

## LÖSUNGEN zu:

### Experimente zur raumzeitlichen Krümmung mit Alltagsgegenständen

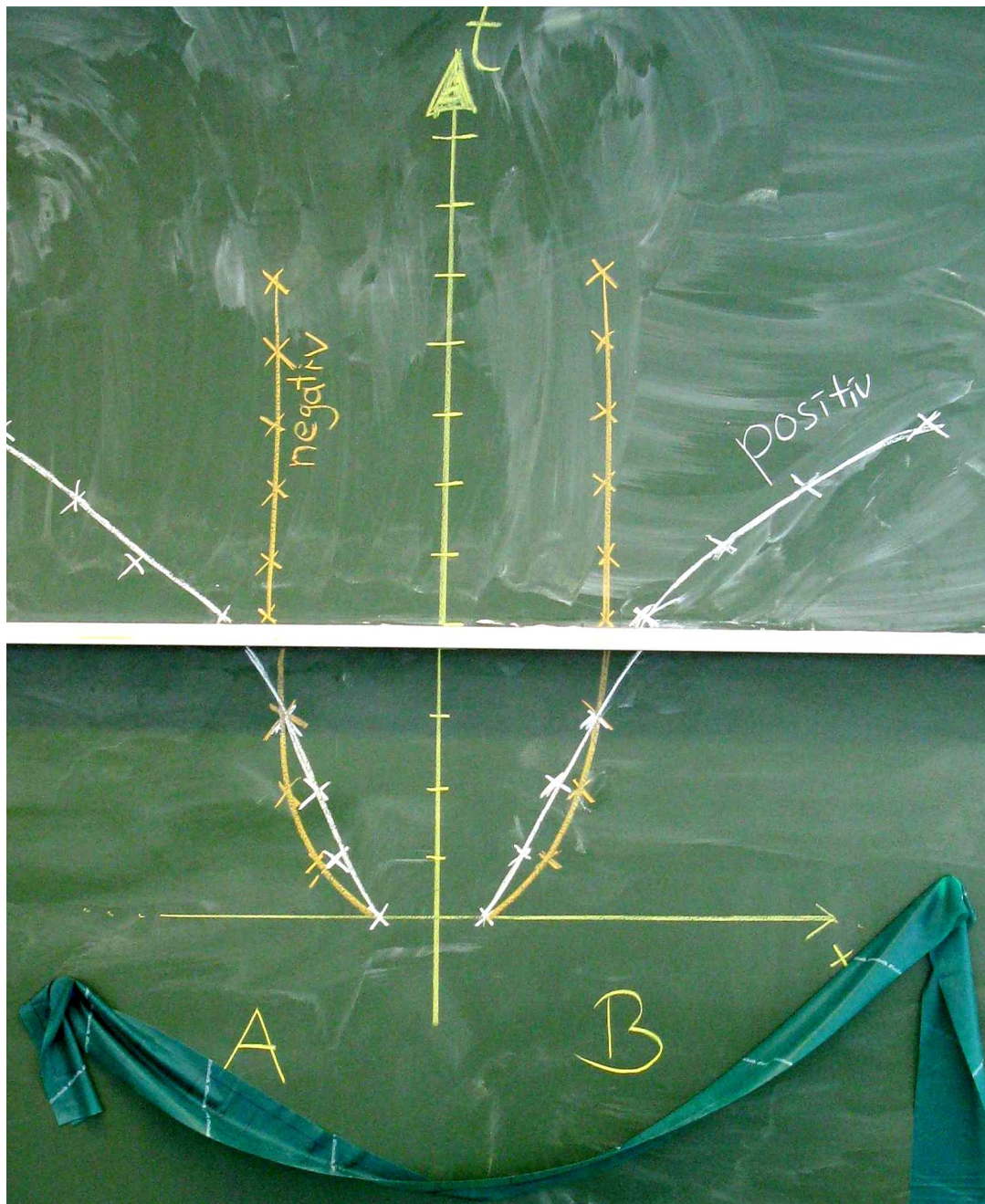
In Bezug auf den SuW-Beitrag „Kosmologische Kuriositäten“ von Elena Sellentin und Matthias Bartelmann in »Sterne und Weltraum« 2/2013, S. 32-43)

Elena Sellentin

#### Experiment 1: Das Gummiband

Die Winkelsumme des Dreiecks auf dem flachen Gummiband wird 180 Grad sein. Damit ist das Gummiband räumlich flach, was zu erwarten war, da man es - ohne dass es Falten wirft - auf einen ebenen Tisch legen kann.

Die verschiedenen raumzeitlichen Krümmungen lassen sich erzeugen, indem die Schüler die Stärke variieren, mit der sie das Gummiband in jedem Schritt dehnen. Anbei das Bild eines fertigen Tafelbildes.



## **Experiment 2: Der Luftballon**

Die Winkelsumme des Dreiecks auf dem Luftballon wird größer als 180 Grad sein. Damit ist der Ballon eine positiv gekrümmte Oberfläche.

Wichtig hierbei ist, dass das Dreieck sich wirklich um den Ballon herum wickelt: schaut man auf den Ballon, sollte man nie alle drei Ecken gleichzeitig sehen können. Das vereinfacht das Messverfahren ganz erheblich, und kleine Ungenauigkeiten sind bei solch einem großen Dreieck nicht mehr so wichtig. Bei kleinen Dreiecken kann es schnell passieren, dass der Ballon als „räumlich flach“ charakterisiert wird, weil die Messung der Winkelsumme zu ungenau war.

Auch hier können die verschiedenen raumzeitlichen Krümmungen durch eine Variation des Aufpustens erreicht werden. Schüler neigen dazu, den Ballon innerhalb von drei „Pustern“ komplett aufgeblasen zu haben. Man sollte sie darauf hinweisen, dass sie lieber in kleinen Schritten pusten mögen. Dann haben sie mehr Messpunkte.

## **Anwendungsaufgabe: Unser eigenes Universum**

Unser Universum ist räumlich flach, aber raumzeitlich krumm. Die raumzeitliche Krümmung macht sich an der beschleunigten Expansion bemerkbar, für deren Etablierung 2011 der Nobelpreis der Physik an Riess, Perlmutter und Schmidt verliehen wurde.