

Papier falten

Systemaktivität

Schuljahr	Anzahl Personen
MS–OS	Keine Angaben
Örtlichkeit	Zeitbedarf
Keine besonderen Angaben	5–15 Minuten, länger, wenn genauere Besprechung oder Mathematisierung gewünscht
Material	Ziele und Systembegriffe
Eine Papierserviette pro teilnehmende Person	- Verstärkende Rückkopplung bzw. exponentielles Wachstum erlebbar machen - Die Grenzen des Wachstums erfahren - Verlaufsgrafik zeichnen und interpretieren

Hintergrundinformationen

Diese Übung verdeutlicht die Macht verstärkender Prozesse und ermöglicht, über exponentielles Wachstum nachzudenken. Solche Prozesse sind im Alltagsgeschehen zwar überall vorhanden, doch meist werden sie in ihrer Zeitperspektive nicht richtig erkannt. So zum Beispiel, wenn jemand sagt: «Ich möchte, dass mein Lohn jedes Jahr 5% grösser wird.» Oder «Ich wünsche mir jedes Jahr einen neuen Computer, der 30% schneller ist als der des Vorjahres!» Die meisten Menschen verlassen sich auf ihre Erfahrung mit linearen Systemen, wenn es darum geht, das Resultat exponentiellen Wachstums abzuschätzen. In dieser Aktivität schätzt man meistens total daneben!

Jedes System, das exponentiell wächst, kommt irgendwann an seine Grenzen und der Prozess wird durch die begrenzenden Faktoren zum Gleichgewichtsprozess. Dann wird die Kurve abflachen oder gar umkehren. Es macht Sinn, diese Faktoren frühzeitig zu erkennen, da der Prozess sonst ausser Kontrolle geraten und die Konsequenzen verheerend sein können.

Ablauf

Die Schritte 1 bis 2 werden gemeinsam gemacht, anschliessend überlegen und schätzen die Teilnehmenden alleine.

1. Nimm die Serviette und falte sie in der Hälfte.
2. Falte sie wieder und nochmals und ein 4. Mal. Nach 4 bis 6 Faltungen ist das Papier etwa 1 cm dick.
3. Stell dir vor, du könntest das Papier ab jetzt weitere 29x falten, wie dick wäre es dann? Schreibe deine Schätzung auf.
4. Die unterschiedlichen Vermutungen werden gesammelt und am Ende zusammen ausgewertet.

Auswertung

Die korrekte Antwort der Schätzung ist konterintuitiv, die richtige Antwort wird niemand kennen. Die Spielleiterin fängt daher tief an: Wer meint, es sei dann 30 cm dick, wer vom Boden bis Tischhöhe, wer bis zur Decke, zum Dach ...? Welche Antwort erhält am meisten Stimmen?

Also: weitere 29x gefaltet, erhält ein Papier von 1 cm die Dicke von mehr als 5000 km oder 500'000'000 cm. Das ist die Distanz von Zürich bis zur Ostküste der USA.

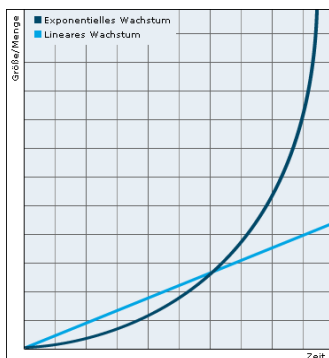
Meist sind alle geschockt über die richtige Antwort und vermuten einen Trick. Dann macht man an der Tafel die Rechnung 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 ... und nach 29 Verdoppelungen kommt man auf 540 Millionen.

Wenn wir zusätzlich annehmen, wir machen einen Falt pro Sekunde, dann würde sich das alles innerhalb von 33 Sekunden abspielen. Die Zeitdimension ist beim Exponentialverhalten eines Systems eine wichtige Einheit. Vergleicht man mit der Weltbevölkerung: Heute ist die Menschheit gerade etwa diese 33 Verdoppelungszeiten weg vom ersten Menschen – und es gibt mehr als 6 Milliarden Menschen auf der Welt. Jede Verdoppelung ist heute fatal!

Illustrieren kann man das auch am Beispiel der Wasserlilien in einem Teich. Eine einzige Lilie wird ihrer Schönheit wegen eingesetzt. Wenn sie den Teich bedeckt, erstickt sie alles andere Leben dort. Sie verdoppelt sich jeden Tag. Wenn niemand kontrolliert, hat man nach 30 Tagen den halben Teich bedeckt. Wie viel Zeit bleibt, um ein Desaster zu vermeiden? (Gerade mal einen weiteren Tag!)

Problematisch ist, wenn wir uns auf lineares Denken abstützen. Das wäre, wenn man beim Serviettenbeispiel ein Papier auf das andere beigen würde.

Wichtig ist es, zumindest in der Oberstufe, die beiden Diagramme zu zeichnen, das lineare und das exponentielle.



Die Verdoppelungszeit bei einer Exponentialfunktion $N(t) = N(0) \cdot e^{kt}$, wobei k die Wachstumskonstante ist und e die Eulersche Zahl 2.71828, kann abgeschätzt werden durch die sehr **grobe Formel 70 : Wachstumskonstante**. So verdoppelt sich zum Beispiel ein Lohn, der sich jährlich um 5% vergrößert, in 14 Jahren! Ein Land von ursprünglich 10 Millionen Menschen, dessen Bevölkerung bloss um 2% pro Jahr wächst, hat nach 35 Jahren bereits 20 Millionen Einwohner!

Die begrenzenden Faktoren lassen die Exponentialkurve abflachen. Das ist in unserem Beispiel dann der Fall, wenn man die Serviette nicht mehr falten kann. Zum dominanten Faktor wird die Steife des Papiers, die sich bemerkbar macht, wenn der Stapel dicker wird. Im Alltagsleben findet dieses Phänomen oft zu wenig Beachtung. Beispielsweise konzentriert sich ein Unternehmen auf ein Produkt und fokussiert sich auf den Wettbewerb, der ja Erfolg mit sich bringt. Schliesslich verkauft sich das Produkt nicht mehr so gut, vielleicht weil der Markt gesättigt ist. Konzentriert auf den verstärkenden Kreis achtet man zu wenig darauf, dass sich nach und nach Faktoren bemerkbar machen, die den Erfolg verringern. Zunächst drückt man noch härter auf diese Marketing-Schiene, da sie ja bisher funktionierte. Und wenn man dann bemerkt, dass etwas anderes gefordert wäre, kann es bereits zu spät sein.

Didaktisch kann man die Frage weiterziehen und sich überlegen, was denn alles in dieser Weise wächst oder schrumpft und welches begrenzende Faktoren dazu sind, die dem exponentiellen Wachstum ein Ende setzen: Bevölkerung, Gerüchte, Krankheiten, Modeerscheinungen wie Tattoos, Piercings, Popularität von Popgruppen, politischen Kandidaten ...

Mit der Oberstufe kann man Kurven von unterschiedlichen Beispielen interpretieren, um solche Kurven später auch immer wieder zu erkennen.

Quelle: L. Booth Sweeney and Dennis Meadows: The Systems Thinking Playbook, Vol. 3, 1995