ausgewertet.
- Vollständig in einem Tutorial der NXT 2.1 PROGRAMMING Software enthalten [4].
- Vermittelt Grundlagen die für die späteren Versuche von Nöten sind.



### Versuche zum idealen Gasgesetz

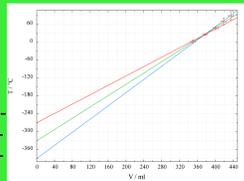
#### Isochore Zustandsänderung:

- Darstellung der Gerade durch den Auftrag von **T** gegen **P**.
- Ermittlung des absoluten Temperaturnullpunkts durch Extrapolation dieser bis zum Schnittpunkt mit der Temperaturachse.
- Ermittlung aus Gleichgewichtszuständen.
- Gute Ergebnisse für die Bestimmung des absoluten Temperaturnullpunkts



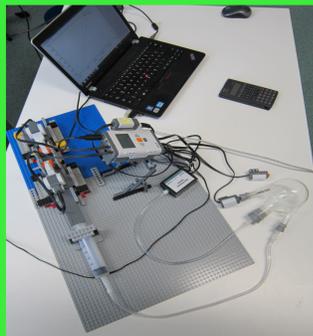
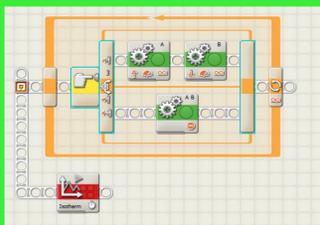
#### Isobare Zustandsänderung:

- Darstellung der Gerade aus **T/V-Wertepaaren**.
- Ermittlung des absoluten Temperaturnullpunkts auf der Celsiusskala durch Extrapolation dieser bis zum Schnittpunkt mit der Temperaturachse.
- Ermittlung aus GGW-Zuständen.
- Der theoretische absolute Temperaturnullpunkt liegt innerhalb der graphischen Unsicherheitsgrenzen des bestimmten.



#### Isotherme Zustandsänderung:

- Darstellung der Gerade durch Auftragen von **P** gegen **1/V**
- Bestimmung der Gaskonstante **R**
- Halbautomatisierter Aufbau
- Gerade konnte innerhalb der Unsicherheiten nachvollzogen werden
- Die Gaskonstante **R** erhält man in der richtigen Größenordnung. Die Werte werden zu kleineren Volumina immer ungenauer, jedoch weicht auch der schlechteste Wert nur 7% vom Literaturwert ab.



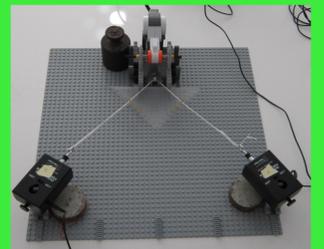
#### Reibung



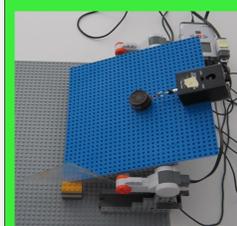
- Darstellung der Haftreibungs- und Gleitreibungsphase
- Ermittlung der Reibungskoeffizienten funktioniert sehr gut, ebenso die Darstellung der Haftreibungsphase mit Hilfe der NXT 2.1 DATA LOGGING Software.
- Schwierig ist die Realisierung eines Gleitreibungszustandes (dominanter Stick-Slip-Effekt). (Bild rechts: grüne Linie)
- Auf dem Einstiegsversuch aufbauend konstruiert und durch diverse Optimierungen verändert: (Schlitten für den Probekörper, Bahn zur Fixierung des Schlittens, Verminderung der Reibung durch Silikon-sprayeinsatz,...)

#### Kräfteparallelogramm

- Ermittlung der resultierenden Kraft aus zwei Kräften unter gleichem Winkel.
- Vergleich der zuvor bestimmten resultierenden Kraft mit seiner aus den Kräften der beiden Kraftarme berechneten.
- Einfacher Aufbau liefert vielversprechende Ergebnisse.
- Automatisierter Aufbau liefert weder die erwartete resultierende Kraft, noch zeigt sich eine annähernd symmetrische Aufteilung



#### Schiefe Ebene



- Ermittlung der Gewichtskraft eines Probekörpers, aus der gemessenen Hangabtriebskraft unter Variation des Neigungswinkels der schiefen Ebene.
- Automatisierter Aufbau mit Drehsensoren
- Erwarteter Wert liegt immer innerhalb der Unsicherheiten der Einzelergebnisse
- Große Unsicherheit der Winkelbestimmung in der Instabilität der Drehsensoren begründet

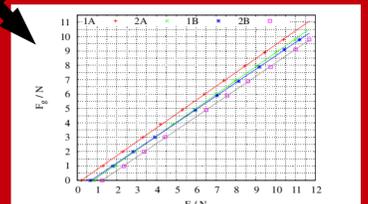
Messungen	1.	2.	3.	4.
$\alpha / ^\circ$	15(5)	20(4)	33(3)	45(2)
$F_{HA} / N$	0.45(2)	0.55(2)	0.70(3)	0.87(3)
$F_{HA} / N$	0.31(6)	0.40(7)	0.55(10)	0.71(13)
$F_g / N$	1.20(47)	1.17(32)	1.01(21)	1.00(19)

### Pro

Theorie konnte großteils experimentell bestätigt werden  
 Spielerische Vermittlung von experimenteller Erfahrung  
 Einfache Aufbauten als Einstiegsversuche umsetzbar

### Contra

- Individuelle Offsets bei der Kombination von Verniersensoren und NXT
- Instabilität des Drehsensors
- Hoher Zeitaufwand
- Limitierte Darstellungs- und Analysesoftware (DATA LOGGING)



[1]: <http://www.isb.bayern.de/download/9107/ph7.pdf>  
 [2]: <http://www.isb.bayern.de/download/9108/ph8.pdf>  
 [3]: <http://www.isb.bayern.de/download/9109/ph9.pdf>

[4]: Mindstorms Education, NXT Software v2.1 and The Lego Group, User Guide with Datalogging, CD-ROM. 2009-2010