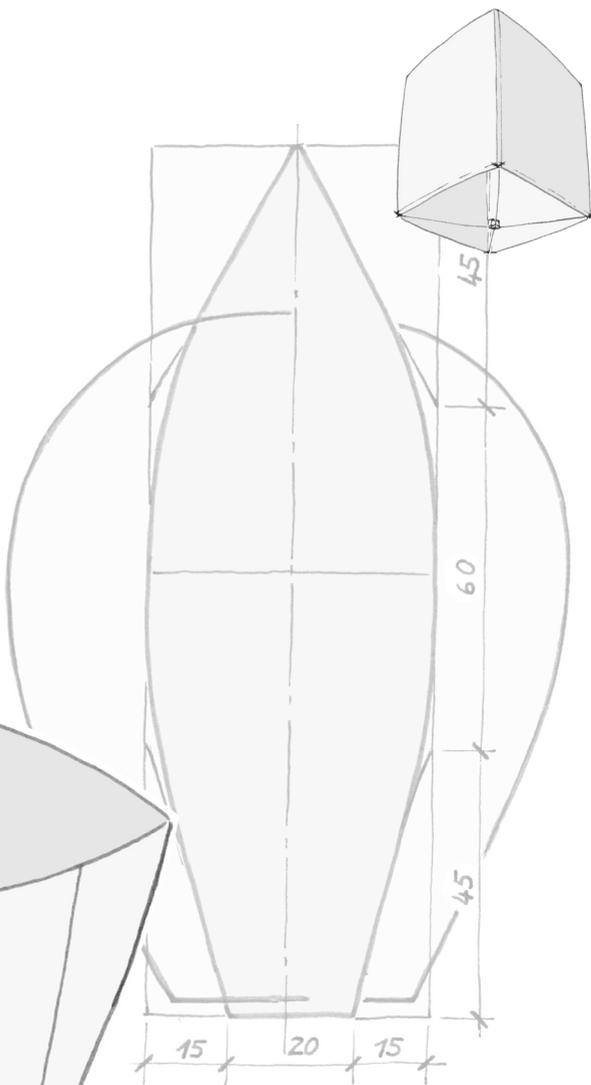
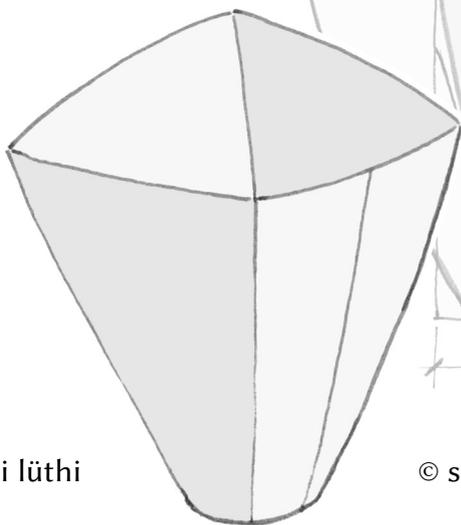
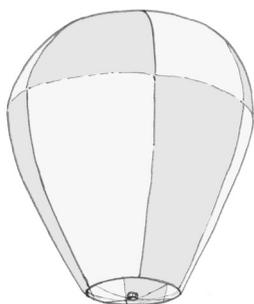


# heissluftballone

bauen  
und  
verstehen



ueli lüthi

© september 2012 by querKultour

das vorliegende heft ist ein auszug aus einer etwas umfangreicheren publikation über aerostatik, aerodynamik und flugmechanik für bastler. diese ist noch in arbeit, sollte aber in kürze bei [querKultour.ch](http://querKultour.ch) angeboten werden.

alle für den bau der hier vorgestellten ballone benötigten angaben sollten vorhanden sein. die zusatzinfos sind aber sehr knapp gehalten.

falls du dich näher für die grundlagen des ballon- und flugmodellbaus interessierst, schau doch ab und zu mal auf [querKultour.ch](http://querKultour.ch) rein. ich plane, dort neben klaren bauanleitungen viele hintergrundinfos und anregungen zum weitertüfteln anzubieten – auch zu anderen themen...



# achtung!

wer mit feuer spielt, sollte wissen, was er tut!

einen heissluftballon solltest du nie nach einer langen trockenperiode aufsteigen lassen.

der startplatz und die nächste umgebung (vor allem in aufstiegsrichtung – ballone fahren mit dem wind...) muss frei von brennbarem wie häuser, wald, dürres gras... sein.

falls mit brennsprit geheizt wird, vor dem anzünden unbedingt die flasche wegstellen. nach dem zünden nie brennbare flüssigkeiten nachgiesen.

du solltest deinen ballonen vor dem start immer mit einer telefonnummer oder adresse versehen – falls du wissen willst, wo dein ballon landet, bitte den finder, sich zu melden (bei schwachem wind genügt auch ein fahrrad...)

natürlich bist du für deine handlungen selber verantwortlich. als autor muss ich jede haftung ablehnen...

## **inhalt**

einfachster heissluftballon aus seidenpapier	6
heizung / brennstoff	8
eine bessere hüllenform	9
heissluftballon aus 'rettungsdecken'	10
...und wie könnte es jetzt weitergehen?	12
ein paar zusätzliche infos	14

# einfachster heissluftballon aus seidenpapier

für den bau des kleinen seidenpapierballons brauchst du:

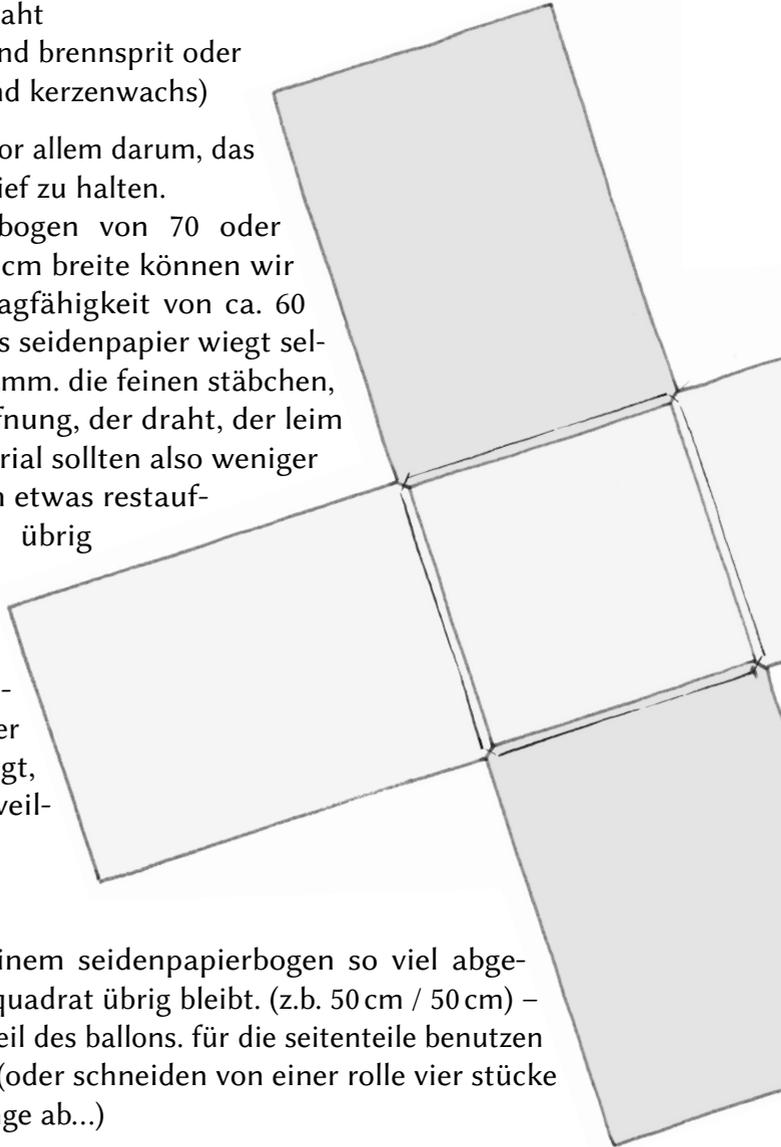
- 5 bogen seidenpapier (z.b. 50 cm / 70 oder 75 cm, 18 g/m<sup>3</sup>)
- kleister, weissleim oder klebestift
- 4 dünne stäbchen (mindestens 50 cm lang)
- etwas leichten draht
- heizung (watte und brennsprit oder haushaltpapier und kerzenwachs)

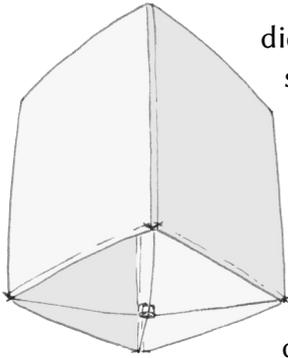
beim bau geht es vor allem darum, das gewicht möglichst tief zu halten.

mit seidenpapierbogen von 70 oder 75 cm länge und 50 cm breite können wir mit einer brutto-tragfähigkeit von ca. 60 gramm rechnen. das seidenpapier wiegt selber schon ca. 30 gramm. die feinen stäbchen, zum stützen der öffnung, der draht, der leim und das brennmaterial sollten also weniger wiegen, damit noch etwas restauftrieb fürs steigen übrig bleibt. bereits das kleinste zusätzliche gewicht reduziert sowohl die geschwindigkeit mit der der ballon aufsteigt, als auch seine verweildauer in der luft.

## der bau der hülle

zuerst wird bei einem seidenpapierbogen so viel abgeschnitten, dass ein quadrat übrig bleibt. (z.b. 50 cm / 50 cm) – das wird der obere teil des ballons. für die seitenteile benutzen wir die bogen ganz (oder schneiden von einer rolle vier stücke von je 70 - 80 cm länge ab...)





die fünf teile werden zuerst zu einem kreuz zusammengeklebt. dabei sollten die kanten zwischen einem halben und einem zentimeter überlappen. (weniger überlappung ist besser, aber auch schwieriger...) geklebt wird mit weissleim, kleister oder klebestift. beim klebestift reisst das papier (je nach qualität) gerne ein – also aufpassen!

da wir möglichst leicht bauen wollen, tragen wir nur sehr wenig leim auf. weissleim ist erstaunlich schwer...

wir können den leim sorgfältig direkt aus der tube, oder mit einem pinsel auftragen. der leim kann mit ein paar tropfen wasser verdünnt werden. beim leimen muss sehr sorgfältig gearbeitet werden. das seidenpapier reisst sehr leicht, wenn es nass ist.

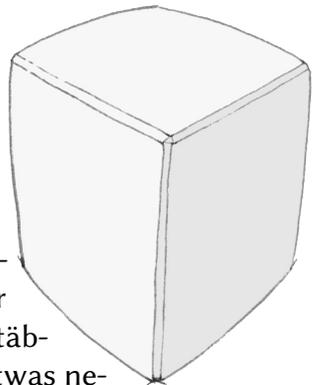
achtung! – pinsel nie eintrocknen lassen!

wer will, kann vor dem kleben die ecken schräg abschneiden, damit dort nicht zu viele falten entstehen...

### **der untere abschluss**

die öffnung wird mit vier stäbchen stabilisiert. am besten eignet sich möglichst fein gespaltener bambus-split.

der untere seidenpapierrand wird in einer breite von ca. 1 cm nach innen um die stäbchen herum festgeklebt. dabei dürfen die stäbchen auch etwas zu lang sein und in den ecken leicht vorstehen. die hülle muss dann entweder durchstochen oder eingeschnitten werden. über die öffnung spannen wir ein kreuz aus zwei dünnen drähten, die in der mitte verbunden (zusammengedreht) sind. die drahtenden können wir an den überstehenden enden der bambus-stäbchen befestigen. (die drähte können auch etwas neben der ecke, jeweils nur an einem stäbchen befestigt werden, falls diese nicht überstehen...)



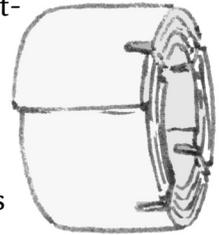
## heizung / brennstoff

in der mitte des drahtkreuzes wird die 'heizung' befestigt. für diese einfachen ballone können wir einfach etwas watte am drahtkreuz befestigen und diese mit brennsprit tränken. der brennsprit verdunstet ziemlich schn, deshalb sollte er erst kurz vor dem ballonstart über die watte geleert werden. vor dem anzünden muss aber die spritflasche unbedingt in sicherheit gebracht werden!

wir können unseren ballon auch ohne flüssigen brennstoff steigen lassen. dies ist zwar etwas aufwändiger, aber auch sicherer.

dazu schneiden wir haushaltpapier in 2 - 3cm breite und etwa 50 cm lange streifen. die streifen ziehen wir durch flüssigen kerzenwachs und wickeln sie zu kleinen rollen auf. die rollen sollten einen durchmesser von 3 - 5 cm haben. sie können auf einen glatten rundstab aufgewickelt werden. ich empfehle aber, frei in der hand zu wickeln – wachs ist ein recht lustiges material... je nach temperatur muss man etwas schneller arbeiten, oder kann sich mehr zeit nehmen. bei gutem wetter kann der wachs in einem gefäss an der sonne geschmolzen werden. ein dunkles gefäss und eine glasscheibe als deckel hilft dabei...

ein solches wachspapier-röllchen kann jetzt unten mit dem messer leicht eingeschnitten und auf das drahtkreuz gesteckt werden.



es lohnt sich nicht, ein oder zwei röllchen herzustellen. wenn wir schon wachs wärmen, legen wir uns gleich einen kleinen vorrat an.

die röllchen lassen sich am besten über einem kleinen feuer (z.b. einem brennenden tannenzapfen) anzünden. dabei sollte natürlich nur das wachsröllchen an die flammen kommen, nicht die ballonhülle.

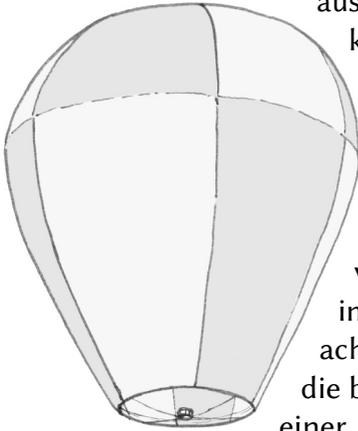
## weiterentwicklung

verkleinern können wir unseren ballon fast nicht mehr, sonst wird der inhalt (und somit die tragfähigkeit) zu klein.

natürlich können wir ihn vergrössern (z.b.jede seite aus vier bogen...) wenn wir grösser bauen, lohnt es sich auch, über die form nachzudenken. die ecken sind eigentlich schlecht, dort wird mit viel papier (-gewicht) wenig auftrieb erzeugt. deshalb gibt es auch bei den grossen ballonen, in deren körben leute mitfahren, keine ecken...

## eine bessere hüllenform

ein schnittmuster für einen etwas eleganteren (und auch technisch besser geformten) ballon könnte zum beispiel so aussehen:



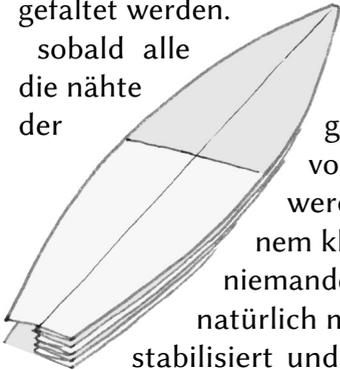
aus sechs solchen bahnen (12 seidenpapier-bogen) kann ein ballon mit einer tragkraft von fast 100 gramm gebaut werden.

die bahnen können in der mitte gefaltet aufeinander gelegt und so miteinander verklebt werden. dabei ist immer darauf zu achten, dass nicht die beiden seiten einer einzelnen

bahn miteinander verklebt werden! nicht lachen – das passiert schneller als du denkst...

damit nicht der ganze stapel zu einem block zusammenklebt, sollte immer ein stück zeitungspapier dazwischen gelegt werden. um auch die letzte naht zu verkleben, muss die oberste und die unterste bahne zurückgefaltet werden.

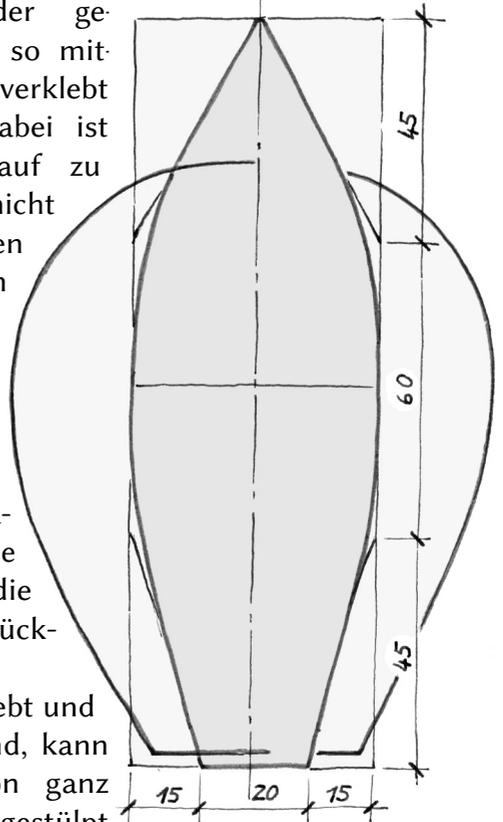
sobald alle die nähte der



teile verklebt und trocken sind, kann ganze ballon ganz vorsichtig umgestülpt

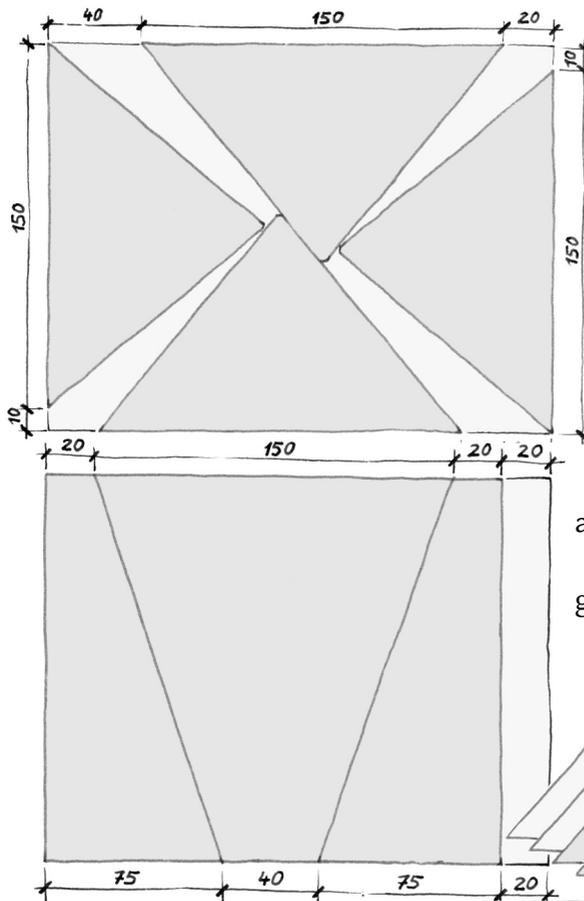
werden. damit liegen die nähte innen, wie bei einem kleidungsstück. die leichte knitterstruktur sollte niemanden stören, so lange die nähte gut geklebt sind.

natürlich muss auch bei diesem ballon die öffnung etwas stabilisiert und ein tragekreuz für den 'brenner' angebracht werden. hier kann ein ring aus draht, etwas stärkerem papier oder auch wieder aus bambus-split eingeklebt werden.



# heissluftballon aus 'rettungsdecken'

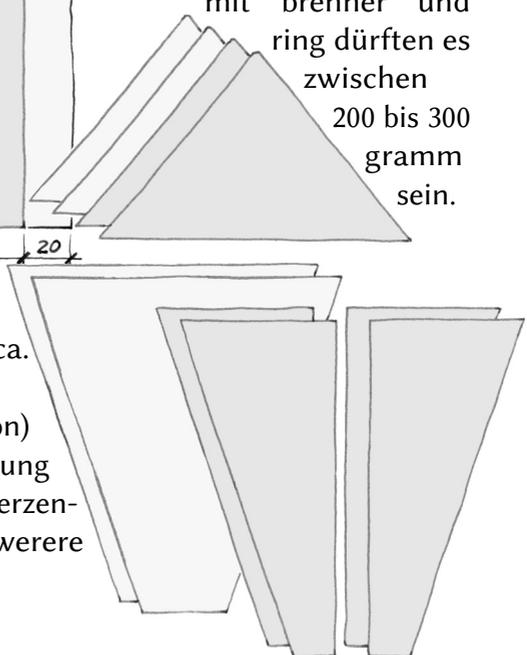
die als 'rettungsdecken' verkauften aluminiumbedampften polyesterfolien sind luftdicht, relativ reissfest und nicht viel schwerer als seidenpapier. meistens ist die eine seite silberfarben (aluminium), die andere erscheint durch die gelbliche kunststoff-folie goldglänzend.



meistens ist die eine seite silberfarben (aluminium), die andere erscheint durch die gelbliche kunststoff-folie goldglänzend.

die rettungsdecken sind normalerweise 2.1 m lang und 1.6 m breit. aus drei decken lässt sich ein ballon mit ca. 2 m<sup>3</sup> inhalt herstellen, was eine brutto-tragfähigkeit von mehr als 500 gramm ergibt.

dieser ballon braucht etwas gewicht zum stabilisieren – mit brenner und ring dürften es zwischen 200 bis 300 gramm sein.



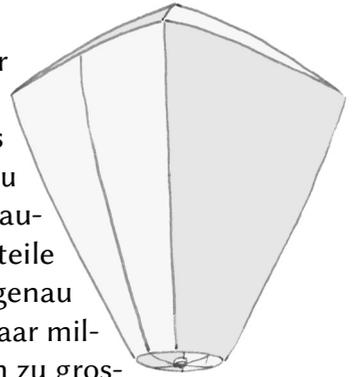
## materialliste

3 rettungsdecken 1.6 / 2.1 m, ca. 20 g/m<sup>2</sup>

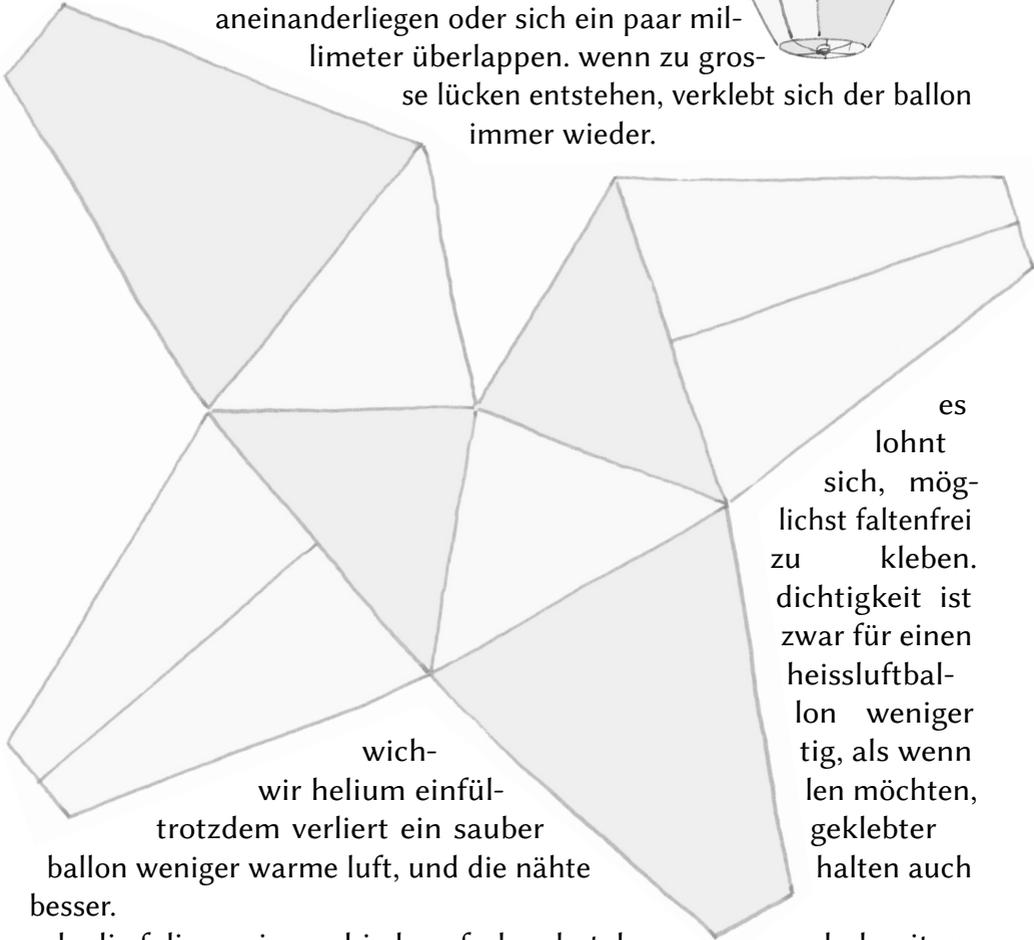
- viel klebeband (über 20 m pro ballon)
- draht für ring und brennerbefestigung
- brenner (z.b. haushaltpapier und kerzenwachs – hier sind aber auch schwerere brenner möglich...)

## bau des ballons

die ballonteile können mit dem papiermesser oder mit der schere zugeschnitten werden. zum kleben eignet sich normales durchsichtiges klebeband. am besten geht der zusammenbau zu zweit auf einem grossen tisch oder auf dem sauberen fussboden. die eine person hält die bauteile zusammen, die andere klebt. die teile sollten genau aneinanderliegen oder sich ein paar mil-



limeter überlappen. wenn zu grosse lücken entstehen, verklebt sich der ballon immer wieder.



wich-  
wir helium einfüll-  
trotzdem verliert ein sauber  
ballon weniger warme luft, und die nähte  
besser.

es  
lohnt  
sich, mög-  
lichst faltenfrei  
zu kleben.  
dichtigkeit ist  
zwar für einen  
heissluftbal-  
lon weniger  
tig, als wenn  
len möchten,  
geklebter  
halten auch

da die folie zwei verschiedene farben hat, kann — auch damit ge-  
spielt werden. natürlich kann auch mit dieser folie ein ballon in elegan-  
terer form gebaut werden – dazu brauche ich wohl jetzt kein schnittmus-  
ter mehr zu liefern. hier ist rechnen oder probieren angesagt...

## **...und wie könnte es jetzt weiter gehen?**

einfach noch grösser bauen und dann selber mitfahren dürfen wir nicht. da gibt es strenge prüfvorschriften. trotzdem könntest du mal überlegen, wie gross ein ballon sein müsste, um zum beispiel zwei personen zu tragen.

vielleicht möchtest du:

- einen ballon so gross bauen, dass er eine nutzlast tragen kann
- den ballon fernsteuern (wie geht das? / was brauchst du dafür?)
- einen heissluftballon an einen bestimmten ort schicken (postballon)
- ein gefäss anhängen, das nach einer gewissen zeit kippt oder den boden aufklappt und flugblätter für deine party abwirft
- einen ballon aus stoff nähen



# ein paar zusätzliche infos

mehr gibt es demnächst unter [querKultour.ch](http://querKultour.ch)

## warum steigt eigentlich ein heissluftballon?

früher glaubte man, der rauch sei magnetisch und werde vom magnetfeld der erde abgestossen. darum wurde extra ein stark rauchendes feuer zum befüllen der ballone benutzt. heute wissen wir, dass es mit dem gewicht der luft zu tun hat.

luft dehnt sich bei erwärmung aus und wird somit im verhältnis zum volumen leichter. wird die luft in der ballonhülle erwärmt, entweicht ein teil der luft aus der hülle. sobald das gewicht der aus dem ballon herausgedrängten luft höher ist, als das der ballonkonstruktion (papier, leim, draht...), beginnt der ballon zu steigen.

## wie schwer ist luft?

stopp – zuerst schätzen!

die luftdichte verändert sich je nach höhe, temperatur und wetter (druck). darum müssen wir uns darüber klar sein, ob wir von der aktuellen luftdichte hier und jetzt, oder von einer definierten normalsituation ausgehen.

als faustregel können wir auf meereshöhe von ungefähr  $1.2 \text{ kg/m}^3$  ausgehen. mit zunehmender höhe nimmt der luftdruck (und damit auch die luftdichte) ab.

wenn wir mit  $1 \text{ kg/m}^3$  rechnen, haben wir etwas reserven. (das würde bereits einer höhe von fast 2000 meter über meer entsprechen.)

## die ICAO-standardatmosphäre

vor allem, um die höhenmesser der flugzeuge auf einen gemeinsamen wert einzustellen, aber auch für die vergleichbarkeit von betriebsgrenzen wie zuladungs- und geschwindigkeitsangaben, wurde von der internationalen zivilluftfahrtorganisation (ICAO) 1952 eine standardatmosphäre definiert.

bereits früher wurden sogenannte 'normatmosphären' definiert – nur waren diese zum beispiel in nordamerika und in europa unterschiedlich – viele staaten kannten überhaupt keine norm.

die icao-standardatmosphäre geht von durchschnittlichen klima- und wetterverhältnissen auf einer geografischen breite 40° au.s (madrid liegt ungefähr auf 40°.)

auf meereshöhe gelten folgende werte:

druck	101.325 N/m <sup>2</sup> (1013.25 hPa)
dichte	1.225 kg/m <sup>3</sup> (1.225 g/l)
temperatur	288.15 K (15 °C)
schallgeschwindigkeit	340.294 m/s (1225.058 km/h)
gravitation	9,80665 m/s <sup>2</sup> (erdbeschleunigung)

all diese werte werden mit zunehmender höhe kleiner. auf einer höhe von 5500 m ist der druck noch ungefähr halb so hoch, wie auf meereshöhe. wäre die temperatur gleich, wie auf meereshöhe, dürfte auch die dichte nur noch halb so gross sein. dies ist aber natürlich nicht ganz so. dort ist es bereits deutlich kühler...

dieses heft wird unter [querKultur.ch](http://querKultur.ch) zum freien download angeboten. es darf ausgedruckt und (komplett und unverändert) weiter verbreitet werden. ein verkauf des heftes (oder das beilegen zu einem kostenpflichtigen produkt,) muss von [querKultur.ch](http://querKultur.ch) bewilligt werden.

der eigentliche informationsgehalt ist natürlich frei. wissen sollte nie einer person oder institution gehören...

für weiteres zur lizenzierungs-filosofie → [querKultur.ch](http://querKultur.ch)...