

Indes schrieb Kunigunde Brief um Brief an Kandidate...

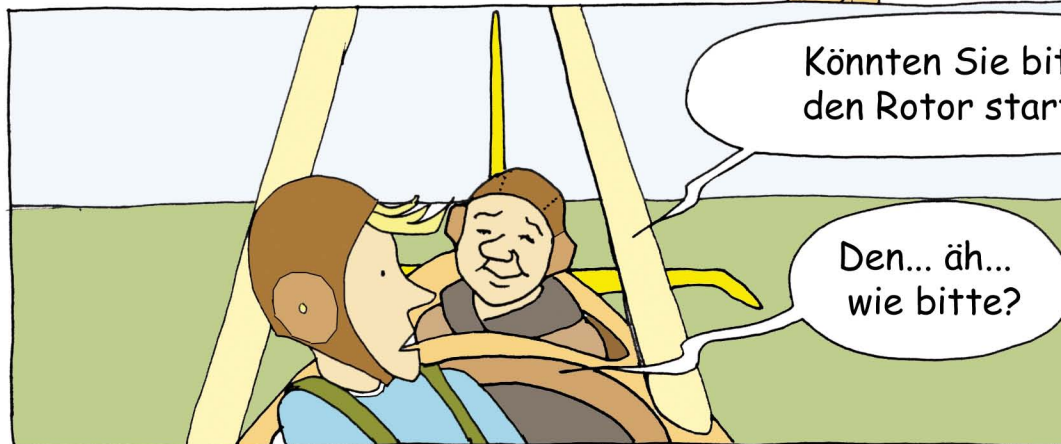
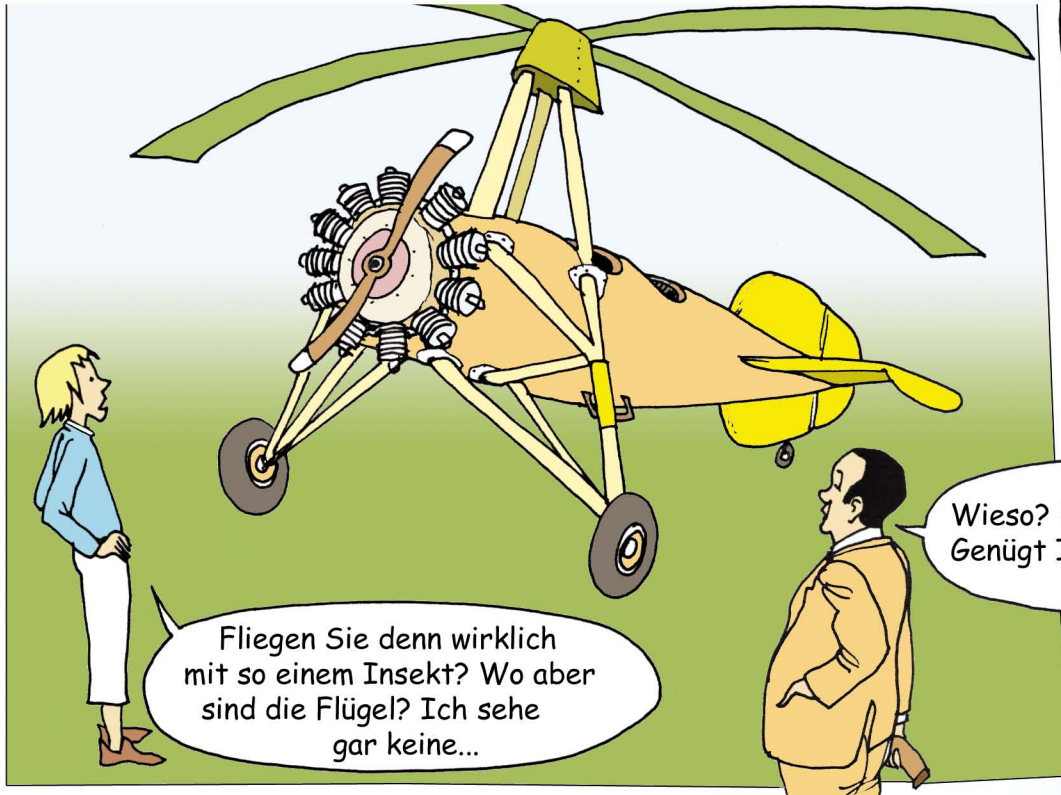
...aber ihre Worte waren derart vor Leidenschaft glühend, dass sich die Briefe entzündeten, bevor sie den Boden erreichten.



Ein Luftballon vielleicht? Das kann doch nicht gehen! Ich würde doch den Turm verfehlen.



DER AUTOGIRO (*)



(*) Auch Drehflügelflugzeug oder (seltener) Tragschrauber genannt. (Anm. d. Ü.)



Meine Güte, der Rotor dreht sich ja von selbst! Wieso denn?

Autorotación...

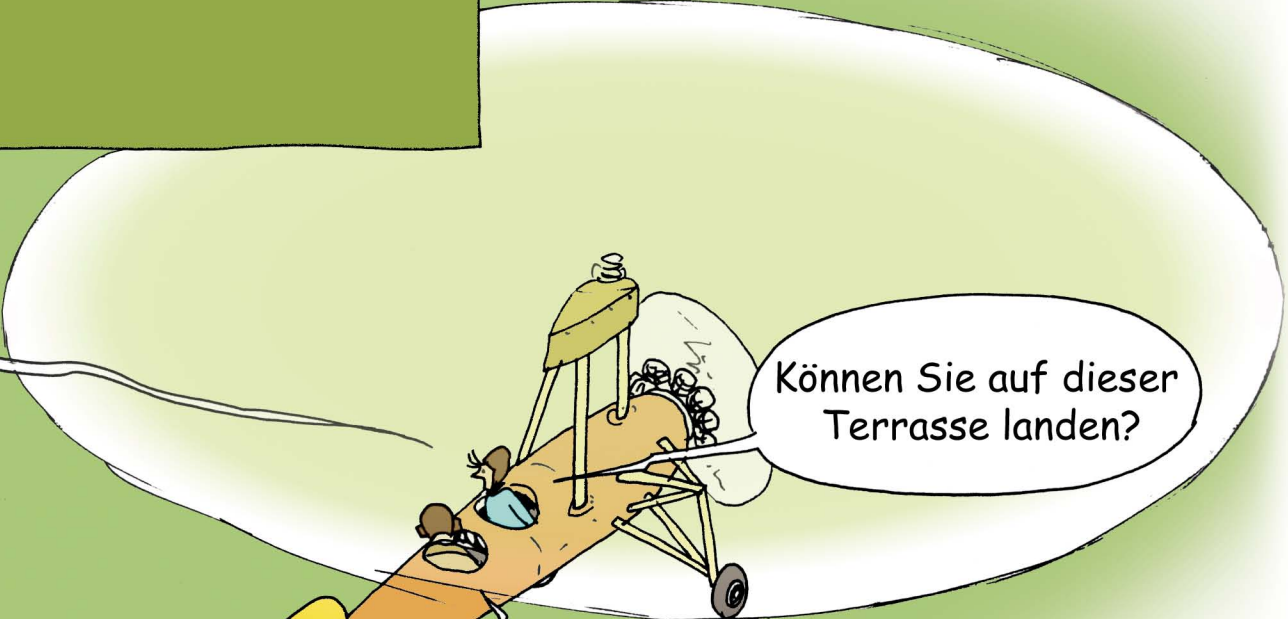


Und nun heben wir ab!!! Wie kann das sein?!?



Bitte schnell zum Schloß...

Meine liebe Kunigunde! Dort unten müßte sie sein...



Können Sie auf dieser Terrasse landen?

Ein Autogiro benötigt zwar nur eine sehr kurze Landebahn, diese Terrasse ist aber wirklich zu klein!





Ach, Meister Panglos, mit der fantastischen Maschine des Herrn de la Cierva bin ich über das Schloß und über den Turm geflogen, wo Kunigunde gefangen gehalten wird.

Ist er das, der da wieder startet?



Ach, welch ein Unglück! Nun fliegt er davon und nimmt all seine Geheimnisse mit! Was ist das für eine mysteriöse Kraft, die den Rotor zum Drehen bringt?



Die Erklärung ist doch einfach: Ein Rotor ist dafür da, um sich zu drehen. Daher besitzt er spezielle Eigenschaften, die eine Drehung begünstigen, und er dreht sich ja auch. Es gibt schließlich keine Wirkung ohne Ursache.



Meister, Ihre Schlussfolgerung ist zwar unangreifbar. Dennoch möchte ich gerne mehr darüber wissen...



Was macht denn nun Kandidate?

Ich denke, er will den Windkanal nachbauen, mit dem Herr de la Cierva eine hinreichende Erklärung für diese erstaunliche Erscheinung entdeckt hat.

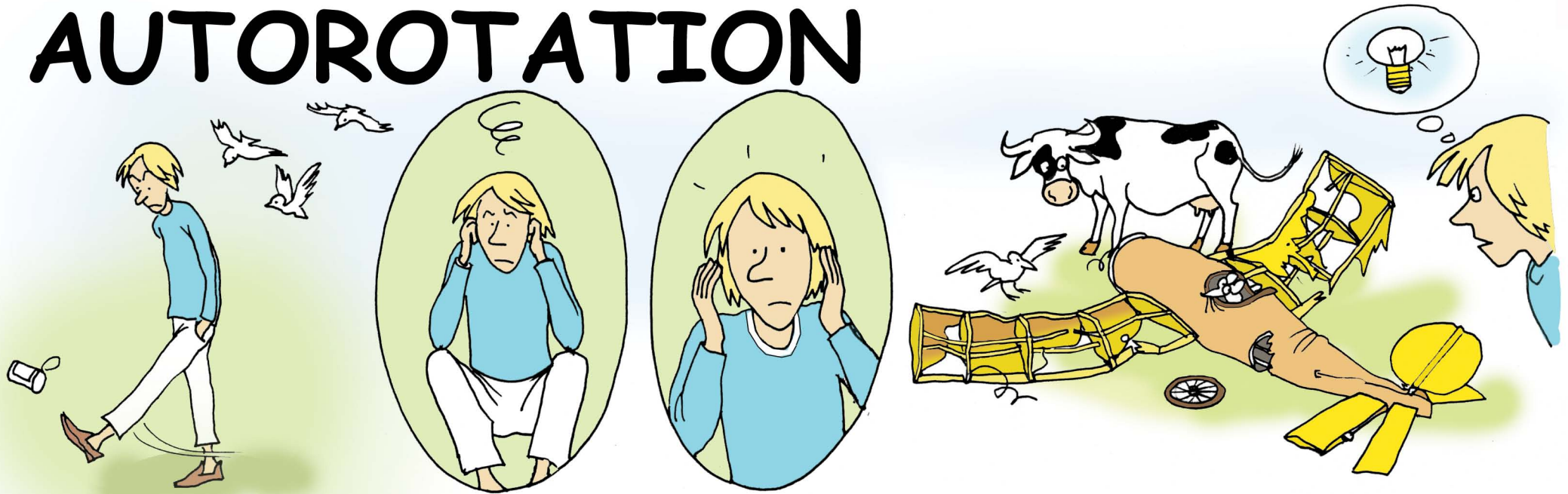


Dazu ein senkrechter Windkanal, ein Beruhigungsgitter (*) und eine Rauchquelle...

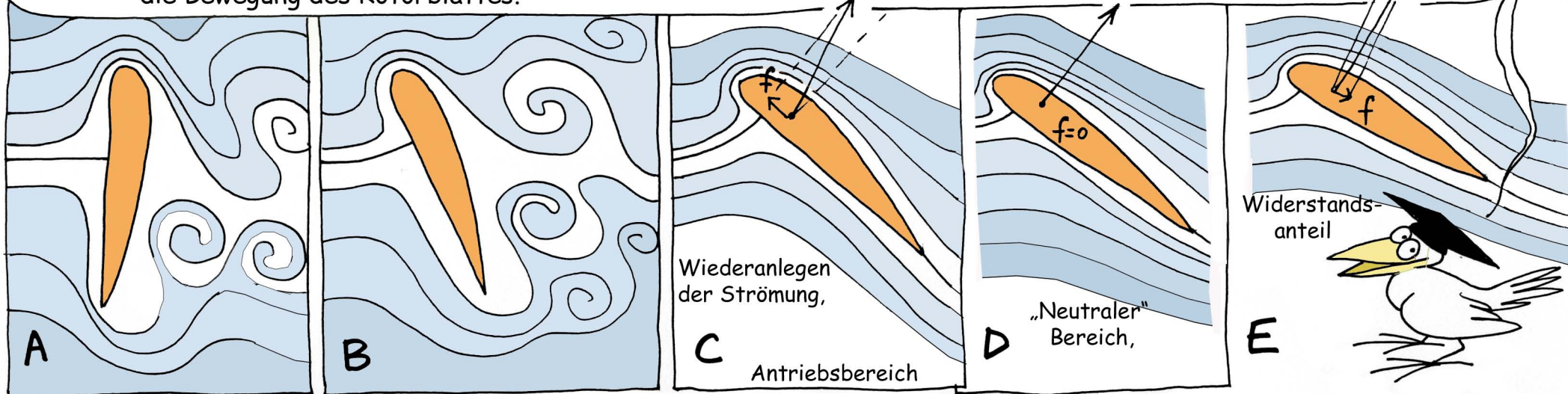


(*) So heißt das Gitter zur Beseitigung der Turbulenzen. (Anm. d. Ü.)

AUTOROTATION



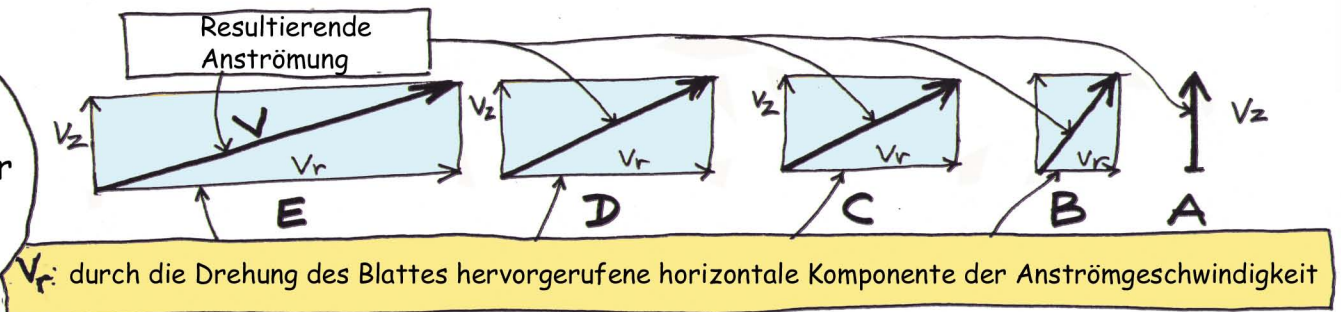
Wenn der Winkel des Rotorblattes im Verhältnis zur Richtung der **RESULTIERENDEN ANSTRÖMUNG** verkleinert wird, legt sich die Strömung wieder an das Profil des Blattes an (Bild C). Die sich ergebende Kraft (f -Komponente) treibt das Blatt nach vorne. In D wird diese Kraft null, in E kehrt sie sich um. Die f -Komponente bremst dann die Bewegung des Rotorblattes.



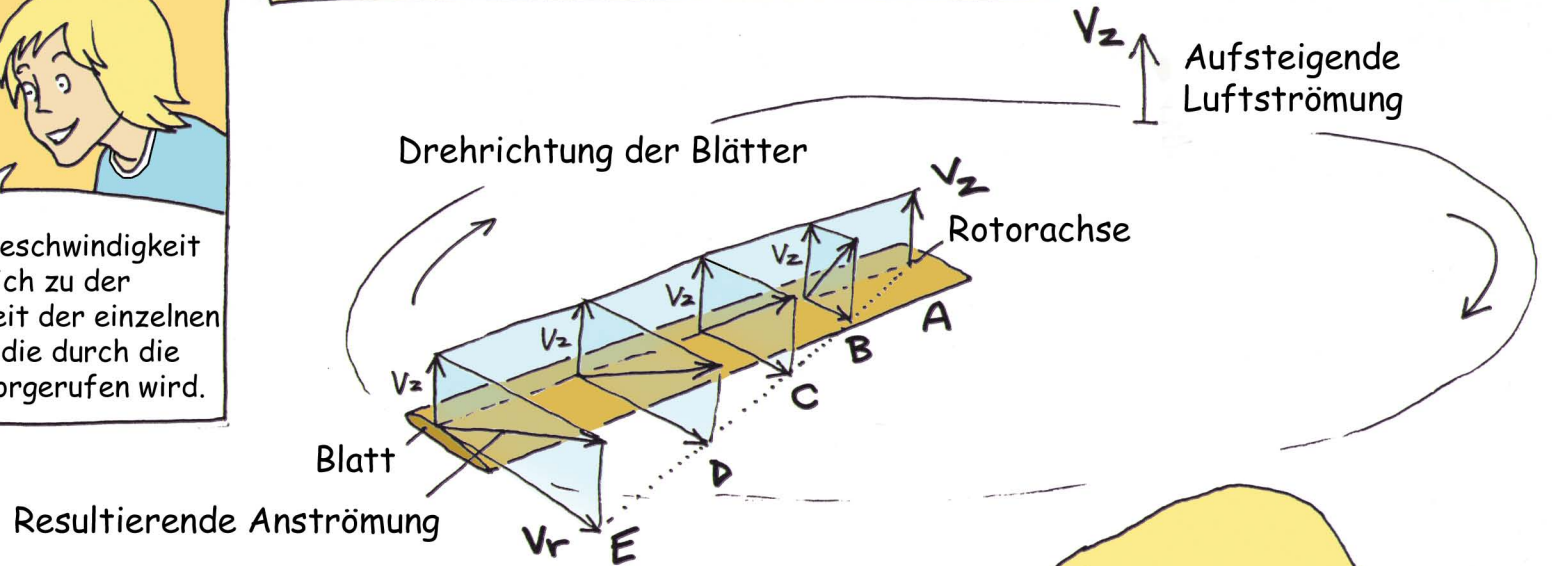
Ich verstehe, mein lieber Kandidate. Aber woher kommt die Richtungsänderung dieser **RESULTIERENDEN ANSTRÖMUNG**, wie Sie sie nennen?



Die Fahrtgeschwindigkeit addiert sich zu der Geschwindigkeit der einzelnen Rotorblätter, die durch die Drehung hervorgerufen wird.

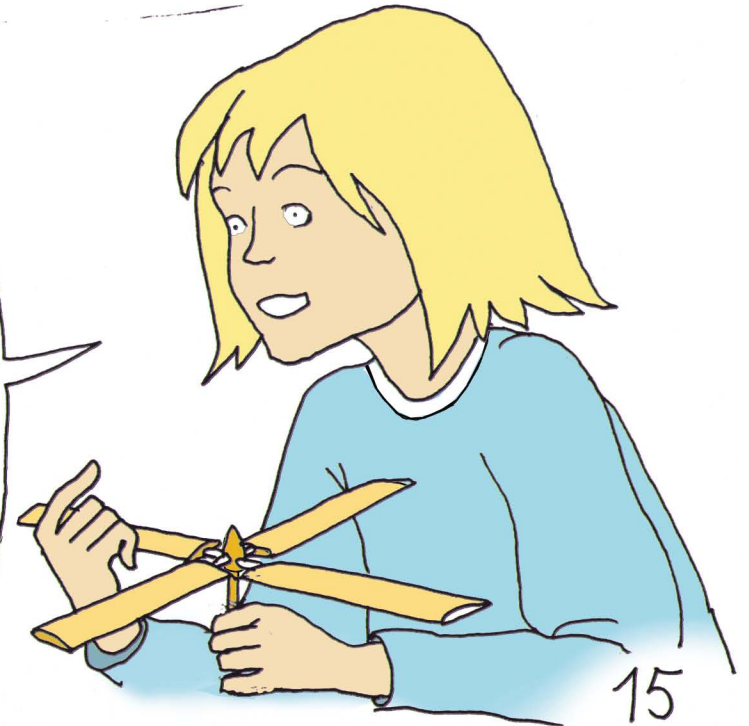


V_r : durch die Drehung des Blattes hervorgerufene horizontale Komponente der Anströmgeschwindigkeit

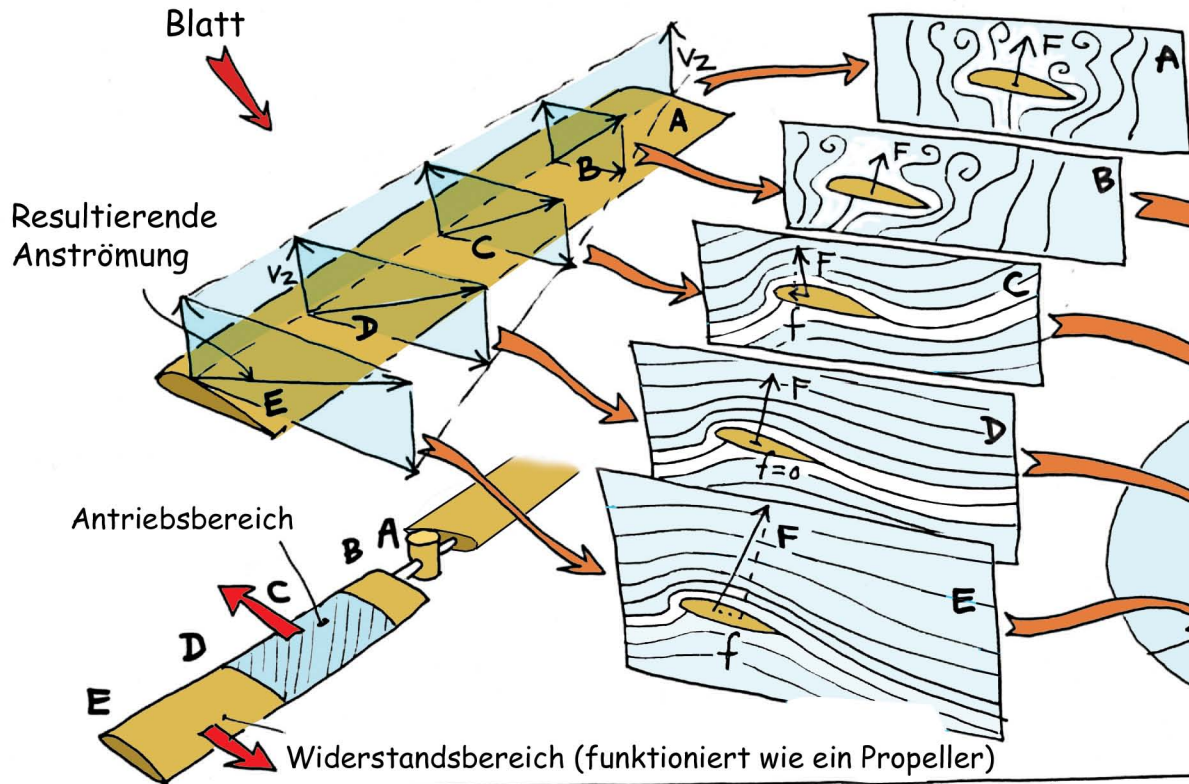
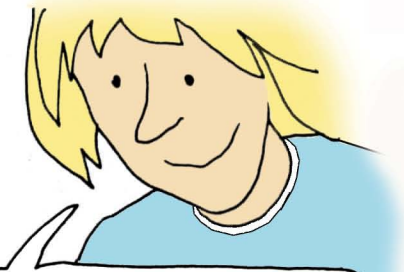


Resultierende Anströmung

Der ganze Rotor befindet sich in einer mit der Geschwindigkeit V_z aufsteigenden Luftströmung. Diese addiert sich zu der durch die Drehung hervorgerufenen Geschwindigkeit der einzelnen Blätter V_r , welche proportional dem Abstand zur Rotorachse ist. Die resultierende Geschwindigkeit entspricht der **RESULTIERENDEN ANSTRÖMUNG**. Je weiter man sich von der Rotorachse entfernt, umso mehr schmiegt sich diese an das Rotorblatt an. Gleichzeitig steigt von der Rotorachse zum Blattende hin der Wert dieser Geschwindigkeit.



Je nach dem, wie sich der Winkel der **RESULTIERENDEN ANSTRÖMUNG** zum Blatt verhält, bekommt man sehr unterschiedliche Strömungen. Um das sichtbar zu machen, habe ich an dem Rotorblatt einen dünnen Schlauch befestigt, der Rauch erzeugt. Und das sind die Ergebnisse, die ich so auf diese Weise bekommen habe.

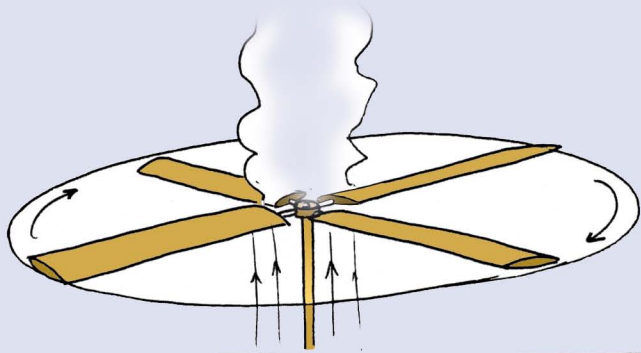


In A und in B „reißt die Strömung ab“: Das Blatt erzeugt starke Wirbel. In C legt sich die Strömung wieder an das Profil an. Die resultierende Kraft treibt das Blatt nach vorne (grau: Antriebsbereich).

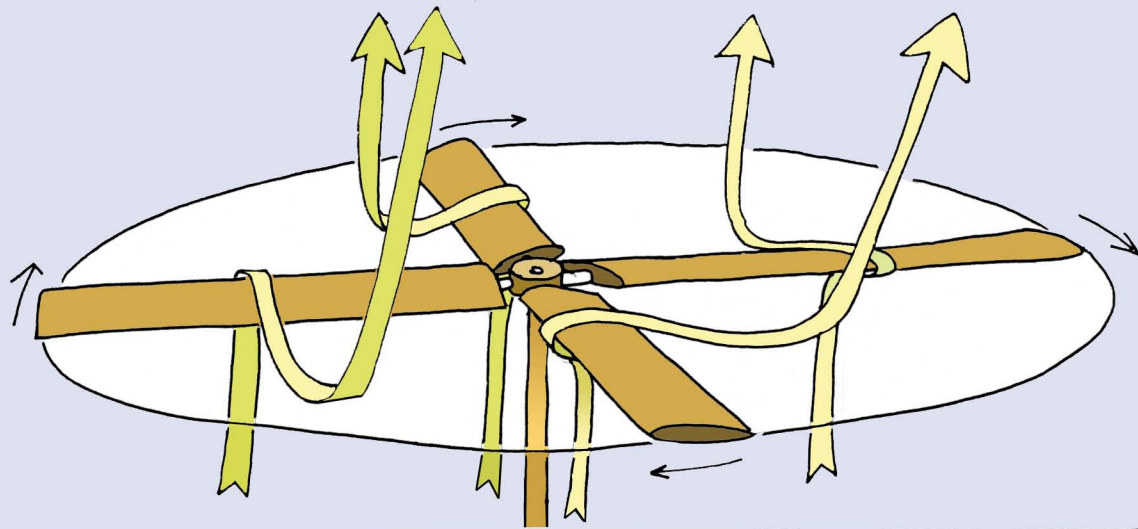
In E neigt die aerodynamische Kraft, die immer noch nach oben gerichtet ist, dazu, die Bewegung des Rotorblattes zu bremsen. Das Bild D stellt den Grenzfall ($f=0$) dar. In diesem Zustand der **AUTOROTATION** stellt das gestreifte Stück den Antriebsbereich dar, während der äußere Teil des Blattes die Bewegung bremst. Der **EIGENSTABILE** Zustand setzt ein.

Und das alles hat Juan de la Cierva im Windkanal ausgetüftelt.

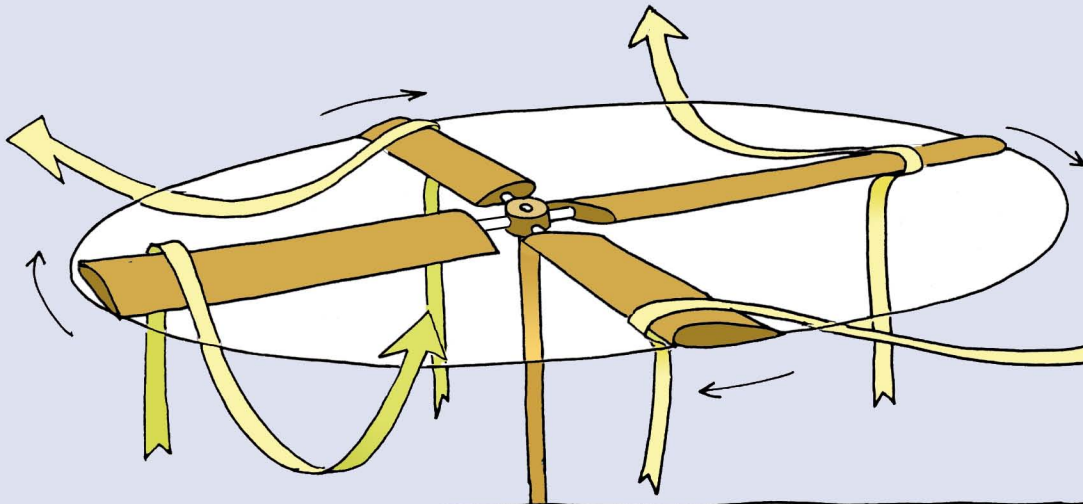




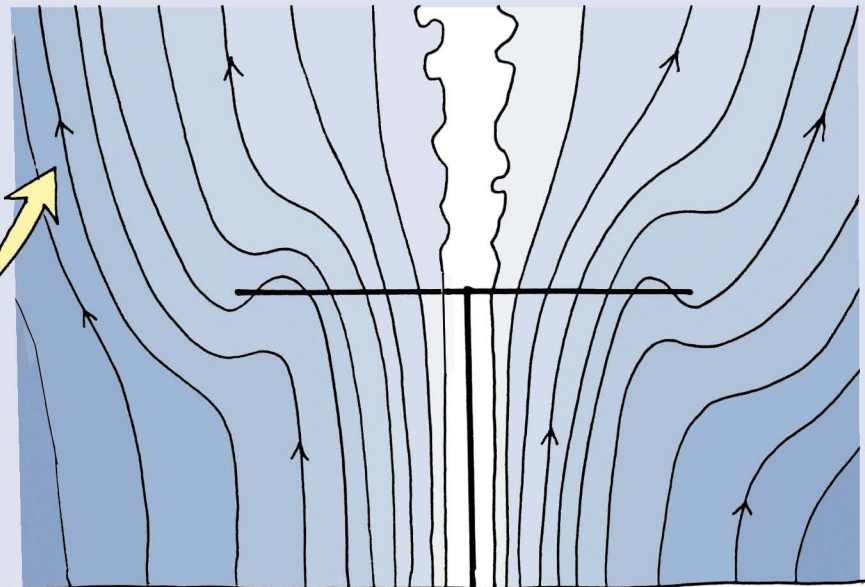
Oberhalb des Zentrums „reißt die Strömung ab“. Es entwickeln sich starke Turbulenzen.



Hier legt sich die Strömung wieder an das Profil der Rotorblätter an.



An der Peripherie wird ein Impuls auf die Luftmasse übertragen und diese wird nach unten abgelenkt (**INDUZIERTER GESCHWINDIGKEIT**). Der Impuls reicht aus, um die Luft aus der Scheibe heraus zu treiben, die durch den Rotor gezeichnet wird.



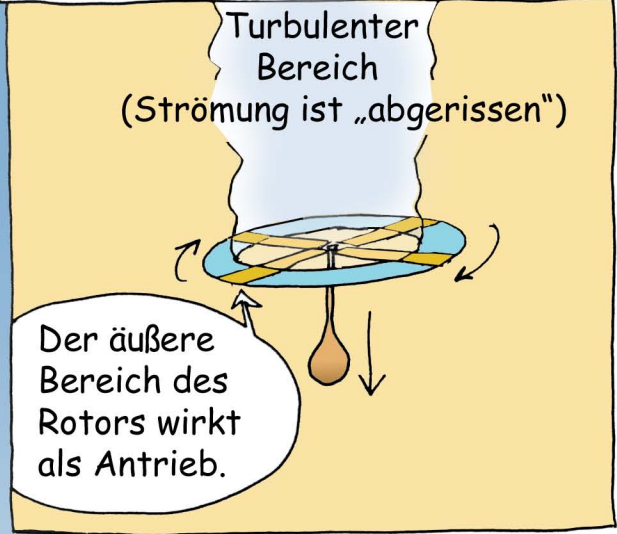
Für die Gesamtströmung ergibt sich also obiges, seltsam anmutendes Bild.

Schauen Sie mal, Meister Panglos. Ich lasse dieses kleine Modell aus dem Fenster fallen, nachdem ich ihm einen kleinen Impuls mitgegeben habe.

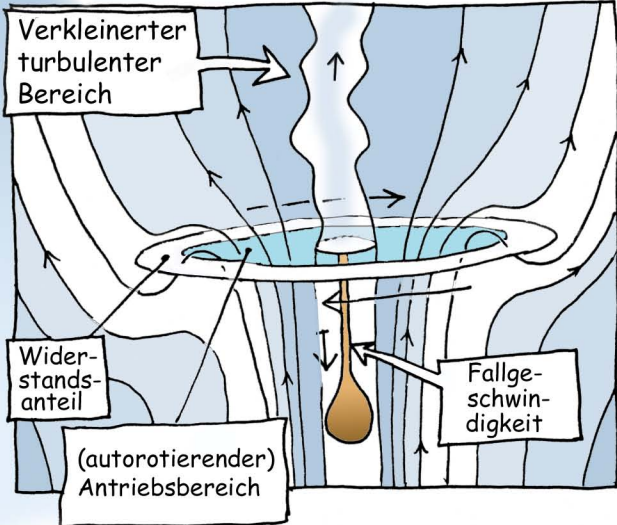
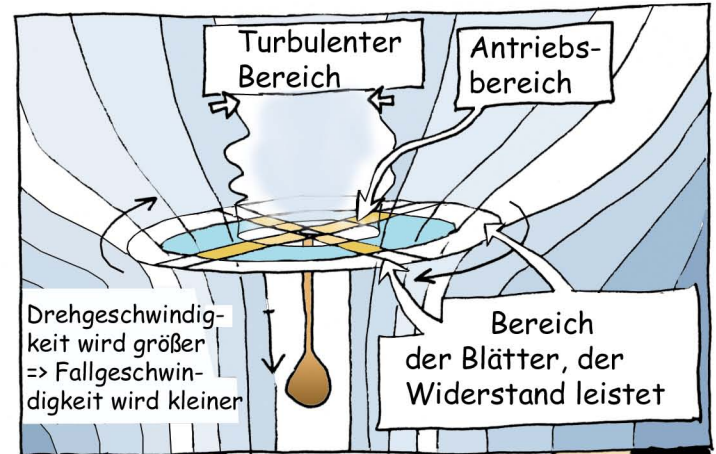


Einen kleinen Impuls... warum?

Nun ja, um sicherzustellen, daß sich der äußere Teil des Rotors schnell genug dreht, damit die Strömung wieder dem Profil der Blätter folgt. Dann wirkt dieser Bereich wie ein Motor und die Drehung wird beschleunigt.



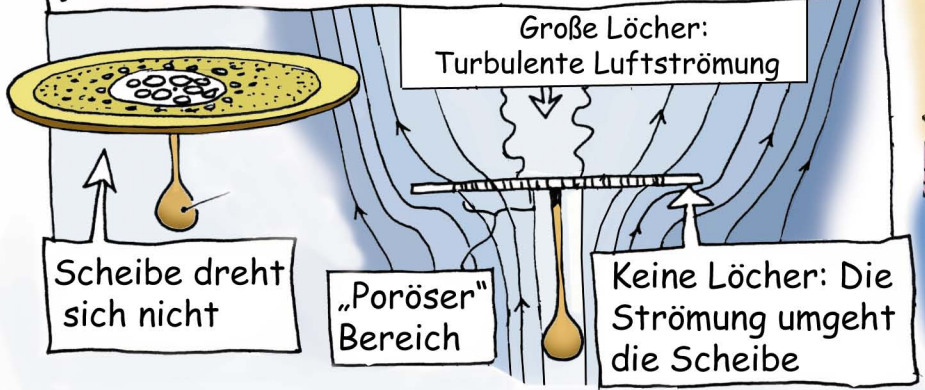
Der turbulente, bremsende Bereich wird umso kleiner, je größer die Drehgeschwindigkeit wird. Am äußeren Rand der Blätter erscheint dann ein Bereich, der die Bewegung bremst.



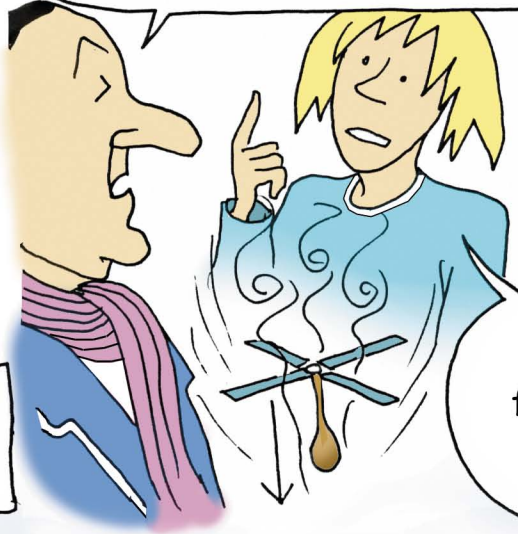
Die Drehgeschwindigkeit stabilisiert sich, wenn sich beide Drehmomente die Waage halten. Die Autorotation ist dann voll im Gange und die Fallgeschwindigkeit ist minimal.

• Eine ähnliche Strömung würde man bekommen, wenn man eine sich nicht drehende, gelochte Scheibe fallen lassen würde, deren Löcher vom Zentrum zum Rand hin immer kleinere Durchmesser hätten, was also Bereiche mit unterschiedlichen Durchlässigkeiten definieren würde.

Die Geschäftsleitung



Was wäre geschehen, wenn Sie anfangs nicht genügend Drehimpuls gegeben hätten?



Dann wäre die Geschwindigkeit am Rande der Blätter zu klein geblieben, als daß die Strömung deren Profil hätte folgen können. Daher hätte sich kein Antrieb und keine Autorotation ergeben: Das Modell wäre wie ein Stein herunter gefallen!

Einen Augenblick lang dachte ich, Fräulein Kunigunde hätte vielleicht so fliehen können. Aber ich glaube eher, dies wäre der beste Weg, sich alle Knochen zu brechen!



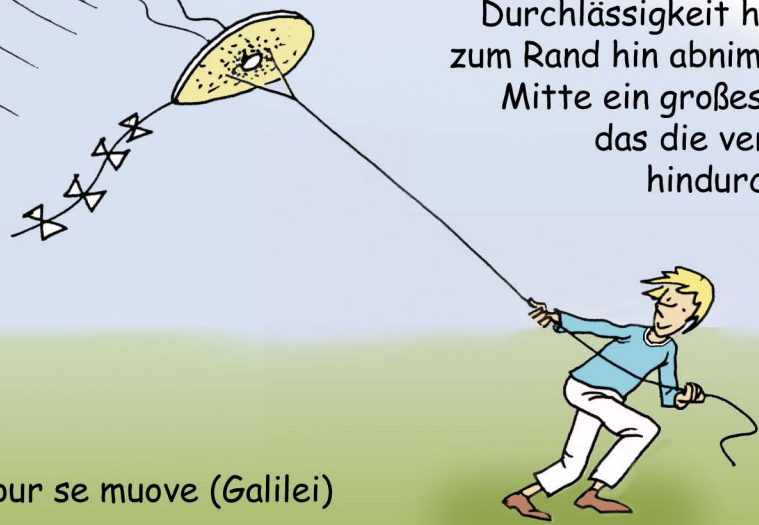
Und der Autogiro?



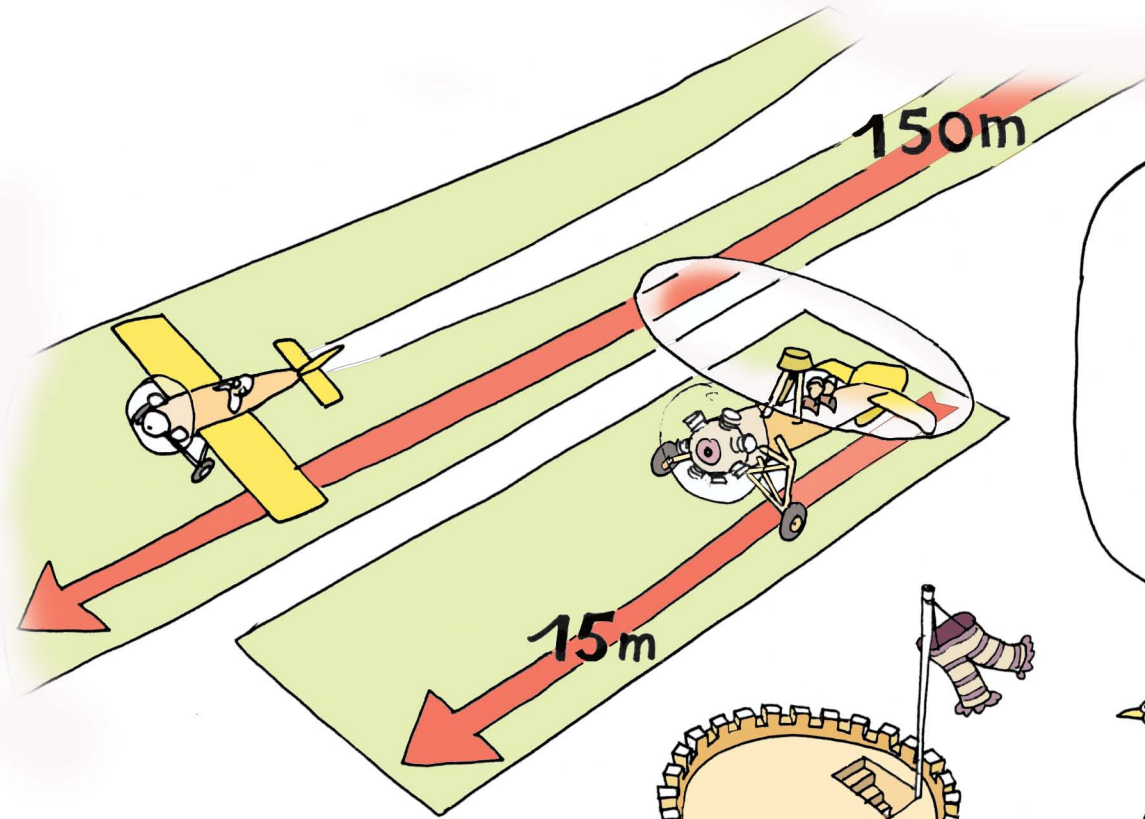
Und er dreht sich doch. (*)

Nun, da das Rätsel der Selbstdrehung seines Rotors gelüftet ist, bleibt nur, diesen in eine etwas schräge Lage zu versetzen: Der Rotor verhält sich dann wie eine Scheibe mit vom Zentrum zum Rande hin abnehmender Durchlässigkeit.

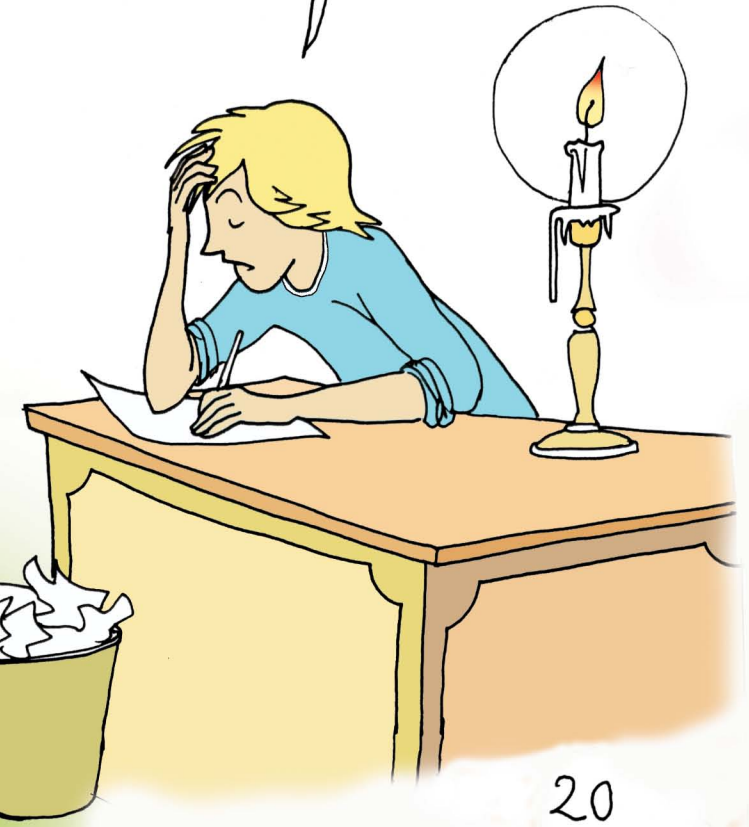
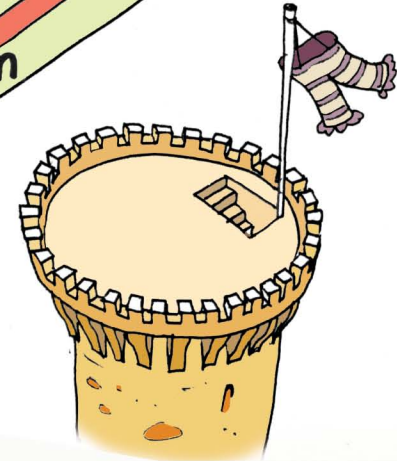
Alles in Allem ähnelt der Autogiro einem Drachen, dessen Bespannung eine Durchlässigkeit hat, die vom Zentrum zum Rande hin abnimmt und der in der Mitte ein großes Loch hat, durch das die verwirbelte Luft hindurchströmen kann.



(*) Et pur se muove (Galilei)



Fassen wir zusammen: Ein Flugzeug braucht 150 Meter, um zu landen. Für ein Drehflügelflugzeug reichen 15 Meter aus. Aber die Terrasse des Turmes ist so klein, daß man wirklich senkrecht herunterkommen muß, um darauf landen zu können. Welche Flugmaschine könnte so etwas möglich machen?



Wenn es überhaupt eine Lösung gibt, dann ist es nicht diese!

