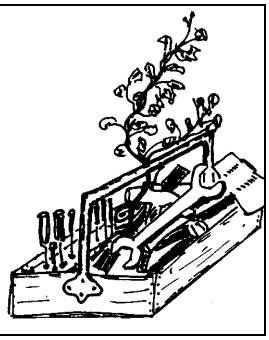
Unterrichtsprojekte Natur und Technik

Landeshauptstadt Hannover
Schulbiologie-zentrum Hannover

Schulbiologiezentrum Hannover
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover
Telefon: 0511-168-47665/7
Fax: 0511-168-47352
E-mail:
schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de
Internet:
www.schulbiologiezentrum-hannover.de
www.foerderverein-schulbiologiezentrum.de



19.41

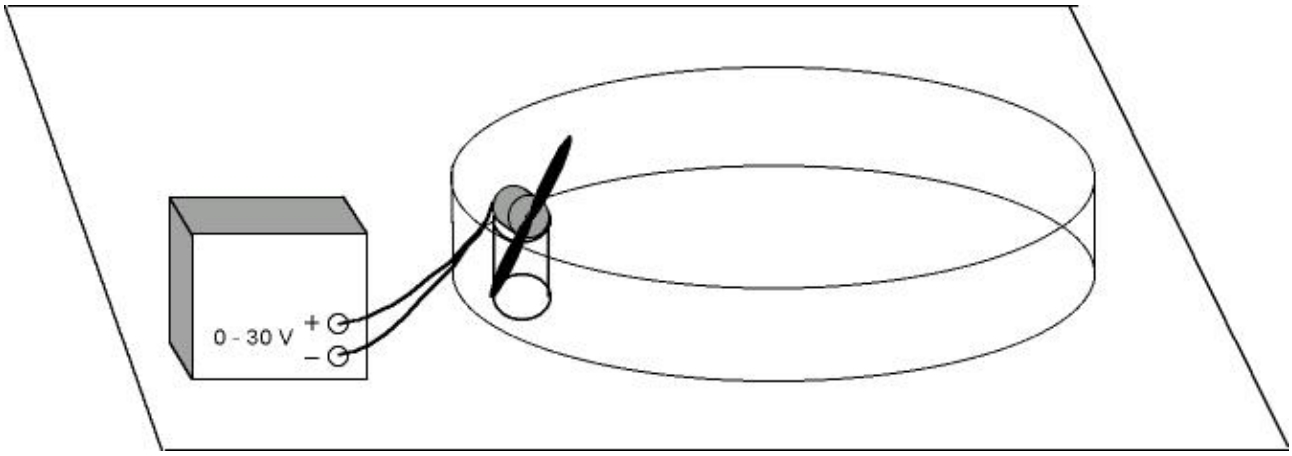
Äols Karussell oder: Was macht der Sand am Strand? Ein Experiment zur Dynamik windgeschaffener Landschaftsformen

Die Oberfläche der Erde ist ständigen Veränderungen unterworfen: „Panta rhei“, alles ist im Fluss, nichts bleibt wie es ist. Geomorphologische Prozesse vollziehen sich allerdings zumeist in geologischen, vom einzelnen kaum wahrnehmbaren Zeit-räumen. So bleiben die Alpen innerhalb einer menschlichen Lebensspanne wohl die Alpen und die Elbe wird sich noch lange an den im Atlas festgeschrieben Lauf halten.
Murenabgänge in den Bergen oder die „Jahrtausendflut“ in Ostdeutschland demonstrieren jedoch, dass die landschaftliche Bühne auf der Menschen agieren nur als Momentauf-nahme eines dynamischen Prozesses auffassen lässt, der keinen Beginn und kein Ziel hat. Die Schöpfung ist ein dauernder Auf-, Ab- und Umbauprozess.
Diese Bühne ist für viele mit dem Wandel von der Agrar- zur Dienstleistungsgesellschaft zur Kulisse geworden. Nur noch wenige gehen, anders als frühe bäuerliche Gesellschaften gestaltend mit der Landschaft um.
Durch Fließgewässer und durch Wind geformte Landschaften verändern sich besonders kurzfristig. Besonders am Strand kann man zusehen, wie sich das Lockermaterial Sand unter dem Einfluss dieser Kräfte verlagert und sich Kleinformen ständig verändern. Bei ablaufendem Wasser bilden sich im unteren Strandbereich breite, urstromtalähnliche und zopfmusterartige Flüsse, mäandrierend mit Prall- und Gleithängen und einer oft auch

farblich unterstrichenen Korngrößensortierung. Ein vom Wind überstrichener trockener Strand zeigt Rippelmarken, auch diese sortiert nach Korngröße. In der Nähe von Hindernissen kommt es zu Düseneffekten zu mit Ausblasungen oder Sandakkumulation im Windschatten.
Mehrere im kurzen Abstand gemachte Fotos zeigen starke Veränderungen und dies umso augenfälliger, je kleiner der in die Betrachtung gezogene Bereich ist.
Grob formuliert sind die dynamischen Kleinformen fraktale Abbilder größerer Einheiten, die Ablaufrinnen im Niedrigwasserbereich stellen Kleinformate großer Wildströme, etwa im subarktischen Bereich dar, die Sandrippeln haben ihr Pendant in hintereinander gestaffelten Dünensystemen z.B. großer Wüsten.
Das was im Kleinen zu beobachten ist weist auf die Gesetzmäßigkeiten der Bildungsprozesse großer Landschaftseinheiten.

Der Wind ist nur *ein* landschaftsgestaltendes Element. Wie Wind und Sand miteinander umgehen, lässt sich am Strand gut zeigen. Ersatzweise tut es auch ein Quadratmeter Sandfläche und ein künstlich erzeugter Wind.
Mit dem im folgenden beschrieben, recht einfach herzustellenden Modell können Sie durch einen veränderbaren Luftstrom ein sich ständig veränderndes Landschaftsmuster schaffen. Durch spielerisches, zufälliges oder gezieltes Verändern einzelner Faktoren lässt sich erfahren, wie kleine Ursachen unter Umständen große Wirkungen haben.
Schon kleinere Umgestaltungen in der Landschaftsarchitektur führen unter Umständen zu dramatisch veränderter Eigendynamik.

„Äols Karussell“ ist benannt nach Äol, dem griechischen Gott des Windes und weil der Wind in diesem Experiment im Kreis herumläuft. Das Karussell besteht aus einer transparenten Arena, hergestellt aus einem etwa 20 cm breiten und 2 mm starken Plexiglasstreifen. Die Maße sind nicht zwingend vorschrieben, allerdings sollte sich die Größe nach dem zur Verfügung stehenden Winderzeuger richten.



Soll die Arena zum Beispiel einen Durchmesser von 75 cm haben, ist die Länge des Streifens mit 75 cm x π = 236 cm plus einem Überstand von 2 x 30 cm zu veranschlagen, also gut 300 cm.
Sollte diese Länge nicht erhältlich sein, kann die Arena auch aus zwei Streifen zusammengebaut werden. Der Streifen wird mit Bohrlöchern versehen, zu einem Kreis gebogen und mit Schrauben und Flügelmuttern zusammengeschraubt. Achten Sie darauf, dass die Bohrlöcher so gesetzt werden, dass sie beim Zusammenbiegen der Arena genau übereinander liegen.

Plexiglasstreifen mit Bohrlöchern.

Die Arena sollte nach dem Zusammenbau mit einem Fugendichtmittel (z.B. Silicon oder Fensterkitt) auf einer ebenen und glatten Platte aufgeklebt werden.
Die Kabelzuführung kann zwischen die überstehenden Enden der Arena geklemmt werden. Danach ist der Spalt gut abzudichten.
Eine „Windmühle“, bestehend aus einem mit Kies gefüllten Marmeladenglas, einem Glockenankermotor (Gleichspannung, 45 Volt max.), und einem auf die Achse aufgesetzten Propeller (Flugmodellbedarf).

Den Motor haben wir mit Textilklebeband auf das Marmeladenglas gesetzt.
Als Spannungsquelle dient ein regelbares Netzgerät 0 – 25 Volt, wenn vorhanden, können Sie ein zweites Netzgerät in Reihe schalten und so die Spannung über diesen Wert hinaus erhöhen.
Die „Windmühle“ haben wir mit etwas Knetmasse am Boden befestigt.
Glockenankermotoren sind im Allgemeinen relativ teuer, es gibt aber günstige Anbieter, eine Internetrecherche lohnt sich!
Verschiedene große Elektronikläden bieten passende Motoren zum Preise von unter 10 € an.

Die Arena sollte mit einer transparenten Platte abgedeckt werden. Dadurch bleibt die Energie und die vom Wind verfrachteten Materialien im geschlossenen System. Selbstverständlich muss die Abdeckung dicht auf der Arena sitzen. Da die Luft im System nur rotiert und nicht von außen zugeführt wird (etwa durch einen außerhalb betriebenen Fön oder einen „verkehrt herum“ betriebenen Staubsauger) gibt es dabei kein Problem.

Als Landschaftsmaterialien eignen sich **Kies** und **Sand** unterschiedlicher Korngröße. Der im Baustoffhandel verkaufte **Quarzsand** eignet sich aufgrund seiner geringen Korngröße recht gut.
Bentonit, ein sehr fein gemahlenes Tonmineral, ursprünglich aus vulkanische Tuffgestein entstanden, im Gartenbau zur Bodenverbesserung eingesetzt und im Fachhandel (z.B. Gartenbaumarkt) erhältlich, hat den Vorteil, schon bei geringen Windgeschwindigkeiten bewegt zu werden, aber leider auch den Nachteil, dass er durch jede nicht 100% abgedichtete Fuge wandert und sehr bald die Arena und die Abdeckung mit einer feinen Staubschicht überzieht, durch die man nicht mehr hindurchsehen kann. Bentonit kriecht – wie der z.B. nach Spanien hineingewehte Saharastaub - auch durch gut abgedichtete Fugen hindurch und lagert sich auch in entfernten Winkeln ab. Ersatzweise lässt sich auch **Baugips** oder **Zement** verwenden.

Sehr gut geeignet ist **Sägemehl**, wo auch größere Teilchen sehr leicht verfrachtet werden.
Zu empfehlen ist auch **Sägespäne**, da sie kleinere, und unter Umständen fest liegende Teilchen mitreißen kann.
Zu empfehlen, sehr leicht und ebenso leicht beschaffbar, ist staubtrockener und feingemahlener **Torf**.
Styroporkügelchen wirbeln in der Luft herum, sie machen strömungsreiche und –arme Gebiete sowie Wirbelzonen deutlich und bleiben schon bei mäßigen Windgeschwindigkeiten nicht mehr liegen.
Achten Sie möglichst darauf, unterschiedlich gefärbtes Material zu verwenden. Dadurch wird die unterschiedliche Bewegungsgeschwindigkeit verschieden schwerer Teilchen besonders gut deutlich. Auch die spätere Sortierung lässt sich dadurch gut erkennen.
Wichtig ist eine gute **Beleuchtung**, also ein Platz in der Sonne oder zum Beispiel ein starker Baustellenstrahler.

Setzen Sie einige große Steine in die Mitte. Das verhindert, das sich die feinen Materialien in der zentralen windarmen Zone absetzen und sich damit der Zirkulation entziehen. Zwischen den Steinen bilden sich Wirbelzonen aus durch die der Staub oft senkrecht nach oben herausgeschleudert wird und mit den Oberströmungen wieder in den Kreislauf hineingewirbelt wird. Die in solchen Kaminen stark beschleunigten Teilchen erklären die manchmal starken Winde in einer Gebirgsklamm oder warum Steilabbrüche so gut für Drachenflieger geeignet sind. Auch der Düseneffekt in Häuserschluchten wird so verständlich.
Verteilen Sie die unterschiedlichen Materialien möglichst gleichmäßig auf den ganzen Arenaboden. Unmittelbar nach dem Inbetriebsetzen wirbeln die Teilchen sehr dramatisch durch die Arena, was besonders gut durch die Styroporkügelchen und die Holzspäne zu sehen ist.
Nach und nach beruhigt sich das Chaos, weil jedes Teilchen „seinen“ Platz findet, von dem aus es bei gleicher Windstärke nur schwer zu lösen ist. Das gilt besonders für Orte im Windschatten von Steinen. Immer wiederwird ein größeres Teilchen, z.B. ein Holzspan vom Wind ergriffen, reißt andere Teile mit und hinterlässt eine Lücke, an der die Erosion neu ansetzen kann.

Vor Beginn des Versuchs

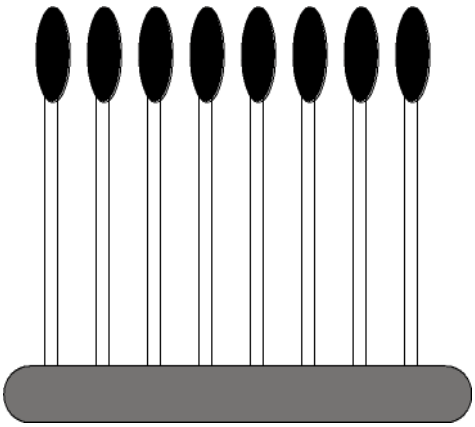
nach einer Minute

nach einer Stunde

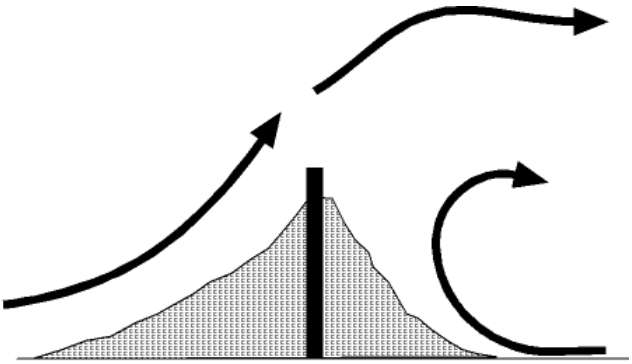
Nach längerer Zeit ist zu beobachten, dass die Teilchen sich, ihrem Gewicht und ihrer Oberfläche entsprechend sortieren.
Freie, leergefegte Zonen zeigen, dass sich hier keins der eingebrachten Teilchen halten kann. Das ist besonders im „Fegebereich“ vor dem Propeller und dort der Fall,

wo der Windstrom durch Steine verengt und beschleunigt wird. Dünen aus Feinstaub z.B. Sägemehl und Bentonit verweisen auf ruhige Windschattenlagen.
Besonders unmittelbar vor dem Propeller, am Fuß der Arenawand, bildet sich eine Düne aus Feinstaub.

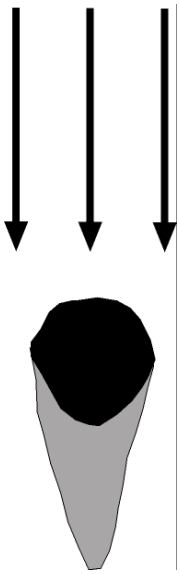
Windfangzäune:
Rollen Sie eine Knetgummiwurst, drücken Sie diese an einer windigen Stelle auf dem Boden fest, z.B. an der Wand der Arena. Streichhölzer, mit doppelten Streichholzdurchmesser Abstand kammartig in das Knetgummi gesteckt, bilden einen Sandfangzaun, so wie sie an der Nord- und Ostseeküste zum Festhalten des Sandes üblich sind.



Verteilen Sie die Feinmaterialien gleichmäßig über die ganze Fläche. Besonders in der noch von starker Dynamik geprägten Anfangsphase ist gut zu sehen, dass Holzspäne und Styroporkügelchen am Zaun nach oben abgelenkt und in weitem Bogen über ihn hinwegbewegt werden. Auf der dem Wind abgewandten Seite bleiben diese Teilchen liegen. Sie werden sogar von hinten diese Zone hineingesogen. Der Grund dafür ist, dass die vor und über dem Hindernis beschleunigte Luft ständig Luft aus der windabgewandten Zone herausreißt, wodurch sich ein Unterdruck bildet.
Auch vor dem Zaun bleibt Material liegen: Gröbere Teilchen bleiben zwischen den Streichhölzern hängen, die dadurch zu einer fast dichten Wand werden. Die Luft drängt an der Wand hoch, beschreibt dabei aber eine Kurve, sodass eine windstille Zone am Fuße entsteht. Besonders Feinmaterial bleibt hier liegen, das andernorts kaum zur Ablagerung käme.



Wenn die Streichholzköpfe nach oben zeigen, werden die dem Wind abgewandten „Hinterköpfe“ fein eingemehlt. Auf der Stirnseite bleibt der Staub nicht hängen.



Längliche Spanteilchen legen sich oft der Länge nach in die Strömung und zeigen so die vorherrschende Windrichtung an. Ein nach längerer Zeit gut erkennbares Strömungsmuster entsteht dadurch, dass hinter jedem kleinen Hindernis ein kleiner keilförmiger Sandhaufen liegen bleibt, dessen Spitze in die Richtung zeigt, in die der Wind weht.
Kleine Windrichtungs- und Windstärkeanzeiger können Sie aus mit kurzen Fäden versehenen Streichhölzern herstellen, die mit Knetmasse am Boden befestigt werden.
Achten Sie darauf, welche Wirkung das Aufstellen des oben genannten Sandfangzauns im weiteren Umfeld hat.

Ingo Mennerich, Januar 2003