

# **laCtiPlex: Zelte aus Milchtüten – Kannste knicken!!!**

Pia Schaaf (11)

Chinara Servaty (11)

Klasse 6c

Thomas Morus Gymnasium, Daun

Carlos Servaty (14)

Klasse 9b

Peter Wust Gymnasium, Wittlich

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
2	Welche Zeltypen gibt es eigentlich? .....	3
3	Warum ist die Milchtüte (wasser-)dicht? .....	4
4	Aller Anfang ist schwer.....	5
4.1	Wie kann man ein Blatt Papier möglichst klein zusammenfalten? .....	5
4.1.1	Falten mit Papier .....	5
4.1.2	Ziehharmonika- bzw. Zickzackfaltung .....	6
4.2	Unser erster Versuch: ein zusammenfaltbares „Dreieckszelt“ .....	8
4.3	Modelle helfen uns weiter .....	8
4.4	CPC - Computata Complicata: Berechnung von eben zusammenfaltbaren Objekten	9
5	Hypothesen .....	10
6	Untersuchungen zur Überprüfung der verschiedenen Hypothesen .....	10
6.1	Welche Milchtüten sind geeignet? .....	10
6.2.	Welche Verschlüsse sind geeignet?.....	10
6.3	Welche Getränkekartonseite kommt nach außen bzw. nach innen? .....	11
6.4	Womit können die Milchtüten aneinandergefügt werden? .....	11
6.4.1	Nähen .....	11
6.4.2	Kleben mit verschiedenen Klebern und Klebebändern .....	11
6.4.3	Kleben mithilfe des Bügeleisens und des Heißluftföns .....	12
6.5	Wie müssen die Milchtüten aneinandergefügt werden? .....	12
6.6	Wie und warum werden die Milchtüten angeordnet? .....	13
6.7	Jetzt geht's endlich los: laCtiPlex – unsere Zelte aus Milchtüten.....	13
7	Eigenschaften des laCtiPlex im Vergleich zu einem herkömmlichen Zelt .....	15
8	Wie viele laCtiPlexe können wir in einem Jahr bauen? .....	16
9	Zusammenfassung der Ergebnisse und Bewertung unserer Idee .....	17
10	Literatur und Quellenverzeichnis .....	18
11	Danksagung .....	18

## 1 Einleitung

Für das Jugendzeltlager, das jedes Jahr in den Sommerferien in Oberöfflingen stattfindet, brauchten wir dringend ein Zweipersonenzelt. Denn wir hatten nur das kleine Spielzelt MURMEL<sup>1</sup> von Ikea. Da wir in unserer Freizeit bereits verschiedene kleine Dinge aus Milchtüten selbst hergestellt haben (siehe Abb. 1), wollten wir einmal etwas Großes basteln. Da kam uns die Idee, ein Zelt aus Milchtüten zu bauen, das wir auch für das Zeltlager verwenden können. In Getränkekartons für Milch sind mehrere, sehr dünne Lagen, die aus unterschiedlichen Stoffen wie z. B. Papier, Aluminium und Kunststoff bestehen, miteinander verbunden. Außen liegt jeweils eine wasserabweisende Kunststoffolie. Da heute viele Menschen Getränkekartons verwenden und diese anschließend wegwerfen, wird sehr viel Abfall verursacht. Daraufhin haben wir uns gedacht, dass wir die Tetrapak Getränkekartons wieder verwenden könnten (das nennt man auch Upcycling) und dadurch Abfall vermeiden. Sofort haben wir angefangen ein „Dreieckszelt“ (richtig heißt es Firstzelt) zu basteln. Als wir fertig waren, ist uns aufgefallen, dass es nicht stehen bleibt, sondern sehr viele Stützen dafür notwendig sind. Es war also sehr instabil. Daraufhin haben wir kleine Modelle gebastelt und gemerkt, dass es daran lag, wie wir die Milchtüten zusammengeklebt haben. Also haben wir von vorne angefangen und es besser gemacht. Für unser Projekt haben wir uns folgende Fragestellungen überlegt: Können wir ein Zelt aus Milchtüten herstellen, das wir möglichst klein zusammenfalten können? Können wir verschiedene Zeltformen aus Milchtüten herstellen? Kann jede Tütenart verwendet werden? Wie können wir die Milchtüten zusammenfügen (nähen, kleben)? Können die Verschlüsse der Milchkartons als Türverschlüsse genutzt werden? Welche Eigenschaften hat das Zelt im Vergleich zu einem gekauften Zweipersonenzelt (Gewicht, Stabilität gegenüber Regen, Sonne und Wind, leichter Auf- und Abbau, Isolierung)? Außerdem haben wir Carlos (Chinaras Bruder) gefragt, ob er eine Methode kennt, mit der man berechnen kann, ob ein Zelt zusammenfaltbar ist. Diese Untersuchungen und Berechnungen sind in unserem anderen Projekt „CPC – Computata Complicata: Mathe hilft Technik beim Falten“ ausführlich beschrieben. In einem Kunstbuch haben wir Faltechniken und gefaltete Objekte gefunden, die wir als Modelle für unsere Zelte genommen haben. Carlos hat mathematisch überprüft, ob sie zusammenfaltbar sind. Mithilfe seiner abgeänderten Faltpläne konnten wir schließlich verschiedene Zeltformen, wie z.B. ein Tunnelzelt oder ein Tipi bauen. Wir brauchten für ein Zweipersonenzelt 328 Milchtüten! Schließlich möchten wir unsere Zelte aus Milchtüten auch selbst zum Zelten nutzen und von verschiedenen Verbrauchern testen lassen. Unser Projekt heißt übrigens **laCtiPlex**, weil wir einen lateinischen Namen gesucht haben, der die Anfangsbuchstaben unserer Vornamen enthält und etwas mit Milchtüten zu tun hat. Unsere Lateinlehrerin Frau Merkt hat uns geholfen: Lactiplex ist eine Wortschöpfung und Verschmelzung aus den Wörtern **lactea** (Adjektiv zu *lac* „Milch“), **pellīcula** „Folie“ und **complicata** „gefaltet“, **-plex** „fältig“.



**Abb. 1: Geldbörsen, Taschen, Windlichter, Satteltaschen fürs Fahrrad, Blumenkästen und vieles mehr können aus Getränkekartons gebastelt werden.**

## 2 Welche Zelttypen gibt es eigentlich?

Moderne Zelte<sup>2</sup>, die beim Camping (*auch* Kampieren, von lat. *campus* „Feld“) und Trekking (von engl. *trek* „anstrengender Marsch“) verwendet werden, sind sehr leicht und wiegen weniger als 1500

<sup>1</sup> Spielzelt MURMEL der Fa. IKEA, Artikelnummer 700.277.70

<sup>2</sup> [de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_von\\_Zelttypen](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Zelttypen), letzter Abruf am 29.10.17.

Gramm pro Person. Früher gab es Zeltstangen aus Aluminium oder Holz, heute sind sie aus Metalllegierungen oder Fiberglas. Außerdem wird statt Baumwolle Nylon oder Polyester als Zeltstoff verwendet. Heutzutage verfügen Zelte über ein Innen- und Außenzelt, damit der Wasserdampf, der durch die Atemluft und durch Schwitzen entsteht, abgeführt werden kann. In dem Übersichtstext und zwei weiteren Artikeln<sup>3,4</sup> wurden folgende Zelttypen und deren Eigenschaften genannt:

Zelttyp	Vorteil	Nachteil
Kuppel- oder Igluzelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>* stabil bei Schnee und Wind</li> <li>* einfacher Aufbau (Wurfzelt möglich)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* relativ hohes Gewicht</li> <li>* Raum u. Kopffreiheit eingeschränkt</li> </ul>
Tunnelzelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>* sehr leicht</li> <li>* einfacher Aufbau</li> <li>* viel Innenraum für Gepäck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gegenüber Wind in Querrichtung weniger standfest</li> <li>* muss sorgfältig abgespannt werden</li> </ul>
Geodätisches Zelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>* sehr stabil bei Wind u. Schnee</li> <li>* guter Raum bei viel Kopffreiheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* etwas schwerer als Kuppelzelte</li> <li>* langwieriger Auf- und Abbau</li> </ul>
Firstzelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>* einfache Konstruktion</li> <li>* einfacher Aufbau</li> <li>* sehr geringes Packmaß</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* hohes Gewicht</li> <li>* wenig windstabil</li> <li>* Raum u. Kopffreiheit eingeschränkt</li> </ul>
Tipi (Kohte, Tschum)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Rauchabzugsloch für Feuer</li> <li>* sehr stabil, auch bei Schneelasten</li> <li>* gute Klimatisierung</li> <li>* gutes Raumangebot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* hohes Gewicht</li> <li>* mittlere Windstabilität</li> <li>* nicht dicht wegen Rauchabzugsloch</li> <li>* Transport ist aufwendig</li> </ul>

**Tab.1: Übersicht zu den verschiedenen Zelttypen mit deren Vor- und Nachteilen.**

Im Internet<sup>2</sup> haben wir eine Abbildung zur Geometrie (Abb. 2) gefunden.

**Uns haben das Kuppelzelt, das Tunnelzelt und das Firstzelt am besten gefallen.**



**Abb. 2: Geometrie typischer Zelte: Geodät (1), Kuppelzelt (2), Tunnelzelt (3), Firstzelt (4) und Pyramidenzelt (5).**

### 3 Warum ist die Milchtüte (wasser-)dicht?<sup>5,6</sup>

Der Getränkekarton ist eine Einwegverpackung für Getränke (wie z.B. Saft und Milch) und flüssige Nahrungsmittel (wie z.B. Tomatensauce, Schlagsahne). Er besteht aus verschiedenen Materialien, die laminiert sind (siehe Abb. 3). Der Karton verleiht die Form und Stabilität. Die innere Beschichtung und die Aluminiumzwischenlage schützen den Inhalt. Die äußere Beschichtung gibt dem Karton Schutz vor Durchnässung. Da wir im Zelt nicht nass werden wollen, eignen sich Milchtüten ideal als Material, da sie unter anderem auch **wasserdicht** sind. Diese Getränkekartons haben den Vorteil, dass sie prima zum Upcycling verwendet werden können. Diese Wiederverwertung von bereits vorhandenen Produkten reduziert die Verwendung von neuen Rohstoffen. Ein Recyclingprozess ist kompliziert, weil der Getränkekarton aus mehreren verschiedenen Schichten und Materialien besteht.

<sup>3</sup> [www.outdoor-magazin.com/service/Touren&Planung/Vor-\\_und\\_Nachteile\\_der\\_Zeltformen](http://www.outdoor-magazin.com/service/Touren&Planung/Vor-_und_Nachteile_der_Zeltformen), Abruf am 29.10.17.

<sup>4</sup> [www.outdoorfreunde.net/zelte/zeltformen/Welche\\_Zeltformen\\_gibt\\_es?](http://www.outdoorfreunde.net/zelte/zeltformen/Welche_Zeltformen_gibt_es?), letzter Abruf am 29.10.17.

<sup>5</sup> [de.wikipedia.org/wiki/Getr%C3%A4nkekarton](http://de.wikipedia.org/wiki/Getr%C3%A4nkekarton) und [www.tetrapak.com/de/packaging](http://www.tetrapak.com/de/packaging), letzter Abruf am 29.10.17.

<sup>6</sup> [www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/PTSPAPER/01\\_Ueber\\_uns/Dokumente/Veroeffentlichungen/2013/Kartonverpackungen\\_Strunz.pdf](http://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/PTSPAPER/01_Ueber_uns/Dokumente/Veroeffentlichungen/2013/Kartonverpackungen_Strunz.pdf), letzter Abruf am 29.10.17.

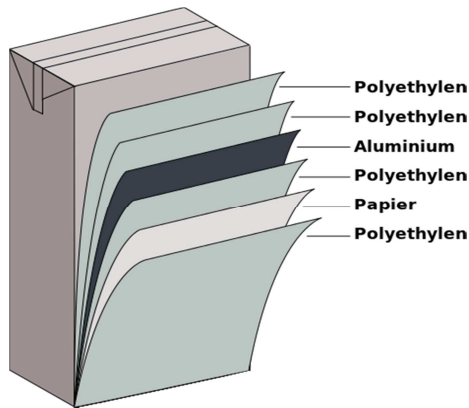
Bekannte Hersteller für Getränkekartons sind:

ELOPAK (Sitz Norwegen)

Italpak (Sitz Italien)

Tetra Pak (Sitz Schweiz)

SIG Combibloc (Sitz Schweiz)



**Abb. 3: Aufbau einer Tetra Brik Aseptic Milchtüte**

*Polyethylen = Kunststoff*

*Aluminium: statt Aluminium gibt es in manchen Verpackungen auch Karton*

*Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Getränkekarton*



**Abb. 4a und b: Böden (a) und Öffnungsvarianten<sup>5</sup> (b) von Getränkekartons.**

Es gibt verschiedene Formen von Getränkekartons, die je nach Hersteller auch eine unterschiedliche Verarbeitung haben.<sup>6</sup> So sind z.B. die Tetra Pak Tüten unten umgeknickt und verklebt, die Laschen der SIG Tüten dagegen sind am Boden nach innen verklebt (siehe Abb. 4a). Die Milchtüten sind rechteckig und haben schon in ihrer ursprünglichen Form Falten an den Ecken, am Boden und oben. Diese haben wir genutzt, um die Zeltplane später falten zu können (siehe Kap. 6.1 und 6.7). Das ging viel schneller, als mühsam neue Falten in die widerspenstigen Milchtüten zu knicken. Die Getränkekartons haben auch unterschiedliche Öffnungen und Verschlussvarianten. Bei den Drehverschlüssen variieren dabei Form und Durchmesser der verwendeten Schraubverschlüsse je nach verwendeter Tütenform (siehe Abb. 4b). **Fazit: Milchtüten sind wegen ihres Aufbaus wasserdicht. Wenn wir aus Milchtüten ein Zelt bauen können, können sie auf diese Art und Weise gut wiederverwendet werden (sog. Upcycling).**

## 4 Aller Anfang ist schwer

### 4.1 Wie kann man ein Blatt Papier möglichst klein zusammenfalten?

#### 4.1.1 Falten mit Papier

Zunächst falten wir ein Stück DIN A4 Papier 80g/m<sup>2</sup> und möchten es möglichst klein zusammenfalten. Um uns etwas beim Falten zu helfen, benutzen wir ein Hilfsmittel: ein Messer Makashi, Hanson

77748/01/53. Damit konnten wir die Kanten nachfahren.

Versuch	Vorgehen beim Falten	Bewertung
1	mit den Fingern in die gleiche Richtung falten	sehr unordentlich, runde Falkante
2	in die gleiche Richtung falten, die Falten mit Messer streichen	ging besser, die Falkante ist glatter und spitz
3	kurze Papierseite zickzackfalten und Falten mit Messer streichen	sehr ordentlich und sehr klein, die Falkanten sind entweder rund oder spitz
4	lange Papierseite zickzackfalten, die Falten mit Messer streichen	sehr, sehr klein und wellig, die Falkanten sind entweder rund oder spitz

**Tab. 2: Ein Stück Papier wird auf verschiedene Art möglichst klein zusammengefaltet.**

Wir haben folgendes beobachtet: Wenn man das Papier nicht zickzackfaltet, wird es sehr unordentlich und es ist nicht so klein gefaltet. Frage: Ist Versuch 4 besser als Versuch 3? Antwort: Jein, Versuch 4 ist nicht besser als Versuch 3, weil es welliger wird. Aber Versuch 4 ist kleiner und deshalb besser.



**Abb. 5a bis c: Wenn man das Papier zickzackfaltet und die Falten mit einem Messer glatt streicht, kann das Papier besser und kleiner zusammengefaltet werden.**

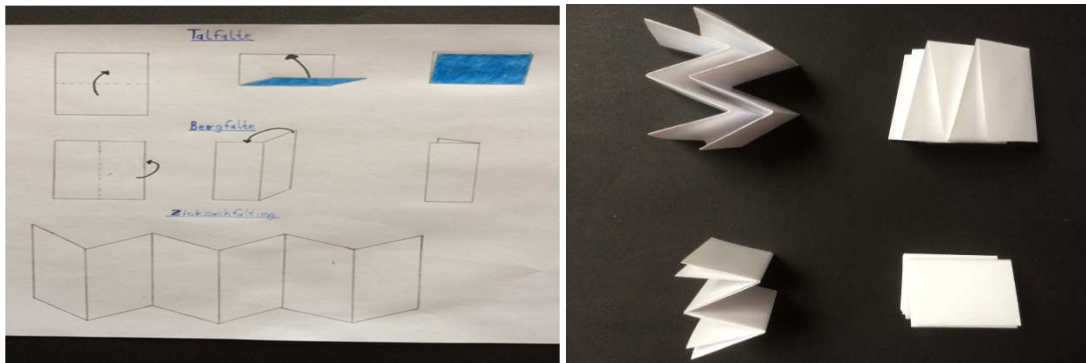
#### 4.1.2 Ziehharmonika- bzw. Zickzackfaltung

Wir sind auf die Zickzack-Falttechnik gekommen, weil wir uns Karten und Stadtpläne angeschaut haben und weil sich Chinaras Bruder in unserem zweiten Projekt über verschiedene Faltechniken informiert hat: Es gibt zwei Arten von Falten (siehe Abb. 6a): Bergfalten (hoch, nach oben stehend) und Talfalten (tief, nach unten stehend). Wenn man das Blatt umdreht, werden die Bergfalten zu Talfalten und umgekehrt. Zwei oder mehrere Falten schneiden sich in einem Punkt. Diesen Punkt nennt man Knoten. Wechseln sich Tal- und Bergfalten ab, entsteht die sog. Ziehharmonika- bzw. Zickzackfaltung, die in Abbildung 6a unten zu sehen ist. Eine solche Faltung versteift das gefaltete Material und erhöht dann dessen Stabilität<sup>7</sup>. Eine spezielle Form der Zickzackfaltung ist die Miura-Faltung<sup>8</sup>, bei der ein Papier zuerst in die eine, dann in die andere Richtung zickzackgefaltet wird (siehe Abb. 6b oben). Weil Stadtpläne in der Miura-Falttechnik<sup>9</sup> gefaltet sind und deshalb klein zusammengefaltet werden können, wollten wir zuerst die Miura-Faltung lernen. Aber sie hat einen Haken: Die Flächen zwischen den Falten sind Parallelogramme. Wenn wir die Miura-Falttechnik anwenden würden, müssten wir die Milchtüten in Parallelogramme schneiden und das wäre sehr viel Arbeit. Oder wir müssten die Milchtüten eng aneinanderkleben oder übereinander kleben und anschließend nach der Miura-Falttechnik falten. Das ist bei Milchtüten aber sehr schwierig, weil sie sehr steif und deshalb schwierig zu falten sind. Wir haben daraufhin weitere Versuche mit Papier durchgeführt, um zu sehen, ob wir das Papier

<sup>7</sup> [www.kids-and-science.de/experimente-fuer-kinder/detailansicht/datum/2009/08/11/die-bruecke-aus-papier-die-enormes-gewicht-aushaelt.html](http://www.kids-and-science.de/experimente-fuer-kinder/detailansicht/datum/2009/08/11/die-bruecke-aus-papier-die-enormes-gewicht-aushaelt.html), letzter Abruf am 5.11.17.

<sup>8</sup> [de.wikipedia.de/wiki/Miura-Faltung](http://de.wikipedia.de/wiki/Miura-Faltung), letzter Abruf am 1.11.17.

<sup>9</sup> <http://education.bionik-sigma.de/experimente/miura-faltung>, letzter Abruf am 27.11.17.

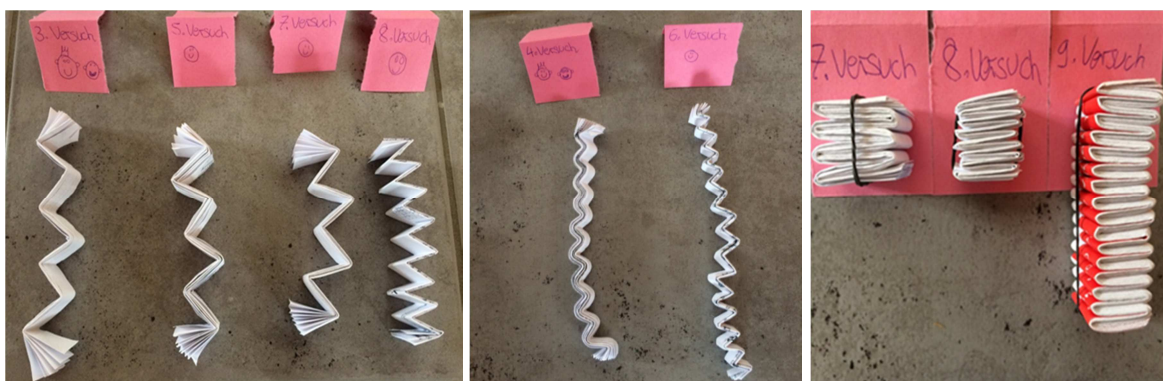


**Abb. 6a und b:** Durch Falten entstehen Berg- oder Talfalten (oben). In einer Ziehharmonika- oder Zickzackfaltung (a unten) wechseln sich Berg- und Talfalten ab. Ein Stück Papier ist in der Miura-Falttechnik gefaltet (Parallelogramme b oben rechts oder Rechtecke b unten rechts).

mit Zickzackfaltung kleiner falten können, wenn man Rechtecke (siehe Abb. 6b unten mit einem kleinen Papier) und nicht Parallelogramme als Flächen zwischen den Falten hat und das Messer als Hilfsmittel beim Falten verwendet.

Versuch	Vorgehen beim Falten	Bewertung
5	kurze Papierseite zickzackfalten und mit Messer streichen, danach aufklappen und in die andere Richtung zickzackfalten und mit Messer streichen	kleiner und welliger als Versuch 3. Die Breite der Zickzackfalten sind sehr unterschiedlich.
6	lange Papierseite zickzackfalten und mit Messer streichen, danach aufklappen und in die andere Richtung zickzackfalten und mit Messer streichen	nicht mehr welliger als Versuch 4 und die runden Kanten sind nun eckiger. Die Breite der Zickzackfalten ist sehr schmal.
7	kurze Papierseite mit <u>gleich breiten</u> Zickzackfalten falten und mit Messer streichen, danach aufklappen und in die andere Richtung zickzackfalten und mit Messer streichen	dicker als Versuch 8, weil es mehr Schichten hat, aber besser als Versuch 5 und 3.
8	<b>lange Papierseite</b> mit gleich breiten Zickzackfalten falten (breiter als Versuch 6) und mit Messer streichen, danach aufklappen und in die andere Richtung zickzackfalten und mit Messer streichen	hat mehr Falten als Versuch 7. 15 Falten sind besser als 7 Falten, weil es dünner als Versuch 7 ist und weil es weniger Schichten hat, <b>bis jetzt ist es der beste Versuch.</b>
9	Papiergröße 2 x DIN A3, <b>lange Papierseite</b> mit gleich breiten Zickzackfalten falten und mit Messer streichen, danach aufklappen und in die andere Richtung zickzackfalten und mit Messer streichen	Auch bei einem großen Stück Papier klappt die Faltung.

**Tab. 3: Weitere Faltversuche mit Papier.**



**Abb. 7a bis c:** Weitere Faltversuche mit Papier mit der Zickzackfaltung.

**Fazit: Die Versuche 7 bis 9 zeigen, dass man ein Papier auch in der Miura-Falttechnik, aber mit Rechtecken sehr oft falten kann. Deshalb werden wir es bei unserem Zelt aus Milchtüten genauso machen und es mit dieser Zickzackfaltung in zwei Richtungen zusammenfalten.**

#### 4.2 Unser erster Versuch: ein zusammenfaltbares „Dreieckszelt“

Zuerst berechnen wir, wie viele Milchtüten wir für ein Zweipersonenzelt benötigen (siehe Tab. 4).

Liegefläche für 1 Person: Größe von Pias Isomatte als Vorlage	200 cm x 60 cm
Größe einer Milchtüte	28 cm x 20 cm
Zeltlänge	200 cm : 28 cm = ca. 8 Tüten
Zeltbreite (doppelte Liegefläche der Isomatte)	120 cm : 20 cm = 6 Tüten
Zeltseite	6 x 8 = 48 Tüten
Dach (2 Zeltseiten) und Boden (1 Zeltseite)	3 x 48 Tüten = <b><u>144 Tüten</u></b>

**Tab. 4: Rechenschritte für die Anzahl der Milchtüten für unser erstes Dreieckszelt.**

Bei diesem Zelt fehlen noch die Zelttüren. Für den Bau benötigen wir folgende Materialien und Geräte:

- Tesapack® Verpackungsklebeband 4024 aus PP, transparent (2 Rollen) von der Fa. Tesa SE
- 3M Klebeband 396, 50 mm x 33 m, Polyester-Klebeband, Superbond (2 Rollen) von der Fa. 3M Deutschland GmbH
- Scheren und Schneidemaschine Dahle 564 der Fa. Novus Dahle GmbH & Co. KG zum Schneiden der Milchtüten
- Brieföffner der Fa. Tesa SE zum Schneiden der Klebebänder.



**Abb. 8a bis c: Unser erstes Milchtütenzelt (c) ist leider nicht stabil.**

Nachdem wir die aufgeschnittenen Milchtüten mit Regenwasser auf der Wiese gespült haben, schneiden wir sie und kleben sie mit einem Klebeband zusammen. Zwischen den Milchtüten ist ein Spalt (1-2 mm breit), der zum Falten genutzt wird. Leider bleibt das Dreieckszelt nicht stehen, sondern klappt zusammen. Wenn wir Zeltstangen verwenden, ist das Dach immer noch wackelig (siehe Abb. 8c). Wir können das Zelt aber zickzackförmig zusammenfalten.

#### 4.3 Modelle helfen uns weiter

Nachdem wir ein Dreieckszelt gebaut hatten, das aber immer wieder zusammengeklappt ist, wollten wir nicht direkt ein neues Zelt bauen, sondern erst Modelle. Denn hätten wir ein neues Zelt gebaut und das wäre wieder schief gegangen, hätten wir Klebeband verbraucht, das ja auch Geld kostet. Wir haben zuerst verschiedene Verpackungen für Süßigkeiten und Geschenke angeguckt und danach aus Milchtüten Modelle gebaut (siehe Abb. 9a und 9c jeweils linkes Modell). Mit den Modellen wollten wir



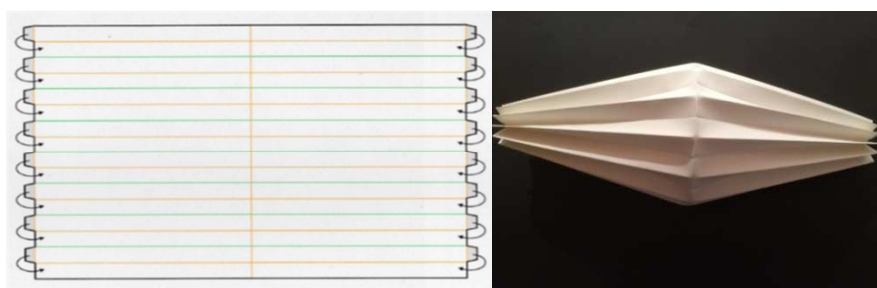


**Abb. 9a bis c: Wir haben uns Verpackungen angeschaut und sie dann als Modelle für ein Dreieckszelt und ein Tunnelzelt aus Milchtüten nachgebastelt.**

eine Tür für das Zelt finden und wir wollten herausfinden, warum unser Dreieckszelt zusammenklappt. Dazu haben wir die Milchtüte einmal senkrecht und einmal waagrecht in Streifen geschnitten und die Streifen mit Tesafilm zusammengeklebt. Bei den Modellen aus Streifen sind die Flächen eingedellt, beim Modell ohne Streifen ist die Fläche glatt. Das heißt, **die Spalten zwischen den Streifen machen das Modell instabil**. Also müssen wir ein Zelt ohne diese Spalten bauen. Wir beobachten diese eingedellten Flächen nicht nur beim dreieckigen Modell, sondern auch bei einem tunnelförmigen Modell (siehe Abb. 9c). Jetzt mussten wir uns überlegen, wie wir die Milchtüten richtig aneinanderkleben. Das beschreiben wir in Kap. 6.5.

#### **4.4 CPC – Computata Complicata: Berechnung von eben zusammenfaltbaren Objekten**

Als wir feststellten, dass es nicht so einfach ist, ein Zelt aus Milchtüten zu bauen, fragten wir Chinaras Bruder, ob er uns bei unserem Projekt helfen könnte. Carlos hat nämlich schon öfter bei Jugend forscht mitgemacht und ist gut in Mathematik. Carlos überlegte, ob er an einem Faltpfad für ein Zelt berechnen kann, ob das Zelt zusammengefaltet werden kann. In einem Kunstbuch<sup>10</sup> fanden wir einen Faltpfad für ein Modell, das ein Tunnelzelt werden könnte (siehe Abb. 10b). Aber wir wussten nicht, ob das geht und ob das Zelt dann steht und zusammengefaltet werden kann. Wenn Carlos uns helfen könnte, könnten wir wieder mit Modellen Zelte nachstellen und mit diesen Modellen prüfen, ob sie stabil sind und zusammengefaltet werden können. Unser zweites Projekt heißt deshalb „Computata complicata: Mathe hilft Technik beim Falten“. **Computata Complicata**<sup>11</sup> ist Lateinisch und bedeutet „berechnetes Gefaltetes“. Auch dieser Name enthält die Anfangsbuchstaben unserer Vornamen Carlos, Pia und Chinara.



**Abb. 10a und b: Faltpfad (gelbe Linien = Bergfalten, grüne Linien = Talfalten) und gefaltetes Modell<sup>10</sup>, das wir als Tunnelzelt bauen könnten.**

<sup>10</sup> Jackson, Paul: Von der Fläche zur Form. Falptechniken im Papierdesign, S. 92f, Bern 2011.

<sup>11</sup> Für die richtige Übersetzung fragten wir unsere Lateinlehrerin Frau Merkt.

## 5 Hypothesen

Für unsere Versuche und Untersuchungen stellten wir folgende Hypothesen auf:

**Hypothese 1:** Jede Milchtüte ist für den Bau eines Zelttes geeignet.

**Hypothese 2:** Verschlüsse von Milchtüten können beim Zelt genutzt werden, z.B. als Türverschlüsse, für die Befestigung des Zeltbodens, für die Verankerung des Zelttes mit Schnüren und Heringen.

**Hypothese 3:** Beide Seiten der Milchtüte können Innen- und Außenseite des Zelttes sein.

**Hypothese 4:** Die Milchtüten lassen sich mit unterschiedlichen Methoden aneinanderfügen.

**Hypothese 5:** Die Milchtüten können beliebig aneinandergesetzt werden.

**Hypothese 6:** Die Milchtüten können beliebig angeordnet werden.

**Hypothese 7:** Zickfaltung erhöht die Stabilität.

**Hypothese 8:** Mithilfe der Zickzackfaltung in 2 Richtungen kann das Zelt zusammengeklappt werden.

**Hypothese 9:** An einem Faltpapier für ein Zelt kann berechnet werden, ob das Zelt zusammengeklappt werden kann.

## 6 Untersuchungen zur Überprüfung der verschiedenen Hypothesen

### 6.1 Welche Milchtüten sind geeignet?

Milchtüten haben verschiedene Arten von Böden: Tetra Pak und EloPak Tüten sind am Boden mit „Flügeln“ verschlossen, dagegen sind SIG Tüten unten verschweißt (siehe Abb. 4a). Die verschweißten Tüten muss man mit einem Cuttermesser aufschneiden, ein normales Messer reicht nicht aus. Das ist sehr schwierig und es gibt auch keine gerade Schnittkante. Sie lassen sich problemlos und ohne zu beschädigen aufschneiden. Außerdem haben diese Milchtüten den Vorteil, dass wir ihre Falten an den Ecken und vor allem auch am Boden nach dem Aufschneiden der Milchtüte nutzen können, um die Zeltplane später in zwei Richtungen falten zu können. Das geht viel schneller, als mühsam neue Falten in die widerspenstigen Milchtüten zu knicken. **Fazit: Geeignete Tüten mit diesen „Flügeln“ heißen Tetra Brik® (Edge), Tetra Brik® Aseptic (Edge und Mid) sowie EloPak Roll Fed.**

### 6.2 Welche Verschlüsse sind geeignet?

Für diese Versuche schneiden wir den Kunststoff einer Verschlussöffnung ab und versuchen nun den Verschluss einer anderen Milchtüte durch diese Öffnung zu stecken. Anschließend wird der Deckel des zweiten Verschlusses aufgeschraubt. Diese Kombination muss beim Ziehen halten und verschlossen bleiben. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Abb. 11 zu sehen. So konnten wir für das Verschließen der Tür einen besonderen „Kniff“ anwenden: Bei Frischmilch aus dem Kühlregal werden Tüten mit SimplyTwist™ 34 verwendet. Diese Öffnung wird abgeschnitten und über den Verschluss von Weihenstephan gelegt, der WingCap™ 30 heißt und eine größere Grifffläche dank der Umklappflügel (Bezeichnung laut Tetra Pak) hat. Diese Kombination ist die Beste: die Zelttür kann leicht von außen und innen geöffnet und verschlossen werden. Da diese neue Verschlussvariante gerade erst eingeführt wurde, hatten wir nicht genügend Milchtüten, um sie auch für die Laschen zur Befestigung der Zickzackfalten zu verwenden. Stattdessen haben wir - wie beim Basteln von Geldbörsen aus Milchtüten - mit einer Nagelschere ein Loch in die Lasche geschnitten, durch das der Milchtütenverschluss passt, auf den dann der Deckel geschraubt wird und so den Geldbeutel verschließt (siehe Kap. 6.7, Abb. 14g und h).

**Fazit: Die beste Kombination ist WingCap™ 30 mit SimplyTwist™ 34. Für die Befestigung der Zeltstäbe und des Zeltbodens sowie für die Ösen der Heringe können wir die Verschlüsse aller Milchtüten benutzen, weil hier keine Kombination aus zwei Verschlüssen notwendig ist.**



**Abb. 11a bis e: Zuerst nennen wir den Namen des Verschlusses mit Deckel, dann den Namen der Öffnung. Ungeeignete Kombinationen sind**

- LightCap™ 24 mit sich selbst (a),**
- LightCap™ 30 mit SimplyTwist™ 34 (b),**
- LightCap™ 30 mit sich selbst (c).**

**Eine gute Kombination ist LightCap™ 30 mit LightCap™ 24 (d) und die beste Kombination ist WinaCap™ 30 mit SimplyTwist™ 34.**

### 6.3 Welche Getränkekartenseite kommt nach außen bzw. nach innen?

Beim Aufklappen der verklebten oberen und unteren „Flügel“ der Milchtüte wird der Kunststoff der bedruckten Milchtütenuußenseite verletzt. Auf der silbernen Aluminiumseite gibt es keine Beschädigungen der Oberfläche. In das Zelt soll keine Feuchtigkeit eindringen und das soll innen trocken bleiben. **Fazit: Deshalb kann die Außenseite der Milchtüte nur als Innenseite des Zeltes verwendet werden, da Wasser und Feuchtigkeit die Milchtüte sonst aufweichen könnte.**

### 6.4 Womit können die Milchtüten aneinandergefügt werden?

#### 6.4.1 Nähen

Ich (Chinara) habe die Milchtüten mit der Nähmaschine zusammengenäht. Aber als es zu viele Milchtüten waren, passten sie nicht mehr durch den Näharm der Nähmaschine. Die Milchtüten können nämlich nicht wie Stoff zusammengeknüllt werden. Pia kam auf die Idee, es mit Klebeband zu versuchen. Außerdem hat die Nähmaschine Löcher in die Milchtüten gestochen. Dadurch könnte Regenwasser fließen und das Zelt wäre dann undicht.

#### 6.4.2 Kleben mit verschiedenen Klebern und Klebebändern

Beim Basteln mit Milchtüten haben wir immer verschiedene Flüssigkleber (z.B. Pritt Bastelkleber der Fa. Henkel oder Sekundenkleber der Fa. Tesa SE) verwendet. Diese Kleber sind aber nicht wasserfest und deshalb für unseren Zeltbau ungeeignet. Dasselbe gilt für Klebestifte. Wir haben verschiedene Klebebänder getestet und herausgefunden, dass ein Klebeband der Firma 3M Deutschland GmbH besonders gut ist. Es heißt 3M Klebeband 396, 50 mm x 33 m, Polyester-Klebeband, Superbond. Das 3M Klebeband haben wir auf der äußeren Zeltseite benutzt, weil es wasserfest und wetterstabil ist. Auf der Innenseite des Zeltes haben wir ein Klebeband der Firma Tesa SE benutzt. Es heißt Tesapack® Verpackungsklebeband 4024 aus PP, transparent. Das Kleben mit Klebeband hat den folgenden Vorteil: An der Schnittkante der Milchtüte ist der Karton der Milchtüte nicht mehr mit der wasserdichten Plastik- und Aluminiumfolie bedeckt. Wenn wir das Klebeband darüber kleben, schützt es den Karton und das Regenwasser kann dann nicht mehr den Karton aufweichen.

**Fazit: Wir fügen die Milchtüten mit Klebeband aneinander, am besten ist 3M Klebeband 396.**

### 6.4.3 Kleben mithilfe eines Bügeleisens oder eines Heißluftföns

Da das 3M Klebeband sehr teuer ist und wir keine zusätzlichen Materialien zum Kleben verwenden wollen, haben wir nach einer anderen Methode gesucht. Als wir uns über den Aufbau der Milchtüte informierten, sahen wir in Abb. 3, dass Milchtüten auf beiden Seiten eine Kunststoffolie haben. Wir stellten uns nun die Frage, ob wir diese Kunststoffolie erwärmen können, damit sie so klebt, wie ein Heißkleber oder wie Bügelperlen, die wir vom Basteln kennen. Zum Erwärmen der Milchtüten sind uns zwei Methoden eingefallen: Entweder eignet sich ein Bügeleisen oder ein Heißluftfön.

Unsere Versuche waren erfolgreich: Mit dem Bügeleisen konnten wir sogar Stoffe zum Verzieren aufbügeln. Beim Zusammenschweißen der Milchtüten half uns Chinaras Papa, weil der Fön schwer ist und sehr heiß wird (350°C). Wir fanden heraus, dass man die Milchtüten an der Schnittkante umknicken muss und dann erst auf eine andere Milchtüte verschweißt, damit der Karton an der Schnittkante vor Feuchtigkeit und Wasser geschützt ist.

### 6.5 Wie müssen die Milchtüten aneinandergesetzt werden?

In unseren ersten Modellen haben wir Sahnetüten einmal nebeneinander und einmal übereinander geklebt und zu einem Dreieckszelt zusammengeklebt (siehe Abb. 12a, links übereinander, rechts nebeneinander (Spalt 1-2mm)). Wir haben keinen Unterschied bei der Stabilität festgestellt. Beide Zeltmodelle stehen. Erst als wir die gleichen Modelle mit Milchtüten gebaut haben, klappte das Modell mit den Klebebandspalten zusammen (Abb. 12b links). Das andere bleibt zwar stehen, aber es knickt auch etwas an der waagerechten Milchtütenfalte zusammen (Abb. 12b Mitte). Daraufhin haben wir ein Modell aus einem großen Stück Milchtütenfolie (ohne Klebenähte und ohne Milchtütenfalten, Abb. 12b rechts) gebaut, weil wir nur den Einfluss der Modellgröße auf die Stabilität sehen wollten. So beobachteten wir Folgendes: **Je größer das Modell bzw. die Fläche ist, desto instabiler wird das Zelt.** In Kapitel 4.1.2 haben wir erwähnt, dass die Zickzackfaltung Stabilität verleiht. Deshalb haben wir bei unserem nächsten Modellversuch Dreieckszelte mit Zickzackfalten aus Milchtüten gebaut<sup>12</sup>, um zu sehen, ob sie dadurch stabil werden. Die beiden Modelle in Abbildung 12c zeigen uns, dass man in einem Dreieckszelt eine Zickzackfalten einfügen muss, damit das Zelt stabil wird und stehen kann.

**Fazit: Für den Zeltbau werden die Milchtüten übereinander geklebt, so dass keine Klebebandspalte zwischen den Milchtüten vorliegt. Eine Zickzackfaltung erhöht die Stabilität.**



**Abb. 12a bis c: Modelle aus Sahnetüten (a) und Milchtüten (b links und Mitte sowie c mit Zickzackfaltung) und ein Modell aus einem Stück Milchtütenfolie<sup>13</sup> (b rechts).**

<sup>12</sup> Eine Faltvorlage für ein Dach haben wir in [10] auf Seite 144 gefunden, die Carlos in unserem zweiten Projekt so verändert hat, dass daraus ein Dreieckszelt gefaltet werden kann. Siehe auch Kap. 6.7 Abbildung 14d.

<sup>13</sup> Das Stück Milchtütenfolie haben wir von Herrn Mattonet (Fa. Arla Foods Deutschland GmbH) bekommen.

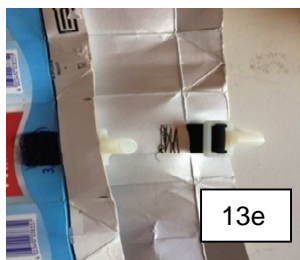
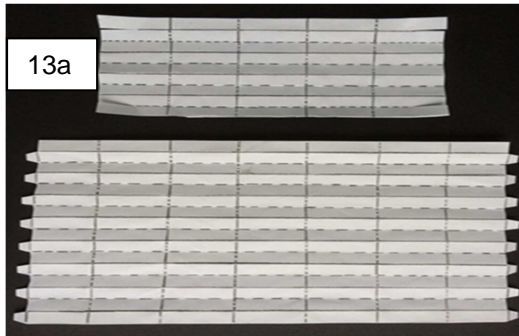
## 6.6 Wie und warum werden die Milchtüten angeordnet?

Weil wir die Milchtüten nun übereinander kleben und deshalb keine Klebebandspalte zum Falten mehr haben, wollen wir die Falten der Milchtüten zum Zusammenfallen des Zeltes nutzen. Da wir hierfür in zwei Richtungen zickzackfalten, müssen die waagerechten und senkrechten Falten der Milchtüten in einer Linie sein. Wenn man die aneinandergeklebten Milchtüten zickzackfaltet, sind die Zickzackfalten wie eine Dachrinne, über die das Regenwasser ablaufen kann. **Fazit: Die Milchtüten müssen in alle Richtungen gerade übereinander geklebt werden.**

## 6.7 Jetzt geht's endlich los: laCtiPlex – unsere Zelte aus Milchtüten

Endlich können wir unser laCtiPlex bauen. Die aufgeschnittenen Milchtüten werden gespült und zugeschnitten (28 cm x 22 cm, mit Bodenfalte der Tüte). Wir verwenden wieder die Geräte und Materialien wie in Kap. 4.2. Abb. 13a oben zeigt den Faltpfad für den Zeltboden, unten ist der Faltpfad für das Tunnelzelt aus Abb. 10b zu sehen, den Carlos verändert hat. Die durchgezogenen Linien sind Bergfalten, die gestrichelten Linien sind die Talfalten. Carlos hat in den ursprünglichen Faltpfad (Abb. 10a) noch senkrechte Berg- und Talfalten eingezeichnet, damit wir das Zelt klein zusammenfalten können. Abb. 13b zeigt, wie wir die Milchtüten aneinanderkleben müssen. Weil wir viele Milchtüten mit einem unterschiedlichen Aufdruck hatten, wollten wir ein schönes Muster legen. Das Innenzelt sieht dann schön aus. Die Buchstaben bezeichnen verschiedene Milchanbieter, die kleinen Punkte bezeichnen die Milchtütenverschlüsse. Die äußeren links- und rechtsseitigen Verschlüsse halten die Zickzackfalten zusammen. Sie werden wie die Geldbeutelverschlüsse gebastelt (siehe Abb. 13g und h), was wir in Kap. 6.2 beschrieben haben. Die oberen und unteren Verschlüsse werden als Ösen für die Heringe und zum Befestigen des Zeltbodens verwendet. In die beiden Verschlussreihen neben der grünen Linie werden die beiden Zeltstangen des Spielzelts geschoben. Die Verschlüsse an der Zelttür können von außen und innen geöffnet und verschlossen werden. Weil dafür einige Milchtüten mit der bedruckten Seite auf die Zeltaußenseite müssen, wird eine Plane aus 12 Milchtüten als Regenschutz über die Zelttür gespannt. An den restlichen Verschlüssen bei den Milchtüten „B“ und „St“ in der Mitte des Zeltes werden die Zeltseile befestigt (siehe Abb. 13f). In Abb. 13c ist der Faltpfad mit den blauen Linien über den Anordnungsplan der Milchtüten gelegt und soll zeigen, dass die Faltpfade auf den Milchtütenfalten liegen. Zuerst mussten wir die Halterungen für die Zeltstangen mit Gummiband an die sind (siehe Abb. 13e). Danach klebten wir die Milchtüten in der Reihenfolge zusammen, wie es im Anordnungsplan gezeichnet ist. Insgesamt benötigten wir 328 Milchtüten. Zum Aufbau des Zeltes müssen wir die Zeltplane in der Länge zickzackfalten und diese Falten mithilfe der links- und rechtsseitigen Verschlüsse befestigen (Abb. 13g und h). Danach schieben wir die Zeltstangen vorsichtig in die Öffnungen und einer drückt von innen die Falten nach außen. Jetzt müssen wir unbedingt die Gurte (das sind Tragegurte von Sport- und Computertaschen) in den Gummis der Zeltstangenhalterungen befestigen, weil ansonsten die Halterung der Zeltstange ausreißen könnte (siehe Abb. 13i). Abb. 13j zeigt unser laCtiPlex, Abb. 13k zeigt das Zeltinnere ohne Zeltboden, Abb. 13l das Zeltinnere mit dem Zeltboden. Zum Abbau müssen die seitlichen „Geldbeutelverschlüsse“ unbedingt wieder geöffnet werden, damit wir die Zeltstangen gut herausziehen und das Zelt zusammenfalten können (siehe Abb. 13m und n).

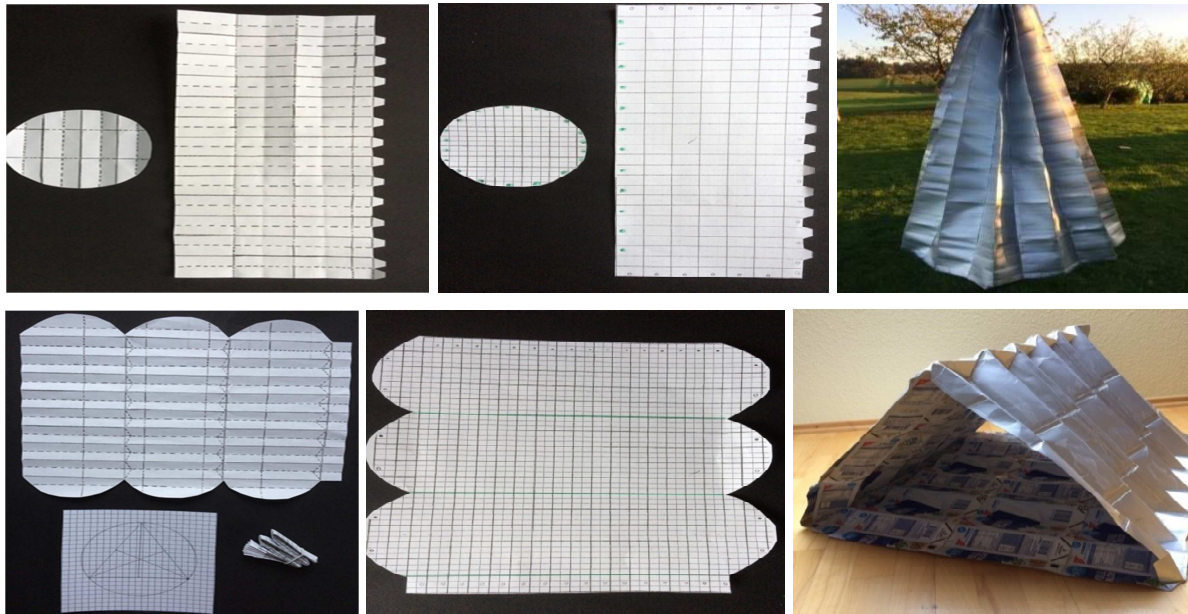
Wenn man die Hälfte des Faltpfades für unser Tunnelzelt nimmt, kommt man zu einem Tipi (siehe Abb. 14a bis c). In dem Kunstbuch<sup>10</sup> haben wir auf Seite 144 eine Vorlage für ein Dach mit Zickzackfaltung gefunden. In unserem zweiten Projekt konnte Carlos den Faltpfad so verändern, dass daraus der Faltpfad für unser Dreieckszelt (Firstzelt) entstand. An den Faltpfad für das Dach wurde ein drittes Feld für den Zeltboden und 6 Kissesegmente als Zelttüren drangehängt (Abb. 14d oben). Anschließend wurden die Berg- und Talfalten ergänzt (Abb. 14d oben). Das Firstzelt (Abb. 14f) kann zusam-



**Abb. 13a bis n: Die Bilder zeigen den Bau eines laCtiPlex aus 328 Milchtüten am Beispiel des Tunnelzelts (vom Faltpfan bis zum Abbau (Zusammenfalten) des fertigen Zelts).**

mengefaltet werden (Abb. 14d unten rechts). Da alle drei Zeltseiten gleich lang sind, hat man an den beiden Zeltöffnungen ein gleichseitiges Dreieck. Wenn man den Umkreis zu diesem gleichseitigen

Dreieck konstruiert (siehe Abb. 14d unten), erhält man die Kreissegmente als Zelttüren.



**Abb. 14a bis f: Faltpläne, Anordnungspläne der Milchtüten und laCtiPlex für ein Tipi und ein Firstzelt (beim Zelt (f) müssen noch die Türen drangeklebt werden).**

## 7 Eigenschaften des laCtiPlex im Vergleich zu einem herkömmlichen Zelt

Nun vergleichen wir unser selbstgebautes Milchtütenzelt mit einem herkömmlichen Zelt. Zum Messen der Längen verwenden wir einen Zollstock (max. 200 cm), zum Wiegen eine Solarbriefwaage (MAUL tronic S, 0-100g d = 0,5g/ 100-200g d = 1g, Fa. Maul GmbH) und einen Personenwaage (SANITAS Typ SGS 03, max. 150 kg, d = 100g, Fa. Hans Dinslage GmbH).

	<b>laCtiPlex</b>	<b>Voyager 200 der Fa. open air, Artikelnr. 35261001</b>
Zelttyp	Tunnelzelt	Kuppelzelt
Personenanzahl	2 – 3	2
Gewicht mit Zubehör (Stangen etc.)	9 121 g = 9,121 kg	1333 g = 1,333 kg
Material	Milchtüten	wasserdichter Stoff
Größe H x L x B	110 cm x 282 cm x 206 cm	105 cm x 205 cm x 140 cm
Größe nach dem Falten (Packgröße)	49 cm x 65 cm x 28 cm	11 cm x 62 cm x 12 cm
Preis mit Klebeband	141,96 € (siehe unsere Rechnung)	20 €
Preis ohne Klebeband	3,04 € (siehe unsere Rechnungen)	

**Tab. 5: Vergleich des laCtiPlex mit einem herkömmlichen Zweipersonenzelt.**

### Berechnung der Materialkosten für unser laCtiPlex:

**Spülwasser:** Wir haben im Durchschnitt 250 ml Wasser zum Spülen einer Milchtüte verbraucht. Wir haben mit Regenwasser gespült. Wir berechnen nun, wie viel man für das Spülwasser bezahlen müsste, wenn wir Trinkwasser benutzt hätten. 1 m<sup>3</sup> Spülwasser (= 1000 l) kosten 3,46 €<sup>14</sup>. Für unser

<sup>14</sup> Informationsblatt zu den Entgeltbescheiden für Wasserversorgung/Abwasserbeseitigung von den VG-Werken Wittlich-Land vom 23.02.17, S. 1/1, jeweils für 1 m<sup>3</sup>: Wasser 1,18€ zzgl. 7% Mehrwertsteuer, Schmutzwasser

Tunnelzelt kostet das Spülwasser:  $250 \text{ ml} \times 328 \text{ Milchtüten} = 82\,000 \text{ ml} = 82 \text{ l Spülwasser}$ .  $82 \text{ l} \times 3,46 \text{ €} : 1000 \text{ l} = 0,28 \text{ €}$ .

**Zeltbau mit Klebeband:** Wir haben 4 Rollen 3M Klebeband (je 33,24 €) und 3,5 Rollen Tesaklebeband (je 2,49€) verbraucht. Insgesamt sind es also  $0,28 \text{ €} + 4 \times 33,24 \text{ €} + 3,5 \times 2,49 \text{ €} \approx 141,96 \text{ €}$  Kosten für das verwendete Material.

**Zeltbau ohne Klebeband:** Weil uns diese Kosten zu hoch waren, haben wir ja nach einer anderen Methode gesucht, wie wir die Milchtüten aneinanderkleben können. Wenn wir die Milchtüten mit einem Heißluftfön aneinanderschweißen, benötigen wir 106 Sekunden für zwei Schweißnähte. Der Heißluftfön von Fa. Leis braucht für  $350^\circ\text{C}$  1 kW. 1kWh kostet 0,2855 €.<sup>15</sup> Für unser Tunnelzelt entstehen folgende Stromkosten:  $106 \text{ s} \times 328 \text{ Milchtüten} : 3600 \text{ s} \times 1 \text{ kW} \times 0,2855 \text{ €} \approx 2,76 \text{ €}$ . Mit Spülwasser sind es also  $0,28 \text{ €} + 2,76 \text{ €} = 3,04 \text{ €}$  Kosten.

Wir haben bei unseren Berechnungen den Stundenlohn oder Maschinenkosten noch rausgelassen, weil wir noch klären müssen, ob die Herstellung des Zeltes maschinell erfolgen könnte oder ob das Zusammenfügen der Milchtüten nur von einer oder zwei Personen gemacht werden kann.

#### **Nachteile des laCtiPlex:**

- Es braucht mehr Platz im Schrank und ist schwerer.
- Für den Aufbau benötigt man mindestens 3 Personen und etwas Geschick und Stärke zum Auseinanderdrücken der Falten, weil die Milchtüten etwas widerspenstig sind.
- Für den Zeltbau benötigt man zusätzliches Material und Wasser: Die Milchtüten müssen mit teurem, gut klebendem Klebeband zusammengeklebt werden. Sie müssen gespült werden.
- Die Zelttür ist etwas sperrig, besser wäre ein Klettverschluss oder ein Reißverschluss. Dieser müsste aber so eingenäht werden, dass kein Regenwasser ins Zelt gelangt. Eine zusätzliche, darüberliegende Plane sorgt für einen besseren Regenschutz.

#### **Vorteile des laCtiPlex:**

- Es bietet viel Platz für die Personen.
- Defekte Milchtüten können einfach ersetzt werden, indem man neue Milchtüten einsetzt.
- Die Zeltplane und der Zeltboden können ordentlich zusammengefaltet werden.
- Milchtüten können wiederverwendet werden, das Upcycling von Milchtüten ist möglich.

Im laCtiPlex wird es so warm, dass man es an warmen Tagen immer wieder lüften muss, an kalten Tagen kann das aber auch ein Vorteil sein. Z.B. könnte man im Winter mit unserem Milchtütenzelt zelten gehen. Unser Tunnelzelt besteht aus zwei Teilen: Das hat den Vorteil, dass man den Zeltboden auch als Picknickdecke verwenden kann. Der Nachteil ist, dass man beides zusammen aufbewahren sollte, damit man den Zeltboden fürs nächste Zelten nicht vergisst. Außerdem sollte man die beiden Teile kennzeichnen, damit man sie beim Aufbau nicht verwechselt.

## **8 Wie viele laCtiPlexe können wir in einem Jahr bauen?**

Nun wollten wir noch wissen, wie viele Zelte wir aus den Milchtüten bauen könnten, die unsere Milchtütensammler in einem Jahr verbrauchen. Aus der durchschnittlichen Milchtütenzahl haben wir berechnet, wie viele Tunnelzelte wir bauen könnten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 aufgeführt und

---

2,20 €.  
<sup>15</sup> laut Stromabrechnung 2017 der Fa. Westnetz.



zeigen, dass man aus Müll neue Produkte herstellen kann und unsere Zelte eine Möglichkeit für das Upcycling von Milchtüten bieten.

	Bungert Küche und Cafeteria	Hotel Panorama	Durchschnitts- familie
MT-Verbrauch pro Woche	78	42	15
MT-Verbrauch pro Jahr	4056	2184	780
Anzahl laCtiPlex pro Jahr	≈ 12	≈ 7	≈ 2

**Tab. 6: Anzahl der Tunnelzelte, die pro Jahr gebaut werden könnten. MT steht für Milchtüte.**

## 9 Zusammenfassung der Ergebnisse und Bewertung unserer Idee

Folgende Ergebnisse haben wir bei unseren Untersuchungen zu unseren Hypothesen gefunden:

**Hypothese 1:** Man kann nur die Milchtüten verwenden, die am Boden „Flügel“ haben, das sind Tetra Brik® (Edge), Tetra Brik® Aseptic (Edge und Mid) und Elopak Roll Fed.

**Hypothese 2:** Für das Befestigen der Zeltstäbe und Zeltschnüre sowie für die Ösen der Heringe konnten wir alle Milchtütenverschlüsse benutzen. Dagegen konnten wir zum Befestigen des Zeltbodens und zum Verschließen der Zelttür nur bestimmte Kombinationen verwenden: Am besten eignet sich die Kombination WingCap™ 30 mit SimplyTwist™ 34.

**Hypothese 3:** Beim Aufklappen der oberen und unteren „Flügel“ wird der Kunststoff der bedruckten Milchtütenußenseite verletzt. Deshalb kann die Außenseite der Milchtüte nur als Innenseite des Zeltes verwendet werden, da Wasser und Feuchtigkeit die Milchtüte sonst aufweichen könnten.

**Hypothese 4:** Die Milchtüten können nur mit wasserfesten und sehr gut klebenden Klebebändern aneinandergesetzt werden, damit das Zelt zusammenhält und auch an den Klebenähten wasser- und luftdicht ist.

**Hypothese 5:** Eine gute Stabilität wird erreicht, wenn die Milchtüten übereinander geklebt werden und dadurch keine Klebebandspalte zwischen den Milchtüten vorliegt (sie wirkt wie eine schwache Stelle).

**Hypothese 6:** Die Milchtüten müssen in alle Richtungen gerade übereinander geklebt werden, damit die Falten der Milchtüte (an Ecken und am Boden) für das Falten des Zeltes genutzt werden können.

**Hypothese 7:** Wir konnten am Beispiel des Dreieckszelts (Firstzelts) mit verschiedenen Zeltmodellen zeigen, dass eine Zickzackfaltung die Stabilität erhöht und dadurch ein Firstzelt nicht zusammenfällt.

**Hypothese 8:** Wir können unser laCtiPlex zusammenfalten, weil wir die Zickzackfaltung als Faltechnik verwendet haben: Es wird nacheinander in zwei Richtungen zickzackgefaltet.

**Hypothese 9:** Die Ergebnisse unseres zweiten Projekts „Computata complicata – Mathe hilft Technik beim Falten“ zeigen, dass man an einem Faltpfad für ein Zelt berechnen kann, ob das Zelt zusammengefaltet werden kann. Man kann Faltpfade verändern und sogar auch Faltpfade für verschiedene Zeltformen entwickeln. Wir konnten verschiedene Zeltformen aus Milchtüten bauen und so ein Upcycling von Milchtüten zeigen. **Mit manchen Ergebnissen sind wir noch nicht ganz zufrieden:** An unserem Zelt stört uns die sperrige Zelttür. Statt der Milchtütenverschlüsse würden wir beim nächsten Mal einen Klettverschluss oder Reißverschluss so einnähen, dass kein Wasser eindringen kann. Außerdem würden wir zum Befestigen der Zickzackfaltung die optimale Kombination von WingCap™ 30 mit SimplyTwist™ 34 als „Geldbeutelverschluss“ an den beidseitigen Laschen verwenden, weil wir dann keine Löcher mit einer Nagelschere in die Milchtüten schneiden müssen und die Pappe dort vielleicht aufweichen könnte. Mit dem Zusammenfügen der Milchtüten sind wir besonders unzufrieden, weil wir zusätzliches und teures Material (Klebeband) verbrauchen mussten. Wir wollen deshalb nach einer besseren Alternative suchen. Leider haben wir es nicht geschafft, unser laCtiPlex rechtzeitig für

das Jugendzeltlager 2017 fertigzustellen. Aber wir werden es auf jeden Fall beim nächsten Jugendzeltlager 2018 benutzen.

## 10 Literatur und Quellenverzeichnis

- [de.wikipedia.org/wiki/Origami](https://de.wikipedia.org/wiki/Origami), letzter Abruf am 1.11.17.
- [de.wikipedia.org/wiki/Liste\\_von\\_Zelttypen](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Zelttypen), letzter Abruf am 29.10.17.
- [www.outdoor-magazin.com/service/Touren&Planung/Vor-\\_und\\_Nachteile\\_der\\_Zeltformen](http://www.outdoor-magazin.com/service/Touren&Planung/Vor-_und_Nachteile_der_Zeltformen), letzter Abruf am 29.10.17.
- [www.outdoorfreunde.net/zelte/zeltformen/Welche\\_Zeltformen\\_gibt\\_es?](http://www.outdoorfreunde.net/zelte/zeltformen/Welche_Zeltformen_gibt_es?), letzter Abruf am 29.10.17.
- [de.wikipedia.org/wiki/Getr%C3%A4nkekarton](https://de.wikipedia.org/wiki/Getr%C3%A4nkekarton), letzter Abruf am 29.10.17.
- [www.tetrapak.com/de/packaging](http://www.tetrapak.com/de/packaging), letzter Abruf am 29.10.17.
- [http://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/PTSPAPER/01\\_Ueber\\_uns/Dokumente/Veroeffentlichungen/2013\\_Kartonverpackungen\\_Strunz.pdf](http://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/PTSPAPER/01_Ueber_uns/Dokumente/Veroeffentlichungen/2013_Kartonverpackungen_Strunz.pdf), letzter Abruf am 29.10.17.
- [www.kids-and-science.de/experimente-fuer-kinder/detailansicht/datum/2009/08/11/die-bruecke-aus-papier-die-enormes-gewicht-aushaelt.html](http://www.kids-and-science.de/experimente-fuer-kinder/detailansicht/datum/2009/08/11/die-bruecke-aus-papier-die-enormes-gewicht-aushaelt.html), letzter Abruf am 5.11.17.
- [de.wikipedia.de/wiki/Miura-Faltung](https://de.wikipedia.de/wiki/Miura-Faltung), letzter Abruf am 1.11.17.
- <http://education.bionik-sigma.de/experimente/miura-faltung>, letzter Abruf am 27.11.17.
- Jackson, Paul: Von der Fläche zur Form. Falttechniken im Papierdesign, Bern 2011.
- Informationsblatt zu den Entgeltbescheiden für Wasserversorgung/Abwasserbeseitigung von den VG-Works Wittlich-Land vom 23.02.17, S. 1/1.
- Stromabrechnung 2017 der Fa. Westnetz.

## 11 Danksagung

Wir bedanken uns sehr herzlich bei:

- ✿ unseren Eltern für die vielen Fahrten zu unseren Forschungstreffen
- ✿ unserem Nawilehrer Herrn Reifer für seine Betreuung
- ✿ unserer Lateinlehrerin Frau Merkt für die Übersetzung
- ✿ unserer Mathematiklehrerin Frau Blaum für das Korrekturlesen der Arbeit
- ✿ Familie Hallebach, Familie Weiler, Chinaras Oma, Carlos' Godi, Gabi, dem Küchen- und Cafeteria-team der Bungert Shoppingcenter OHG in Wittlich, besonders Edelgard Metzen sowie Hotel Panorama in Daun für das Sammeln der vielen Milchtüten
- ✿ Herrn Mattonet und Marie Strunk (Auszubildende) von der Arla Foods Deutschland GmbH in Pronsfeld für die Milchtütenrollen für unser Leporello und die Milchtütenfolie ohne Falten
- ✿ Frau Weschler von der Elopak GmbH in Speyer für die Information zu den Namen der Getränkekartons und für die kleinen Getränkekartons mit Milchkuhaufdruck
- ✿ Herrn Krämer von der Hochwald Foods GmbH in Thalfang für die kleinen Milchtütenrollen.