



# DER REV-SIM

von Jörg J. Buchholz

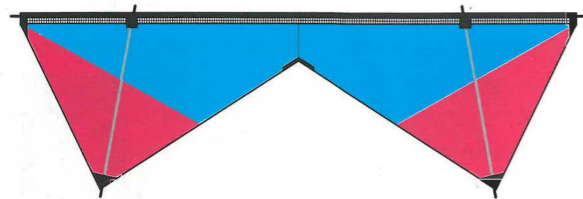


Abb. 1 Realer Revolution Nachbau des Autors

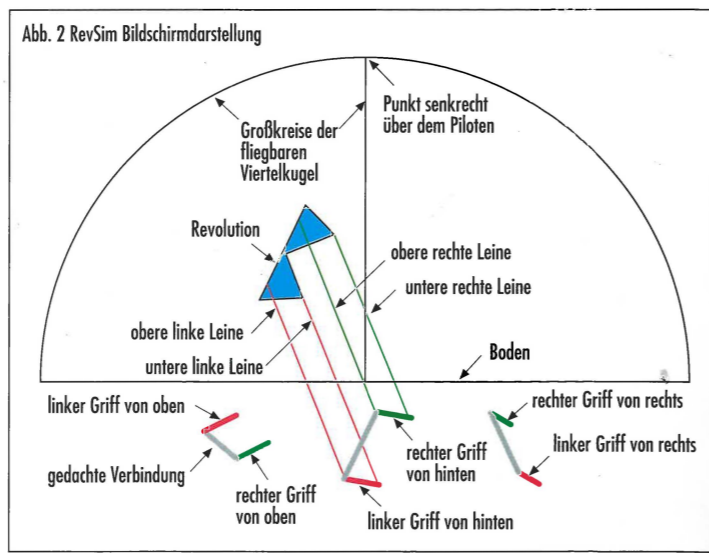
**Damit hatten wir nicht gerechnet. Aufgrund unserer Vorstellung dieses genialen Programms in Heft 2/94 und des leichtsinnigen Hinweises, daß das Programm kostenlos bei uns verfügbar ist, war jeden Tag das große Disketten-Kopieren in der Redaktion angesagt. Tausende Disketten wurden rausgeschickt. In dieser Ausgabe erzählt Ihnen der Autor, warum dieser Simulator ein ideales Werkzeug ist, um mehr über die flugmechanischen Gründe zu erfahren, warum sich dieser faszinierende Drachen so verhält, wie wir ihn kennen und lieben.**

## Wieso simulieren?

Bei solch einer Simulation rechnet ein Computer das mathematische Drachenmodell in bestimmten Zeitabständen durch (z. B. dreißigmal pro Sekunde) und bestimmt in jedem Zeitschritt die neue Position, Lage und Form des Drachens. Mit diesen Informationen zeichnet der Rechner dann dreißigmal in der Sekunde einen neuen Revolution auf den Bildschirm. Das menschliche Auge ist nun träge genug, die Einzelbilder wie im Kino zu einem „Film“ zusammensetzen. Der Drache fliegt. Das Besondere einer Echtzeitsimulation ist jetzt, daß die Flugmanöver genau so auf dem Schirm dargestellt werden, wie sie der Natur-Rev an den Himmel malen würde. Der Feld-Wald-und-Wiesenpilot steuert, regelt und stabilisiert dabei seinen real existierenden Revolution mittels zweier Handgriffe. Unter RevSim (Revolution Simulation aus der DOSe) emuliert die Maus die Griffe. Mehr oder weniger vollkommen.

Der REVOLUTION® der kalifornischen Firma Revolution Enterprises Inc. stellt in seinen drei Originalversionen und unzähligen Nachbauvarianten den wohl meistgeflogenen Vierleiner dar.

Daß er neben seinen süchtig machenden Flugeigenschaften auch noch eine genial einfache Geometrie und ein wenig ausgeprägtes Profil besitzt, macht ihn zum idealen Kandidaten für eine mathematische Modellierung und eine anschließende Echtzeitsimulation auf einem Digitalrechner.



Wozu nun der ganze Aufwand? Warum soll ich an einem sonnigen, windigen Nachmittag vor diesem flimmernden Hochgeschwindigkeitstrottel sitzen und einen Cyberkite über den Schirm jagen, während dessen Vorbild aus Spinaker und CFK traurig in der Ecke steht und es kaum erwarten kann, mit mir in die Luft zu gehen? Nun - in Braunschweig regnet es entweder oder es ist windstill. Oder es regnet und ist windstill. Und jedes Wochenende rauf nach Fanö? Darüber hinaus ist ein Simulator ein ideales Werkzeug, um mehr über die flugmechanischen Gründe zu erfahren, warum sich dieser faszinierende Drache so verhält, wie wir ihn kennen und lieben. Der blutige Anfänger kann sich bei der Stabilisierung von einem einfachen Autopiloten unterstützen lassen, der ihm so die grundlegenden Griffbewegungen unmittelbar vorfliegt. Später läßt sich dann, ohne dabei die CFK-Kosten ins Unbezahlbare zu schrauben, untersuchen, welche Griffstellungen sinnvoll sind, um auch bei 30 m/s Windgeschwindigkeit noch sanft mit der linken Flügelspitze über den Acker zu streichen. Und selbst unter den Profis findet sich kaum jemand, der wirklich erklären kann, warum er eigentlich bei einer Rollbewegung des Revolutions die Griffe parallel zum Drachen mitrollt. Simuliere und lerne ...

## So sieht das aus

Abb. 2 zeigt die wesentlichen Graphikelemente, die während einer RevSim-Session auf den Bildschirm gezaubert werden. Ganz in Blau (die Farbe ist natürlich frei wählbar) schwebt im Inneren der fliegbaren Viertelkugel der Revolution höchstpersönlich. Die vier Leinen, die ihn an die Griffe fesseln, können, wenn das Leinengewirr zu unübersichtlich wird, ausgeblendet werden. Ansonsten sollten zur besseren Unterscheidbarkeit rechte und linke Leinen und Griffe in unterschiedlichen Farben dargestellt werden. Beide Griffe sind an ihren oberen Enden längs einer gedachten Verbindung (Grifftraverse) miteinander verkoppelt, so daß jede Griffbewegung als ein Ausschlag des unteren Griffendes gegenüber der Traverse aufgefaßt wird. Für Maschinenbaustudenten und andere 3D-Fetischisten gibt's drei Griffansichten: Von oben gesehen, als ob der Betrachter auf den Schultern des Piloten stünde (Darstellung links auf dem Schirm). Von hinten, der Beobachter hockt also hinter einem gläsernen Piloten (Darstellung in der Mitte des Schirms). Von rechts (wie der Name schon andeutet ...). Dadurch, daß erstens die Leinen beim Revolution üblicherweise konstante Länge behalten, und daß zweitens der Wind meist von

hinten kommt, beschränkt sich das theoretisch erfliegbare Gebiet auf eine Viertel-Kugelschale. Diese Viertelkugel wird unter RevSim durch zwei ihrer Großkreise angedeutet (vgl. Abb. 2). Dabei stellt sich natürlich sofort die Frage nach der Abbildung (Projektion) dieser Kugel auf den zweidimensionalen, flachen Bildschirm. Nun - RevSim verwendet eine einfache Parallelprojektion. Der geometrisch etwas weniger angehauchte Pilot schneidet zur Verdeutlichung der Parallelprojektion einen Apfel in zwei Hälften, legt eine Hälfte mit der Schnittfläche auf den Tisch und läßt einen großen Dart-Pfeil wiederholt in den Apfel (und den Tisch) fallen. Die kleinen Löcher in der Apfelschnittfläche sind dann genau die parallelprojizierten Punkte der Apfelhaut. Der Vorteil dieser Abbildung liegt darin, daß der nur selten erfliegbare Bereich direkt über bzw. neben dem Piloten nur einen kleinen Bereich des Bildschirms beansprucht. Obwohl es immer wieder gerne versucht wird, erfordert das Fliegen eines Drachens unterhalb der Grasnarbe aufgrund der stark erhöhten Widerstandskräfte ungleich mehr Geschick als im Medium Luft. RevSim trägt dieser Tatsache dadurch Rechnung, daß es in Abb. 2 eine Bodenlinie gibt, auf der der Drache mehr oder weniger vehement aufschlägt (vorerst ohne Geräuschsimulation). Das realistische Simulieren einer Bodenberührung mit einem beliebigen Teil des Drachens ist allerdings eine ziemlich aufwendige Sache, so daß in der vorliegenden Version nur überprüft wird, ob sich der Schwerpunkt der Leitkante (Traverse) noch über dem Erdboden befindet. Auf diese Weise ist im Simulator ein unrealistisches aber sinnvolles punktuell Rollen am Boden realisierbar, das es gerade dem Anfänger ermöglicht, Manöver am Boden auszutesten, die dann in der Luft sehr viel schwieriger zu fliegen sind.

# ZWEITER FRÜHLING

**FÜR EURE STURM- UND DRANGZEIT: POWER HAWK, MILAN ODER OPEN KEEL DELTA**

Wenn Drachenpiloten sich mal so richtig austoben wollen, messen sie ihre Kräfte mit den Elementen. Das ist Action.

Oder sie hängen ihre Seele an einer Leine in den Wind. Und das ist cool.

In guten Fachgeschäften findet Ihr die Inspiration dafür. Oder auf einer der 36 Seiten unseres neuen, farbigen Katalogs. Und den bekommt man für DM 3,- in Briefmarken.

## ELIJAH

**DRACHEN UND ANDERE SACHEN**

Gebrüder Wanders · Schulstraße 30 · 46487 Wesel-Büderich  
Tel.: 02803-40 35 · Fax 02803-82 18

Händleranfragen willkommen

GRAB ON TO THE  
Edge Flying



The Competition Edge™ flew to the winners circle at the World Cup Kite Championships two years in a row.



COMPETITION EDGE™



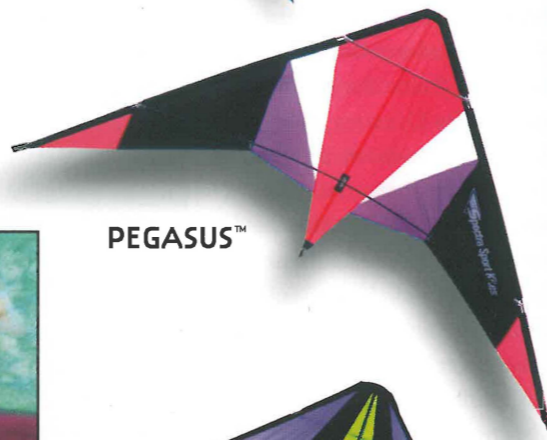
LIGHTNING™



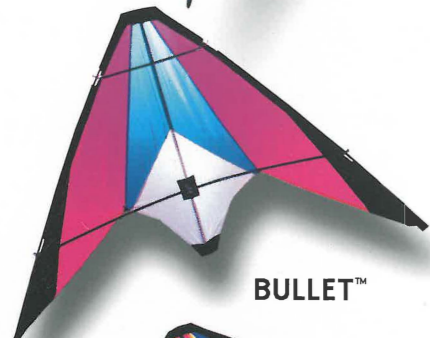
THUNDER BOLT™



FLASH POINT™



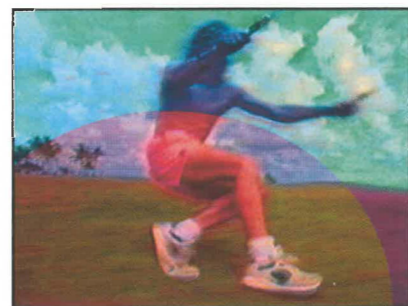
PEGASUS™



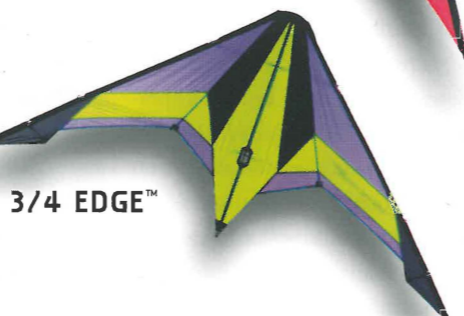
BULLET™



ROCKET™



We'll send your sales soaring!  
Five new MTV Sport  
Commercials and sizzling  
in-store videos will  
turn up the sales heat!



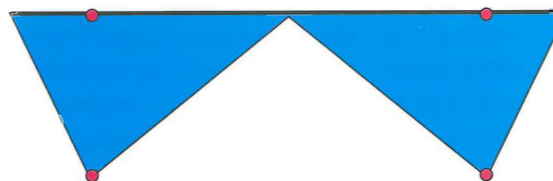
3/4 EDGE™

©1994 Spectra Star 350 East 18th Street, Yuma, Arizona 85364 Phone (602) 782-2541 Fax (602) 783-9534

## Her mit den Modellen

Im folgenden Abschnitt wird das Simulationsmodell vorgestellt, wie es in der aktuellen RevSim Version 1.2 Verwendung findet. Wie jedes mathematische Modell ist auch dieses nur eine mehr oder weniger starke Vereinfachung des unendlich komplexen realen Systems. Die hohe Kunst der Modellierung liegt nun gerade darin, genau so viel mitzuzusimulieren bzw. wegzulassen, daß ein erfahrener Pilot mit einem klaren: „Stimmt, fliegt wie mein Echter!“ urteilt. RevSim wird diese Beurteilung voraussichtlich erstmalig in der Version 42.0 verdienen. Momentan wird der in Abb. 1 dargestellte reale Revolution durch zwei ebene, starre Dreiecke modelliert (Abb. 3), die sich um eine gemeinsame starre Traverse an ihren oberen Kanten drehen können.

Abb. 3 Simulationsmodell

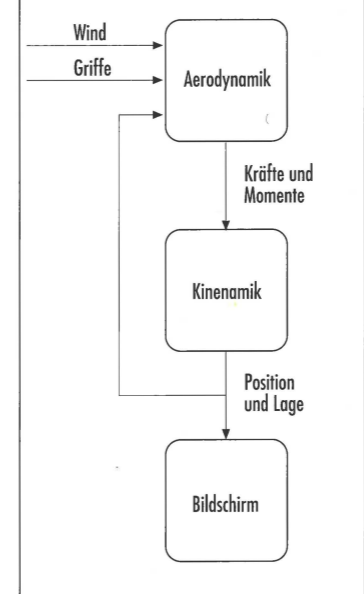


Starr heißt hier, daß sich tatsächlich auch bei noch so starkem Wind weder die Dreiecke noch die Traverse irgendwie durchbiegen. Die Traverse bleibt eine Gerade und die Dreiecke flach ohne jede Wölbung (Profil). Wie wir später sehen werden, ist das Profil des Revolution, anders als beispielsweise bei Foil oder Peel, sowieso nur von untergeordneter Bedeutung. An den roten Punkten in Abb. 3, also den Enden der imaginären Spreizen, sind die vier Leinen befestigt. Der Cyber-Rev kennt keine Waage, die übrigens auch beim Realo-Revolution überhaupt nicht nötig ist, solange der Wind nicht zu stark bläst. Die virtuellen Spreizen stehen bei RevSim im rechten Winkel (senkrecht) zur Traverse, was zwar auch nicht ganz realitätsgetreu ist, aber entscheidende Vereinfachungen bei der vektorialen Berechnung der Drachenfläche bringt.

## Blöckchenweise

Jetzt wird's ernst. Ingenieure lieben es, komplexe Zusammenhänge in, ihrer Meinung nach, überschaubaren Blockschaltbildern darzustellen.

Abb. 4 Stark vereinfachtes RevSim-Blockschaltbild



Man erkennt in Abb. 4 die für eine Drachensimulation elementar notwendigen drei Blöcke: In der Aerodynamik werden aus der Windgeschwindigkeit, den Griffwinkeln, der Lage und der Position des Drachens die auf den Drachen wirkenden Luftkräfte und -momente berechnet. Der Kinetikblock berechnet daraus die Drehbeschleunigungen, die Drehgeschwindigkeiten, die Position und die Lagewinkel des Drachens. Position und Lagewinkel werden dann im Bildschirmblock genutzt, um in jedem Zeitschritt einen neuen Drachen auf den Schirm zu zaubern und so eine fließende Bewegung vorzugaukeln. Außerdem werden die neu berechnete Position und Lage zurückgeführt und stehen im nächsten Zeitschritt für die Berechnung der neuen Luftkräfte im Aerodynamikblock zur Verfügung.

## Und er fliegt doch

Jeder Drachen hat eine Masse (in Kilogramm) und damit wirkt auf ihn eine Erdanziehungskraft (Gewicht in Newton), die ihn in Richtung Erde zieht. Soll der Drachen in der Luft bleiben, muß diese nach unten gerichtete Gewichtskraft durch eine nach oben gerichtete Kraft kompensiert werden, die in der Luftfahrt als Auftrieb bezeichnet wird. Ist diese Auftriebskraft genauso groß wie die Gewichtskraft, steht der Drachen stabil am Himmel. Ist der Auftrieb größer, steigt der Drachen, bei zu kleinem Auftrieb geht's gen Erdboden. Der Auftrieb ist neben der Luftdichte im wesentlichen von der Windgeschwindigkeit und vom sogenannten Anstellwinkel des Drachens abhängig. Die Abhängigkeit des Auftriebs von der Windstärke ist trivial: Schwere Drachen brauchen nun mal mehr Wind als Ultraleichte (mehr Wind - mehr Auftrieb - mehr Gewichtskompensation).

Etwas interessanter ist die Sache mit dem Anstellwinkel. Dazu ein kleines Experiment:

- *Strecke bei ca. 100 km/h (Fahrrad, Eisenbahn, Auto, ...) einen Arm und die daran befestigte Hand aus (dem Fenster).*
- *Variiere den Anstellwinkel der Hand: Daumen zeigt in Fahrtrichtung: Anstellwinkel 0 Grad. Daumen zeigt nach oben: Anstellwinkel 90 Grad.*
- *Versuche herauszufinden, bei welchem Anstellwinkel die Kraft, die Deine Hand nach oben drückt, am größten ist.*

Der Hobbywissenschaftler stellt fest, daß irgendwo in der Mitte zwischen 0 und 90 Grad Anstellwinkel der Auftrieb maximal ist. Bei den nun folgenden Erläuterungen wird sich zwar jeder tote Aerodynamiker im Grabe umdrehen. Qualitativ erklären, wie der Auftrieb vom Anstellwinkel abhängt, läßt sich damit aber trotzdem ganz ausgezeichnet.



Spectra Star, einer der weltweit führenden Hersteller bringt Ihnen die umwälzende Neuerung im Lenkdrachenbau. Aus unserem Hochleistungslabor kommt der Durchbruch: Die Serie der Flying Edge Lenkdrachen. Hergestellt unter aerodynamischen Gesichtspunkten, mit einer Leistung von Modellen die sonst fünf- bis zehnmal teurer sind, führt der Flying Edge Sie zu neuen Flugerlebnissen.

Spectra Sport Erzeugnisse sind in ganz Europa erhältlich. Setzen Sie sich mit einem der untenstehenden Händler für weitere Informationen in Verbindung:

Hoff S.A. France  
„Le Forum“ Route des Pontos  
F 64105 Bayonne Cedex  
France  
Tel. +(33)-59630734 oder  
59631736  
Fax +(33)-50319780

Der Spieler  
Kerngartenstr. 15  
CH 4104 Oberwil  
Tel. +(41)-61-4015350  
Fax +(41)-61-4015352

Wolkenstürmer  
Hansastr. 52  
D 20144 Hamburg  
Tel. +(49)-40-454971  
Fax +(49)-40-448672

Q.U.I.C.K.  
Victoria Regiastraat 32  
NL 1338 ZA Almere  
Tel. +(31)-3653-22241  
Fax +(31)-3653-28801

Overflots  
Chemin D' Armancourt  
Zac Mercierces No. 3  
F 60200 Compiègne  
Tel. +(33)-44230284  
Fax +(33)-44230046

Roka GmbH  
Kurt Blaum Platz 1  
D 63450 Hanau  
Tel. und Fax + (49)-618-1256146

**WINDVOGEL**  
6m Spannweite---16mm Epoxid---4 Stand offs---zugstark---auch in Neonfarben

**BIG BIKE**

**SATURN**  
aufwendiger Sternsdrachen---165 x 150cm---72 oder 108 Paneele---Epoxid / CFK  
2,5m Durchmesser---Windturbine aus 48 Segmenten---Spinnaker

**RINGELSCHLANGE**  
Windbereich ab 2bft---320cm Spannweite---10mm CFK---22 Paneele

**LARGE**  
ICE DART  
Händleranfragen willkommen  
MARTERBURG30/31  
28195 BREMEN 1  
TELEFON (0421) 32 42 44  
TELEFAX (0421) 3 37 81 10

Katalog anfordern Schutzgebühr 5,- DM

In Abb. 5 sind Geometrie und Kräfte bei drei verschiedenen Anstellwinkeln (a) dargestellt. Je größer der Anstellwinkel ist, desto größer ist auch die wirksame Fläche des Drachens, also die Fläche, mit der sich der Drache dem Wind entgegenstellt, mit der er quasi den Wind einfängt. Diese Fläche ist am größten, wenn der Drache senkrecht steht (Anstellwinkel 90 Grad) und sie ist null, wenn der Drache ganz flach liegt (Anstellwinkel null).

In diesem einfachen Modell gehen wir nun davon aus, daß der Wind auf den Drachen eine Kraft (Gesamte Luftkraft, lila Pfeil) bewirkt, die desto größer ist, je größer die im Wind stehende wirksame Fläche ist. Der lila Pfeil ist deshalb in Abb. 5 oben viel größer als in Abb. 5 unten. Da diese Gesamte Luftkraft nun aber senkrecht auf der Drachenfläche steht, trägt nur ein Teil der lila Gesamtkraft wirklich dazu bei, den Drachen nach oben zu drücken. Um diese Teilkraft zu erhalten, zerlegt man die lila Gesamtkraft in zwei senkrecht aufeinander stehende Teilkräfte: Eine waagerechte, nach rechts zeigende, rote Widerstandskraft und die nach oben ziehende, grüne Auftriebskraft. Betrachten wir nun die drei unterschiedlichen Fälle in Abb. 5: Bei großem Anstellwinkel ist die wirksame Fläche groß. Also ist auch die resultierende Gesamte Luftkraft (lila) groß. Leider aber zeigt diese Gesamtkraft fast nur waagrecht nach rechts. Es wird also praktisch nur Widerstand produziert, den wir als große Seilkraft spüren. Der Auftrieb ist entsprechend gering.

Bei mittlerem Anstellwinkel (ca. 45 Grad) ist zwar die im Wind stehende Fläche geringer und damit auch die lila Luftkraft. Dafür zeigt diese aber auch zur Hälfte nach oben, so daß der Auftrieb sehr groß wird. Bei kleinem Anstellwinkel ist die resultierende lila Luftkraft zwar sehr schön nach oben gerichtet. Leider aber sind die angeströmte

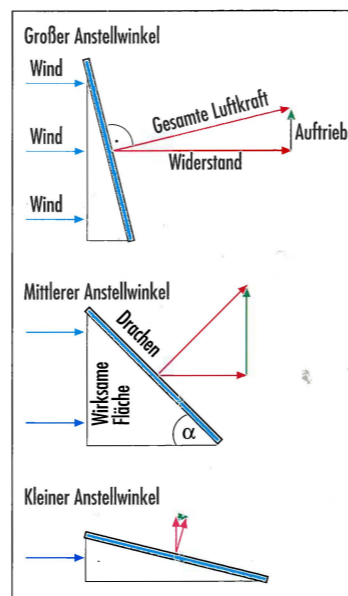


Abb. 5 Luftkräfte

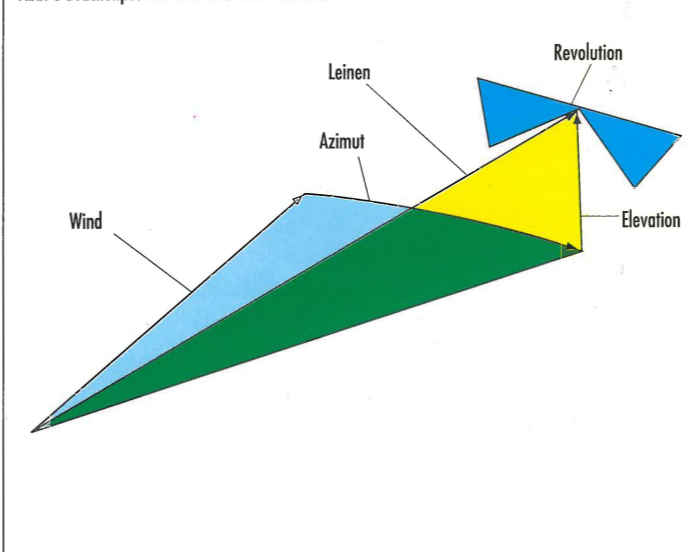
Fläche und damit auch die resultierende Luftkraft so klein, daß kein vernünftiger Auftrieb erzeugt werden kann.

Üblicherweise wird der Revolution, wie auch die meisten anderen Drachen, im Anstellwinkelbereich zwischen 45 und 90 Grad geflogen. Solange er am Boden steht, beträgt der Anstellwinkel 90 Grad und der Auftrieb ist null. Zieht der Pilot dann die oberen Griffenden zu sich heran, bis die Griffe waagrecht liegen, wird der Revolution auf ungefähr 45 Grad angestellt, erhält maximalen Auftrieb und steigt auf seine Maximalhöhe. Ein Heranziehen der unteren Griffenden stellt dann einen mittleren Anstellwinkel irgendwo zwischen 45 und 90 Grad ein, was einen entsprechend kleineren Auftrieb produziert. Der Drache sinkt.

In der Realität erzeugt bei kleinen Anstellwinkeln die Wölbung (Profil) des Drachens noch einen kleinen Zusatzauftrieb, der den Anstellwinkel des größten Auftriebs etwas kleiner als 45 Grad werden läßt.

Im Aerodynamikblock von Abb. 4 werden nun für jedes der beiden Dreiecke eines Revolution (vgl. Abb. 3) die Anstellwinkel und die daraus resultierenden Luftkräfte berechnet und an den Kinematikblock übergeben.

Abb. 6 Drachenposition in Azimut und Elevation



**Alles dreht sich, alles bewegt sich**

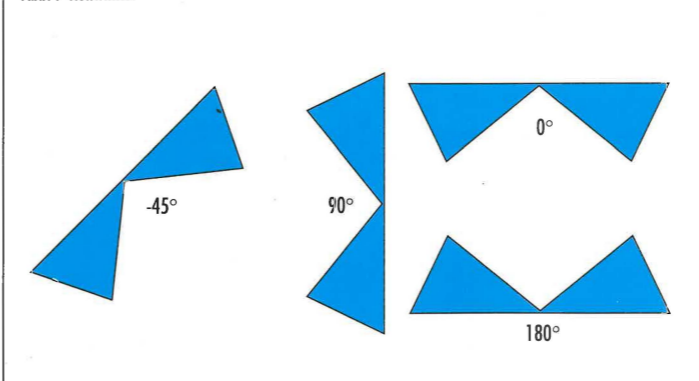
Im Kinematikblock werden aus den am Drachen angreifenden Kräften (Luftkräfte, Gewicht und Seilkräfte) Drehbeschleunigungen berechnet und diese zu Drehgeschwindigkeiten und Drehwinkeln aufintegriert. So ist in Abb. 6 beispielsweise die Position des Drachens auf der fliegenden Viertelkugel durch die beiden Winkel Azimut und Elevation definiert.

Der Azimut (türkis) wird dabei auf der Erdoberfläche gemessen und gibt an, um welchen Winkel sich der Revolution nach rechts bewegt hat. Der Azimut kann daher Werte zwischen -90 Grad (ganz links) und 90 Grad (ganz rechts) annehmen. Analog ist die Höhe des Drachens durch den auf dem Azimut senkrecht stehenden Elevationswinkel (gelb) definiert. Da natürlich nur positive Höhen sinnvoll sind, kann die

Elevation zwischen 0 und 90 Grad liegen. Zusätzlich zu den beiden Positionswinkeln Azimut und Elevation wird jetzt noch in Abb. 7 ein Rollwinkel definiert, der angibt, wie weit sich der Revolution um die Seilachse gedreht hat.

Da ein Revolution auch mit siebenmal gekreuzten Flügelachsen (Rollwinkel immerhin 2520 Grad) noch halbwegs sicher zu fliegen ist, kann der Rollwinkel theoretisch beliebig große positive und negative Zahlenwerte annehmen. Die momentanen Zahlenwerte der drei Drachenwinkel (Azimut, Elevation und Rollwinkel) können unter RevSim zu jedem Zeitpunkt der Simulation abgefragt werden. Zusätzlich gibt's dann noch numerische Informationen über die aktuellen Griffwinkel, die Geschwindigkeiten von Wind und Drachen und die Seilkräfte.

Abb. 7 Rollwinkel



**Rhombus**

POWER TO THE SKY  
**To Bee or not to Bee**



**Neu!**  
190 x 85cm • Spinnakernylon • Carbonrohr 6 mm • Spaceline-Set  
• Ready to fly • 4x Stand off's • Nylonpacksack • 2 - 7 Beaufort  
Witziges Design verbunden mit super Flugeigenschaften. Schnell und präzise lenkbar. Bei starkem Wind extrem schnell und wendig. Teamflugeeignet.



**Neu!**  
180 x 75 cm • Spinnakernylon • Carbonrohr 6 mm • Spaceline Set  
• Ready to fly • Stand off's • Nylonpacksack • 2 - 7 Beaufort  
Geräuschlos fliegender Sportlenkdrache der Spitzenklasse. Äußerst präzise und wendig. Schnell und mit mittlerer Zugkraft auch für Jugendliche hervorragend geeignet.



**Neu!**  
117 x 53 cm • Spinnakernylon • 3 mm Carbongestänge • 2 x Lenkleinen • Stand off's • Nylonpacksack • 2 - 7 Beaufort  
Sehr schneller und wendiger Sportlenkdrache. Fordert die volle Konzentration des Piloten. Kann zur Drachenstaffel ausgebaut werden.

### Stabil oder nicht stabil

Warum ist ein Revolution in Rückenlage (Rollwinkel 180 Grad) so viel schwieriger zu fliegen als in Normallage (Rollwinkel 0 Grad)? Ist der Drachen nach einer vollen Drehung (Rollwinkel 360 Grad) mit gekreuzten Seilen wieder so einfach fliegbar wie bei einem Rollwinkel von 0 Grad? Warum halten erfahrene Piloten den linken über den rechten Griff, wenn sie einen Rollwinkel von 90 Grad fliegen?

Zur Beantwortung dieser Fragen wieder ein kleines Experiment: Verbinde zwei Streichhölzer, wie in Abb. 8 gezeigt, mit zwei Bindfäden. Das linke Streichholz steht jetzt für einen Griff und das rechte Streichholz symbolisiert die entsprechende Spreize des Drachens. Die oberen beiden Bilder von Abb. 8 zeigen die Veränderung des Anstellwinkels, wenn sich der Drachen bei einem Rollwinkel von 0 Grad in die Lüfte erhebt. Es ist leicht nachvollziehbar, daß beide Streichhölzer parallel bleiben, daß also der Anstellwinkel nicht von der Höhe

abhängt. Streichhölzer und Leinen bilden ein Parallelogramm. Ganz anders bei einem Rollwinkel von 180 Grad in der mittleren Zeile von Abb. 8 Wenn der Drachen (bzw. das rechte Streichholz) „auf dem Kopf steht“, wenn also die Leinen einmal gekreuzt sind, führt jedes Heben des rechten Streichholzes zu einer Verkleinerung des Anstellwinkels. Der Anstellwinkel des Drachens wird also mit steigender Höhe kleiner. Da aber ein kleinerer Anstellwinkel einen größeren Auftrieb erzeugt, der den Drachen noch weiter nach oben treibt, kann sich kein stabiler Flugzustand einstellen. Auch in der umgekehrten Richtung ist das Verhalten des Revolution instabil. Wenn die Höhe abnimmt, vergrößert sich der Anstellwinkel, der Auftrieb nimmt ab und der Drachen sinkt weiter, bis zum Boden. Natürlich kann der in dieser Lage instabile Drachen durch den Piloten stabilisiert werden, nur erfordert diese Regelaktivität von diesem größeren Geschick und permanente Aufmerksamkeit.

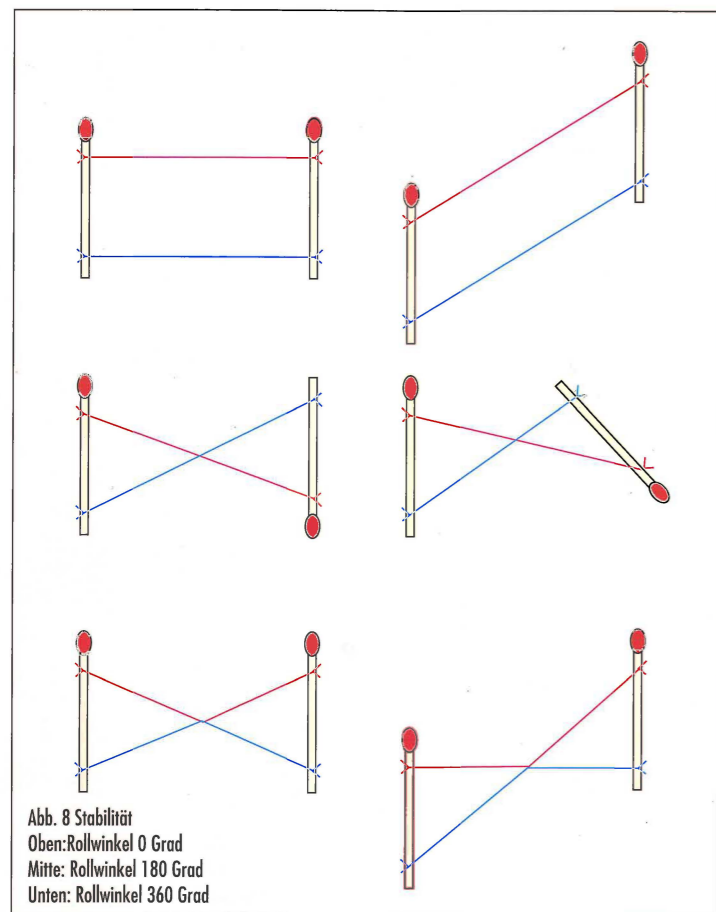


Abb. 8 Stabilität  
Oben: Rollwinkel 0 Grad  
Mitte: Rollwinkel 180 Grad  
Unten: Rollwinkel 360 Grad

Interessanterweise stellen sich wieder stabile Verhältnisse ein, wenn der Revolution eine volle Drehung ausgeführt hat und der Rollwinkel 360 Grad beträgt (Abb. 8 unten). Trotz der gekreuzten Leinen läßt sich jetzt das rechte Streichholz mit konstantem Anstellwinkel hochbewegen, der Drachen fliegt, wie bei einem Rollwinkel von 0 Grad, wieder stabil.

Eine eingehendere Analyse der Stabilitätsverhältnisse zeigt, daß der Revolution immer dann stabil fliegt, wenn die Drachentraverse (Leitkante) und die Grifftraverse (gedachte Verbindung der oberen Griffenden) parallel zueinander sind (und in die gleiche Richtung zeigen). Der Differenzwinkel zwischen Drachentraverse und Grifftraverse wird daher hier als Stabilitätswinkel eingeführt. Beträgt der Stabilitätswinkel 0 Grad oder Vielfache von 360 Grad, fliegt der Revolution stabil. Je näher der Stabilitätswinkel 180 Grad kommt, desto instabiler wird der Drachen.

Wenn also der Drachen bei einem Rollwinkel von beispielsweise 90 Grad auf seiner rechten Spitze steht und die Griffe normal gehalten werden, beträgt der Stabilitätswinkel zwischen beiden Traversen 90 Grad und das Flugverhalten wird schon ziemlich instabil. Dreht nun der Pilot die Griffe nach, so daß sich der linke Griff über dem rechten befindet, sind die beiden Traversen wieder parallel, der Stabilitätswinkel ist wieder null und der Pilot hat keine Schwierigkeiten mehr, den Revolution zu stabilisieren.

Wie wäre nun die Schlußfolgerung, um auch bei einem Rollwinkel von 180 Grad (Rückenflug) einen Stabilitätswinkel von null zu erhalten? Genau - auch die Grifftraverse muß um 180 Grad mitgerollt werden. Das bedeutet aber, daß der rechte Griff in der linken Hand, der linke Griff in der rechten Hand landet und daß beide Griffe mit

ihren unteren Enden nach oben zeigen. Die Leinen sind dann wieder alle parallel und ungekreuzt. Und tatsächlich, nachdem man seinen Kopf davon überzeugt hat, daß man jetzt keinen umgedrehten, sondern wieder einen ganz normalen, stabilen Revolution fliegt, der nur ein bißchen anders aussieht, ist auch der Rückenflug ein Kinderspiel.

Um nun gerade Anfängern zu ermöglichen, größere Rollwinkel ohne Abstürze zu fliegen, bietet RevSim einen abschaltbaren Modus, in dem ein kleiner Autopilot dafür sorgt, daß die Grifftraverse fortwährend der Drachentraverse nachgeführt wird, daß also der Stabilitätswinkel laufend zu null geregelt wird.

### Woher nehmen

RevSim gehört mir und darf nur an wirklich gute Freunde weitergegeben werden, die sich ihrerseits verpflichten, das Programm auch nur an wirklich gute Freunde weiterzugeben, die sich ...

Wer über einen Internetzugang mit FTP verfügt, kann RevSim unter anderem auf dem FTP-Server der Uni Bremen:

[ftp.uni-bremen.de](ftp://ftp.uni-bremen.de)

im Verzeichnis:

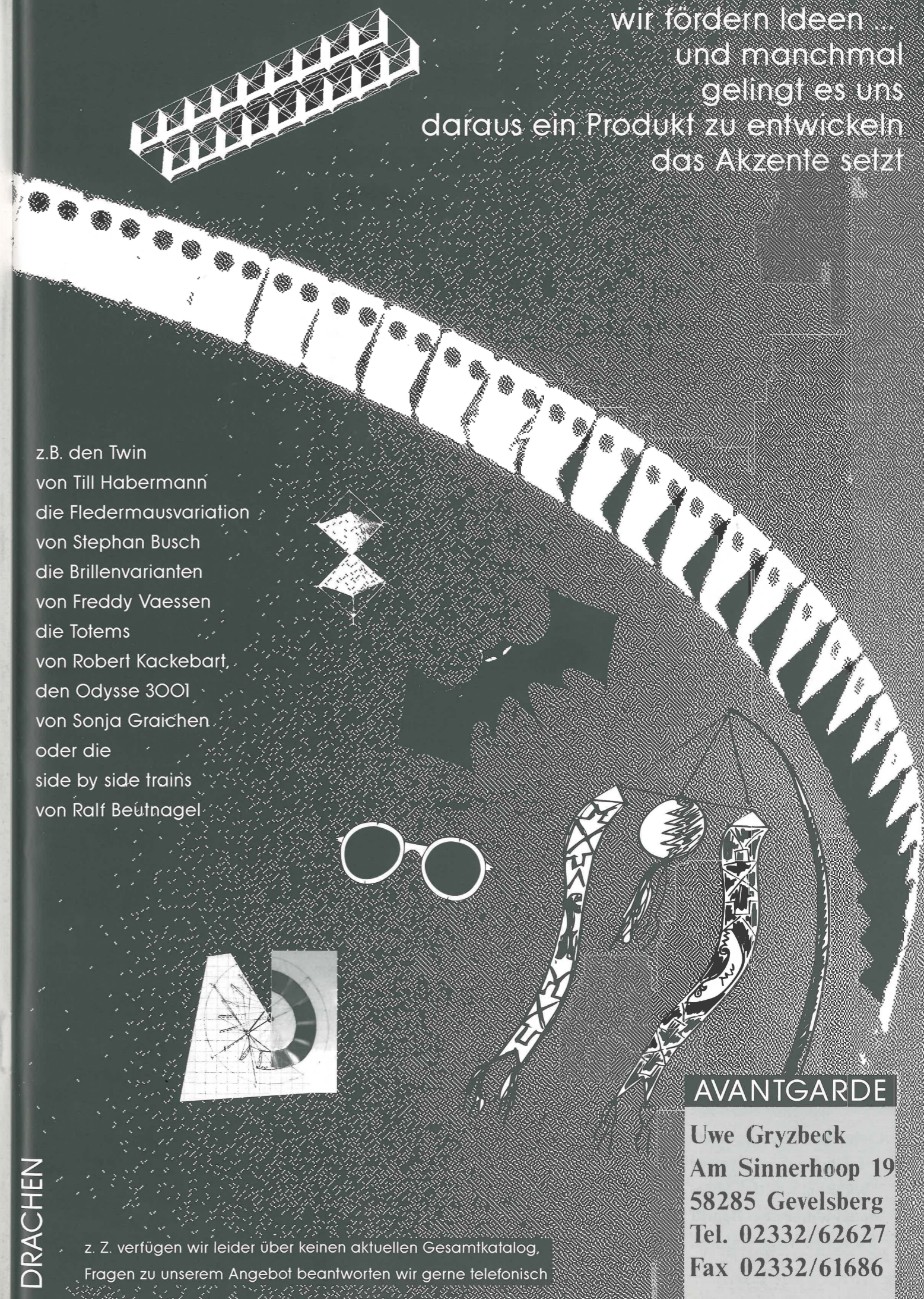
<pub/kites/simulation/revsim>

finden. Internetter ohne FTP dürfen sich auch gerne vertrauensvoll direkt an mich:

[fk2m@bfkvax.fm.bs.dlr.de](mailto:fk2m@bfkvax.fm.bs.dlr.de)

wenden, was den Vorteil hat, daß sie dann in eine Liste aufgenommen werden und ich (bzw. mein Rechner) ihnen automatisch Updates schicken kann. Des Weiteren liegt RevSim mittlerweile in diversen Mailboxen herum und wartet auch dort sehnlichst darauf, heruntergeladen zu werden. Modemlose Computer- und Drachenfreaks schicken einen mit DM 3,- frankierten Freiumschlag an's DRACHENmagazin und bekommen das Programm auf 3,5" Diskette zugeschickt.

wir fördern Ideen ...  
und manchmal  
gelingt es uns  
daraus ein Produkt zu entwickeln  
das Akzente setzt



- z.B. den Twin von Till Habermann
- die Fledermausvariation von Stephan Busch
- die Brillenvarianten von Freddy Vaessen
- die Totems von Robert Kackebart
- den Odysse 3001 von Sonja Graichen
- oder die side by side trains von Ralf Beutnagel

DRACHEN

z. Z. verfügen wir leider über keinen aktuellen Gesamtkatalog, Fragen zu unserem Angebot beantworten wir gerne telefonisch

AVANTGARDE

Uwe Gryzbeck  
Am Sinnerhoop 19  
58285 Gevelsberg  
Tel. 02332/62627  
Fax 02332/61686