

## Darwin auf dem Berg – Evolution und Optimierung

### Filmkommentar

---

#### ***Variation und Selektion***

***(1:50 min)***

**Bionik** ist die faszinierende Wissenschaft, die Ideen aus der Natur als **Vorbild** für neue Technologien aufgreift. Der Begriff setzt sich zusammen aus **Biologie** und **Technik**. Welche Rolle spielt die **biologische Evolution** bei der Entwicklung von Technologien?

Seit über 4 Milliarden Jahren formt Evolution das Leben auf unserem Planeten: Ob im Wasser, zu Lande oder in der Luft, überall hat die Evolution unzählige Formen, Strukturen und Fähigkeiten entwickelt, um sich den Herausforderungen des Lebens anzupassen. Dabei folgt sie ganz simplen Prinzipien. Vor rund 150 Jahren hat **Charles Darwin** sie erkannt und benannt.

Die Gene bestimmen das Aussehen und die Fähigkeiten von Individuen. Bei jedem Nachkommen ist die **Erbmasse** etwas anders gemischt oder durch kleine **Mutationen** leicht verändert, daher unterscheiden sich Geschwister meist geringfügig voneinander, es entstehen **Variationen**. Normalerweise wird ein Überschuss an Nachkommen produziert, nicht alle werden es später schaffen können sich selbst fortzupflanzen.

Die Individuen, welche den Bedingungen ihrer Umwelt **am besten angepasst** sind, haben die größten Chancen sich erfolgreich fortzupflanzen. Sei es, weil sie die besten Jäger sind, die schnellsten Läufer, die auffälligsten Junggesellen oder die unscheinbarsten Artgenossen. Die Erfolgreichsten ihrer Art pflanzen sich am besten fort und geben ihre Gene an die nächste Generation weiter. Ingenieure sprechen gerne von einem **jahrmillionenlangen Optimierungsprozess**. Die Natur optimiert aber nicht in dem Sinne, wie es Wissenschaftler tun. Evolution verfolgt kein höheres Ziel. Erst im Nachhinein stellt sich über die **Nachkommenzahl** heraus, wer am besten angepasst war.

Wie lassen sich nun Darwins Prinzipien, von der Entstehung natürlicher Vielfalt und das Überleben der am besten angepassten Individuen zur Verbesserung von Technologien verwenden?

#### ***Künstliche Evolution in der Forschung***

***(2:10 min)***

Ingenieure orientieren sich an der Natur, um ganz unterschiedliche Technologien zu verbessern. An der technischen Universität Berlin erkannte **Prof. Ingo Rechenberg**, dass die Evolution raffinierter arbeitet als viele der bekannten Optimierungsverfahren und entwickelte eine Strategie, die Evolution in ihren Grundzügen nachahmt.

Sein **Schlüsselexperiment** zur sogenannten Evolutionsstrategie stammt aus dem Jahr **1964**: Im Windkanal wird der Luftwiderstand von Objekten geprüft. Eine Zickzack-Platte, deren Winkel sich verstellen ließen, sollte durch zufällige Anpassungen eine optimale Strömungsform, die ebene Fläche, erreichen. Von einer beliebigen Ausgangsform entschied der **Zufallswurf** einer Münze über die jeweilige Ausrichtung der Plattensegmente in der nächsten Generation. Bei jedem Münzwurf wurde ein Winkel immer nur einen Schritt in die Plus- oder Minus-Richtung verstellt.

Bei fünf Winkeln, mit jeweils 51 Positionen hat die Winkelplatte rund 345 Millionen Einstellungsmöglichkeiten. Skeptiker hielten es für praktisch unmöglich, unter den 345 Millionen Möglichkeiten, die eine optimale Form zu finden. Das Experiment müsse Jahre dauern, da es zigmillionen Plattenformen zu realisieren gäbe.

Bei Rechenbergs **künstlicher Evolution** war natürlich kein blinder Zufall am Werk: Entscheidend war, dass im direkten Vergleich von zwei Generationen, immer nur die im Windkanal besser angepasste Form überlebte und man damit sicherstellte, dass sich die Winkelplatte, mit kleinen zufälligen Änderungen **stetig verbesserte**. Statt der befürchteten zigmillionen Anpassungen erhalten wir schon nach rund 300 Mutationen eine nahezu perfekte Strömungsform.

Allein durch das Wechselspiel von **zufälligen Variationen** und der **Auslese** der am besten angepassten Form ist ein **robustes Optimierungsverfahren** entstanden.

## **Die geschachtelte Evolutionsstrategie**

**(2:00 min)**

Im Lauf der Jahre hat Rechenberg **eine Evolutions-Algebra** geschaffen, die nicht länger nur einen Elternteil mit seinem Nachkommen vergleicht, sondern eine **umfangreiche Evolution simuliert**, mit vielfachen Variationen von Kindern, Eltern und ganzen Populationen. Mit der **geschachtelten Evolutionsstrategie** lassen sich sehr komplexe Optimierungen durchführen.

Bei dem Experiment mit der Zickzackplatte war das optimale Ergebnis vorher bekannt. Wenn wir aber zum Beispiel eine Flugzeugtragfläche nach dem Vorbild des Storchflügels verbessern wollen, kennen wir das Optimum noch nicht.

Optimierung können wir uns vorstellen wie eine **Bergbesteigung** im Nebel: Mit jedem Schritt spüren wir, dass wir dem Gipfel etwas näher kommen, aber nie wissen wir, wie viele Schritte wir noch vor uns haben. Führt uns der nächste Schritt vielleicht schon in den Abgrund? Oder treten wir auf der Stelle? Hätten wir an einer anderen Stelle begonnen zu klettern, wären wir vielleicht noch höher gekommen?

Die Kunst bei der Evolutionsstrategie ist es, die richtige **Schrittweite für Mutationen** zu finden. Zu große Schritte und wir überspringen vielleicht das beste Ergebnis. Zu kleine Schritte und wir kommen vielleicht nie an das Optimum heran. Die Evolutionsstrategie berücksichtigt daher immer **mehrere**, unterschiedliche Kletterstile, um den Berggipfel zu erreichen.

Die Evolutionsstrategie ist **vielseitig einsetzbar**: Mit einer Evolution à la Darwin lassen sich perfekte Brücken konstruieren, effektive Lastkräne entwerfen, ideale Rohrkrümmungen für Pipelines finden, spektakuläre Formen für ganz spezielle Wasserdampf-Düsen kreieren, Kaffeemischungen komponieren, die selbst erfahrene Kaffeetester verblüffen und eben auch Flugzeugflügel optimieren.

### **Vorbild Storchenflügel**

**(1:50 min)**

An den Flügelenden von Flugzeugen können wir sogenannte **Winglets** beobachten, die es dort gibt, um die Gefahr von im Flug entstehenden Luftwirbeln zu minimieren. Diesen Trick hat man sich von Vögeln wie dem **Storch** abgeguckt, der seine Flügelenden spreizt, um möglichst energiesparend zu fliegen.

Mit Evolutionsstrategie können wir die Winglets nach dem Vorbild des Storchenflügels noch weiter verbessern. Es kommt auf die Anzahl und richtige Stellung der einzelnen Winglets zueinander an.

Prinzipiell bedeuten mehr Winglets weniger Luftwiderstand. Praktisch bedeutet dies leider zunehmende Instabilität der einzelnen Winglets. Nachdem man nun aber das Prinzip erkannt hatte, konnte die **Optimierung** technisch besser umgesetzt werden: aus dem **Multi-Winglet** wurde ein **Split-Wing-Loop**, ein Schlaufenflügel. Allein durch diese kleine Änderung an der Flügelspitze könnten große Passagierflugzeuge 5 bis 10 Prozent ihres Treibstoffs einsparen. Da staunt selbst der Storch.

Bionik ist der Weg zu einem neuen Bewusstsein, das Technik und Natur enger miteinander verbindet. In ihr stecken Hoffnungen und Erwartungen für **zukunftsweisende** und **naturverträgliche Technologien**.