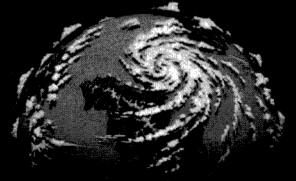


# *SimEarth*

## **THE LIVING PLANET™**

SimEarth Benutzerhandbuch von:  
**MICHAEL BREMER**



# **BENUTZER- HANDBUCH**

# SimEarth

## Konzept und Gestaltung: Will Wright und Fred Haslam

**Assistenz:** James Lovelock

**Macintosh-Programmierung:** Fred Haslam, Will Wright

**IBM-Programmierung:** Daniel Goldman, Paul Schmidt

**Computer-Graphiken:** Peter & Caitlin Mitchell-Dayton

**Ton und Musik - Macintosh:** Steve Hales

**Ton und Musik - IBM:** Heath Paterson

**Verpackungsgestaltung:** Richard Bagel, Kurt West

**Verpackungsillustrationen:** Kurt West

**Dokumentationsgestaltung:** Richard Bagel, Kurt West, Chris Yoro, Mark Holmes, Michael Bremer

**Dokumentation:** Michael Bremer

**Einführung in die Erdwissenschaften:** Carolina Lithgow, Tom Bentley

**Autoren der Dokumentation:** James Lovelock, Will Wright, Fred Haslam, Tom Bentley, Robin Samelson, Michael Patterson, Bill Cook, Joe Scirica

**Produktmanager:** Steve Beckert

**Qualitätssicherung & Technische Unterstützung:** Bill Cook, Jake Hoelter, Michael Patterson, Carter Lipscomb

**Besonderer Dank an:** Jeff Braun, Stewart Brand, David Anderson, Brian Rosborough, Chris Crawford, James Kalin und Brøderbund Software.

**Dieses Spiel ist Gaia gewidmet, ohne den es nicht möglich geworden wäre.**

**MAXIS** 1042 Country Club Drive, Suite C  
Moraga, CA 94556  
415 376-6434 Fax: 415 376-1823

Software ©1990, Maxis and Will Wright.

Alle Rechte weltweit vorbehalten.

Handbuch ©1990, Maxis and Michael Bremer.

Alle Rechte weltweit vorbehalten. Ohne vorherige schriftliche Einwilligung von Maxis ist es nicht gestattet, Teile dieses Handbuchs zu kopieren, zu vervielfältigen, zu übersetzen oder auf irgendeine elektronische Medienform bzw. maschinenlesbare Form zu bringen.

Verpackungsgestaltung © 1990, Maxis, Richard Bagel and Kurt West. Alle Rechte weltweit vorbehalten.

In Europa in Lizenz veröffentlicht von:

Ocean Software Ltd, 6 Central Street, Manchester, M2 5NS. England.

Notruf: +44 61 833 1014 Fax: +44 61 834 0650

IBM-Version ISBN 0-929750-32-2

Macintosh-Version ISBN 0-929750-33-0

### Beschränkte Garantie

Die Lieferung des SimEarth-Programms und der Dokumentation erfolgt ohne jegliche Gewähr. Dem Erstkäufer von SimEarth gewährt Maxis innerhalb von 90 Tagen nach dem Kauf eine Garantie Material- und Verarbeitungsfehler der Diskette. Änderungen, die der Verbesserung des im vorliegenden Handbuch beschriebenen Produktes dienen, sind jederzeit und ohne Ankündigung vorbehalten.

### Datenträgerersatz

SimEarth besitzt keinen Disketten-Kopierschutz. Für den persönlichen Gebrauch können Backup-Kopien angefertigt werden. Fehlerhafte Datenträger werden innerhalb von 90 Tagen ab Kaufdatum von Ocean Software Ltd. kostenlos ersetzt.

### Lizenz

Als Erstkäufer haben Sie das Recht, SimEarth nur auf einem einzigen Computer zu nutzen. Eine Übertragung des Programms von einem Computer auf einen anderen ist unter der Voraussetzung gestattet, daß es jeweils nur auf einem Computer betrieben wird. Die Weitergabe von Kopien von SimEarth bzw. der Begleitdokumentation an Dritte ist untersagt.

IBM ist ein eingetragenes Warenzeichen von International Business Machines, Inc.

Macintosh ist ein eingetragenes Warenzeichen von Apple Computer, Inc.



# INHALTSVERZEICHNIS

## SIMEARTH

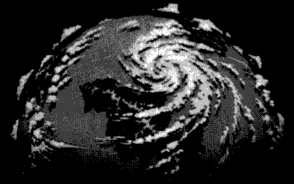
<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>SO FÄNGT ES AN .....</b>	<b>11</b>
HILFSINFORMATIONEN .....	12
INSTALLATION VON SIMEARTH .....	12
PROGRAMMSTART .....	13
<b>TUTORIAL .....</b>	<b>15</b>
EINLEITUNG .....	16
KURZER ÜBERBLICK .....	20
SCHAFFUNG UND VERÄNDERUNG VON PLANETEN .....	26
VERÄNDERUNG DER SIMULATION .....	37
<b>ARBEIT MIT DEM PROGRAMM .....</b>	<b>45</b>
SIMULATIONS-KONTROLLE .....	46
MAUS UND TASTATUR .....	46
INPUT UND OUTPUT .....	46
MENÜS .....	48
FENSTER .....	53
HILFSFENSTER .....	53
FENSTER "NEUER PLANET" .....	54
EDITIERFENSTER .....	57
KARTENFENSTER .....	71
GAIA-FENSTER .....	80
GESCHICHTS-FENSTER .....	81
REPORTFENSTER .....	83
TUTORIAL-FENSTER .....	90
GLOSSAR-FENSTER .....	90
GRAPHIKEN .....	91
MODELL-KONTROLL-PANELS .....	94
EPOCHEN .....	100
SZENARIEN .....	109
BLUMENWELT .....	118

SIMULATION KONKRET .....	122
EREIGNISSE .....	122
GEOSPHERE .....	127
ATMOSPHERE .....	129
KLIMA .....	131
LEBEN UND EVOLUTION .....	133
ZIVILISATION .....	142
ENERGIE .....	145
SIMULATION- FLUSS-DIAGRAMM .....	148
<b>EINFÜHRUNG IN DIE ERDWISSEN-SCHAFTEN .....</b>	<b>149</b>
EINFÜHRUNG .....	150
GEOLOGIE .....	153
KLIMA .....	167
LEBEN .....	178
MENSCHLICHE ZIVILISATIONEN UND TECHNIK .....	190
THEORIEN VON DER ERDE: DIE GAIA-HYPOTHESE .....	196
<b>ANHANG .....</b>	<b>201</b>
PROBLEME UND LÖSUNGEN .....	202
GLOSSAR .....	204
PLANETENBESCHREIBUNG .....	210

# EINLEITUNG

**“Ist dies eine zufällig entstandene  
Welt oder wurde sie gePLAN(E)T?”**

*Meistdiskutierte Frage in Philosophenkreisen der  
SimEarth-Bewohner*



*SimEarth*



# WAS IST SIMEARTH?

SimEarth ist ein Planetensimulator – ein Planetenmodell. Es ist ein Spiel, ein lehrreiches Spielzeug und auch eine unterhaltsame Beschäftigung. Mit SimEarth können Sie zahlreiche vorgegebene Planeten kontrollieren oder Ihre eigenen Planeten entwickeln und gestalten.

SimEarth beruht auf der Gaia-Theorie von James Lovelock, derzufolge unser Planet und das Leben auf ihm als Einheit und nicht als getrennte Forschungsgebiete zu sehen sind.

SimEarth betrachtet den Planeten als Ganzes: Die Lebewesen, das Klima, die Atmosphäre sowie der Planet selbst – angefangen vom Staub über die Gesteine bis hin zu seinem geschmolzenen Kern – stehen miteinander in Wechselwirkung.

Sie sehen Ihren Planeten aus der Satellitenperspektive als Einheit in zwei Vergrößerungsebenen.

SimEarth kann in zwei Modi gespielt werden, *dem Spiel- und dem Experimentalmodus*. Im Spielmodus geht es darum, Ihren Planeten im Rahmen des vorgegebenen Energiebudgets zu gestalten, zu verwalten und zu erhalten.

Im Experimentalmodus steht Ihnen ein unbegrenztes Energiebudget zur Schaffung Ihres Planeten zur Verfügung. Dadurch sind Sie in der Lage, jede Art von Planet, ganz gleich in welchem Entwicklungsstadium er sich befindet, zu schaffen und danach beliebig neue Faktoren einzuführen und die sich daraus ergebenden Folgen abzuwarten. In diesem Modus fungiert SimEarth als "Planeten-Spreadsheet".

Bevölkert werden Ihre SimEarth-Planeten von elektronischen Lebensformen – den SimEarth-Bewohnern – aus der Familie der Sims, die in SimCity (einem weiteren Spitzenprodukt von Maxis) zu Hause sind. Zu den SimEarth-Bewohnern gehören sowohl einzellige Pflanzen und Tiere als auch vernunftbegabte Wesen.

Dabei sind vernunftbegabte SimEarth-Bewohner nicht nur Menschen, ja nicht einmal nur Säugetiere. Vernunftbegabte SimEarth-Bewohner können Saurier, Mollusken und selbst Insekten sein, wobei es jeweils nur eine intelligente Lebensform geben darf.

Auf jedem Planeten können Milliarden und aber Milliarden SimEarth-Bewohner leben, deren Wohlergehen in Ihrer Hand liegt.

# **WAS IST GAIA?**

**JAMES LOVELOCK,**  
Begründer der Gaia-Theorie

Die Gaia-Theorie beschäftigt sich mit der Entwicklung der Erde. Sie sieht die Entwicklung der Organismenarten durch natürliche Auslese sowie die Entwicklung der Gesteine, der Atmosphäre und der Meere als einen einheitlichen, eng miteinander verbundenen Prozess. In der Gaia-Theorie bilden die Organismen und ihr materielles Umfeld zusammen ein System, das seine Klimastruktur und atmosphärische Zusammensetzung selbst bestimmen kann.

Im Gegensatz zur herkömmlichen Wissenschaft kann die Gaia-Theorie erklären, warum die mittlere Temperatur auf der Erde trotz der Erhöhung der Wärmeausstrahlung der Sonne um 25 % 3,6 Milliarden Jahre konstant und für das Leben günstig geblieben ist und warum der Sauerstoffgehalt in unserer Atmosphäre seit 200 Millionen Jahren bei etwa 21 % liegt. Obwohl es sich um eine wissenschaftliche Theorie handelt, wurde der Name "Gaia" von dem Schriftsteller William Golding vorgeschlagen.

Gaia entstand auf der Grundlage der neuen, vom Weltraum aus gewonnenen Erkenntnisse über die Erde sowie umfangreicher Untersuchungen der Erdoberfläche, der Meere und der Atmosphäre in den vergangenen Jahrzehnten. Aus dieser Sicht klingt die poetische Metapher eines von seiner Besatzung geführten Schiffes an, gleichzeitig handelt es sich aber auch um eine exakte wissenschaftliche Theorie über unseren Planeten aus der Weltraumperspektive. Diese Theorie gilt es nun zu prüfen, und die auf der Erde selbst gesammelten Beweise werden darüber entscheiden, ob sie Eingang in die Wissenschaft findet. Lassen Sie sich nicht durch Argumente beirren, die behaupten, daß die Gaia-Theorie nicht nachweisbar oder teleologisch und daher falsch sei. Solche Art von Kritik beruht ausschließlich auf Vorurteilen und nicht auf Beweisen. Doch selbst dann, wenn sich letztendlich herausstellen sollte, daß Gaia nicht mehr als eine poetische Metapher ist, hätte es sich doch gelohnt, sich die Erde als lebendiges System vorzustellen. Solche Art von Überlegungen haben bereits zu Erkenntnissen über die Erde geführt, die mit herkömmlichen Methoden nicht möglich gewesen wären.

Gaia als eine hauptsächlich die Physiologie betreffende Theorie sieht die Erde von oben als ein einheitliches System. Sie beschäftigt sich mit der Funktionsweise des gesamten Systems und unterteilt den Planeten nicht willkürlich in Biosphäre, Atmosphäre, Lithosphäre und Hydrosphäre, denn dies ist keine echte Unterteilung der Erde, sondern eher eine Aufteilung in Einflußsphären der Wissenschaftler.

Ich erwarte von Ihnen nur, daß Sie der Gaia-Theorie, die die Erde als lebendiges System betrachtet, eine Chance geben und Gaia zumindest zum Zwecke der Argumentation anerkennen. Dabei geht es mir nicht darum, Sie zu einer neuen Erdreligion zu bekehren. Auch sollen Sie nicht Ihren gesunden Menschenverstand über Bord werfen. Alles, was ich von Ihnen erwarte, ist, daß Sie die Gaia-Theorie als eine Alternative zur herkömmlichen Auffassung von einem toten, aus leblosen Gesteinen, Meeren und einer unbelebten Atmosphäre bestehenden Planeten, der nur von Lebewesen bevölkert ist, in Betracht ziehen. Betrachten Sie Gaia als ein

## **SOFTWARE- SPIELZEUG UND SYSTEM- SIMULATIONEN**

echtes System, in dem alle Lebensformen und ihre Umwelt so eng miteinander verbunden sind, daß sie eine selbstregulierende Einheit bilden. Vielleicht denken Sie ja bereits an all das, wenn Sie den vagen und schlecht definierten Begriff "Biosphäre" verwenden, der bei jedem Gebrauch eine andere Bedeutung zu haben scheint.

Mir ist bewußt, daß die Auffassung von der Erde als lebendigem Planeten nichts anderes als eine bequeme, wenngleich andersartige Art der Ordnung der Fakten über die Erde darstellt. Natürlich bin ich zugunsten von Gaia voreingenommen. 25 Jahre meines Lebens habe ich dem Gedanken gewidmet, daß die Erde lebendig – nicht wie eine vernunftbegabte Göttin, wie man das im Altertum annahm – sondern eher lebendig wie ein Baum sei. Ein Baum, der ein stilles Dasein führt, sich nur bewegt, um sich im Wind zu wiegen, und dennoch in niemals endender Beziehung mit dem Sonnenlicht und dem Boden steht, wobei er Sonnenlicht, Wasser und Nährsalze nutzt, um zu wachsen und sich zu verändern. All dies geschieht jedoch so unmerklich, daß der alte Eichenbaum für mich immer noch derselbe ist, den ich als Kind gekannt habe.

---

### **SOFTWARE-SPIELZEUG**

SimEarth ist kein Spiel im eigentlichen Sinne. Wir bezeichnen es als "Software-Spielzeug". Der Begriff "Spielzeug" besagt bereits, daß es flexibler und der Ausgang ungewisser als bei einem Spiel ist.

Als Beispiel sei hier Tennis (Spiel) mit einem Ball (Spielzeug) verglichen. Bei jedem Tennisspiel sind Beginn, Ziel und Ende vorgegeben. Dazwischen gibt es unzählige Variationsmöglichkeiten, aber alle Tennisspiele verfolgen das gleiche Ziel und beginnen und enden auf die gleiche Art und Weise.

Ein Ball ist flexibler und vielfältiger einsetzbar. Mit einem Ball kann man Tennis und Völkerball spielen. Man kann ihn zum Werfen benutzen oder ihn springen lassen. Man kann sich hundert verschiedene Spiele mit dem Ball ausdenken.

Unsere Software-Spielzeuge sind programmierbar. Auf den Vergleich mit dem Ball bezogen heißt das, daß der Tennisball zum Fußball, Baseball, Pingpongball usw. werden kann, und daß auch alle Spiele, die man mit diesen Bällen spielt, gespielt werden können.

Aber mit einem Ball kann man mehr als nur spielen. Er kann bemalt oder zum Abdichten eines Loches im Dach verwendet werden. Man kann sich aber auch einfach in sein Rundsein versenken.

Bei SimEarth ist der Planet das "Spielzeug" – ein programmierbarer Planet, der zu unzähligen Planeten werden kann.

Wenn Sie also mit SimEarth oder einem anderen unserer Software-Spielzeuge spielen, sollten Sie nicht einfach nur versuchen, zu gewinnen. Spielen Sie damit! Experimentieren Sie! Versuchen Sie sich an Neuem! Und haben Sie viel Spaß dabei!

## **SYSTEMSIMULATIONEN**

Es gibt die unterschiedlichsten Arten von Spielzeugen. Ebenso wie sein Vorgänger SimCity ist SimEarth ein SYSTEMSIMULATIONS-Spielzeug. In einer Systemsimulation wird eine Reihe von REGELN und TOOLS vorgegeben, die das System beschreiben, gestalten und kontrollieren. Bei SimEarth ist das System ein Planet.

Die Herausforderung bei SYSTEMSIMULATIONS-Spielzeugen besteht u.a. darin, die dem System zugrunde liegenden Mechanismen zu erkennen und zu beherrschen. Als Herr über das System können Sie mit Hilfe von TOOLS innerhalb des durch die REGELN festgelegten Rahmens eine unbegrenzte Zahl von Systemen (in diesem Fall Planeten) erschaffen und beherrschen.

Bei SimEarth basieren die zu erlernenden REGELN auf globalen Systemen und deren Management. Dazu gehören

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| Chemische Faktoren:   | Zusammensetzung der Atmosphäre, der Umgang mit Energie   |
| Geologische Faktoren: | Klima, extraterrestrische Kollisionen, Kontinentaldrift, Erdbeben  |
| Biologische Faktoren: | Entstehung des Lebens, Evolution, Nahrungsmittelversorgung, Biomarten und -verteilung                        |
| Faktor Mensch:        | Kriege, Zivilisation, Technik, Entsorgung, Umweltverschmutzung, Nahrungsmittelversorgung, Energieversorgung. |

Mit Hilfe der TOOLS sind Sie in der Lage, einen Planeten zu erschaffen, zu verändern und zu kontrollieren:

- Schaffung eines Planeten, wobei unter vier verschiedenen Epochen gewählt werden kann
- physische Veränderungen an der Landschaft auf dem Planeten
- Festlegung der Höhe von Punkten auf dem Planeten
- Auslösen von Ereignissen auf dem Planeten, z.B. Orkane, Vulkane, Meteoreinschläge
- Ansiedeln unterschiedlicher Biome und Lebensformen auf dem Planeten
- Heranziehen einer vernunftbegabten Art
- Kontrolle des Planeten durch Nutzung der vorhandenen Karten und Graphiken.

Das wichtigste TOOL ist jedoch der Simulator selbst. Testen Sie Ihre Pläne, Theorien und Überlegungen anhand des Aufblühens oder Niedergangs Ihres Planeten. Drücken Sie der Simulation Ihren ganz persönlichen Stempel auf, indem Sie die Regeln für die Geosphäre, die Atmosphäre, die Biosphäre und die Zivilisation entsprechend Ihren Vorstellungen ändern oder die Anpassungsfähigkeit des Lebens an verschiedene Bedingungen testen.

# GRENZEN DER SIMULATION UND PRÄMISSEN

---

## GRENZEN DER SIMULATION

Aufgrund ihrer Kompliziertheit können Dinge wie die Erde oder ein Tier oder auch eine Stadt nicht vollständig in Formeln oder Gleichungen erfaßt werden. Modelle von so komplizierten Erscheinungsformen können nie vollkommen exakt sein. Doch wenn man sich dieser Unzulänglichkeiten bewußt ist, kann das Modell dennoch von Nutzen sein.

Das Modell einer Stadt ist der Stadtplan. Er gibt zwar nicht jedes Detail der Stadt hundertprozentig genau wider, ist aber trotz dieser Einschränkungen sehr nützlich. Ohne ihn würden sich die meisten von uns nicht zurechtfinden.

Als Simulation eines echten Planetensystems ist SimEarth eine ungefähre Darstellung, eine extreme Vereinfachung. Wir simulieren an einem PC die unterschiedlichsten Aspekte eines Planeten, einschließlich Klima, Evolution, Zusammensetzung der Atmosphäre und Zivilisation.

Bisher war es selbst mit den leistungsstärksten Super-Computern der Gegenwart nicht einmal möglich, ein wirklich exaktes Klimamodell zu simulieren. Wir haben diese Simulation so exakt wie möglich bei Aufrechterhaltung der PC-Kompatibilität und unter Einbeziehung des Spielaspekts gestaltet.

Eine der hauptsächlichen Grenzen des Programms liegt in der Art und Weise, wie die Evolution behandelt wird. Mit sehr wenigen Ausnahmen gibt oder gab es alle der hier vertretenen Lebensformen auf der Erde. Während die einzelnen Arten in unterschiedlichster Weise vorankommen oder unterliegen und schließlich Empfindungen entwickeln können, folgt die Entwicklung von einzelligen zu komplexen Lebensformen im wesentlichen denselben Grundsätzen wie auf der Erde.

Auch wird die vernunftbegabte Art – ganz gleich, ob es sich um Säugetiere, Saurier, Fische usw. handelt – Zivilisationen, Städte und Technik entwickeln, die weitgehend an menschliche Zivilisationen, Städte und Technik angelehnt sind.

## PRÄMISSEN

SimEarth beruht auf der Gaia-Theorie von James Lovelock. Diese Theorie gilt als kontrovers und wird nicht von allen Wissenschaftlern als wahr anerkannt.

Für den Zweck dieses Spieles gehen wir von einigen Annahmen aus, die nicht unbedingt der Wahrheit entsprechen müssen. Dazu zählt z.B. die Annahme, daß Intelligenz ein evolutionärer Vorteil ist. Möglicherweise schmeicheln wir dabei nur unserer Eitelkeit.



---

Der SimEarth-Simulator ist eine sehr komplizierte Modell-Software. Er führt ständig zahlreiche Kontrollen, Berechnungen und Fortschreibungen aus und überwacht die Maus und die Tastatur, um auf alle Ihre Anforderungen reagieren zu können.

Beim Laden eines Planeten sollte man dem Simulator ein bis zwei Minuten Zeit geben, damit er die Karten und Graphiken zusammenstellen und aktualisieren kann.

Auch bei Änderung der MODELLKONTROLL-PANELS sollten Sie etwas warten, bis die Veränderungen durchgeführt worden sind.

Die Reaktionszeit des Simulators hängt auch stark von der Taktfrequenz und der Art des Mikroprozessors Ihres Computers ab.

---

## SZENARIEN

Jedes der vorgegebenen sieben Szenarien ist eigentlich ein eigenständiges Spiel, das in drei verschiedenen Schwierigkeitsstufen oder im Experimentalmodus gespielt werden kann. Bei jedem Szenarium gilt es, sich anderen Herausforderungen bei der Kontrolle des Planeten zu stellen.

## ÜBERPRÜFUNG DER GAIA-HYPOTHESE: BLUMENWELT

Einer der wichtigsten Grundsätze der Gaia-Hypothese besagt, daß das Leben selbst die für das Überleben günstigen Bedingungen, einschließlich Temperatur und Zusammensetzung der Atmosphäre, bestimmt.

Bei einem der Szenarien – Blumenwelt – handelt es sich um eine vereinfachte Simulation von nur 8 Lebensformen, nämlich unterschiedlich schattierten Gänseblümchen. Dieses Szenarium beruht auf dem ursprünglichen Blumenwelt-Computermodell (Daisyworld computer model), das James Lovelock zur Veranschaulichung der Gaia-Hypothese entwickelt hat.

Durch Experimentieren mit dem Blumenwelt-Szenarium erhalten Sie eine visuelle Demonstration des Gaia-Konzepts und des Lebens auf der Erde als selbstregulierende Einheit.

Eine vollständige Beschreibung der Funktionsweise und der Funktionsgrundlagen des Blumenwelt-Modells finden Sie in diesem Benutzerhandbuch im Kapitel *Szenarien*.

## ÜBERNAHME DER GAIA-ROLLE

Wird mit den Szenarien oder den Zufallsplaneten auf höchster Schwierigkeitsstufe gespielt, so ist der selbstregulierende Gaia-Mechanismus völlig außer Kraft gesetzt. In diesem Fall müssen Sie alle Vorgänge auf dem Planeten ständig überwachen und regulieren, um das Leben zu erhalten.

## SELBSTGESCHAFFENE PLANETEN

Zusätzlich zu den vorgegebenen Szenarien können Sie zahllose verschiedene Planeten

# REAKTIONSZEIT DES SIMULATORS

# ZIELE VON SIMEARTH

# HINWEISE ZUM HANDBUCH

bei unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad erschaffen.

## UNTERHALTUNG UND HERAUSFORDERUNG

Die Kontrolle über einen Planeten stellt selbst für erfahrene Spieler eine echte Herausforderung dar.

## WEITERE ZIELE

Gestaltung, Veränderung, Kontrolle und Entwicklung eines Planeten, beginnend mit der Schaffung des Planeten über die Bildung von Ozeanen, das Entstehen von Leben, die Evolution und die Entwicklung von vernunftbegabten Wesen und der Technik bis hin zur Fähigkeit der Gaia - der Lebewesen auf dem Planeten - einen Teil ihrer Vertreter auf die Suche nach neuen Lebensräumen zu entsenden.

Richten Sie einen Planeten ein und warten Sie ab, was geschieht.

Entscheiden Sie sich für eine bestimmte Art, die Sie dabei unterstützen, Herrscher über den Planeten zu werden.

Nehmen Sie Einfluß auf die Lebensformen, damit diese weder sich selbst noch den Planeten zerstören.

Vielleicht besteht das höchste Ziel für Sie darin, den Planeten Ihrer Träume zu entwerfen, zu kontrollieren und zu erhalten. Dabei kann Ihr Idealplanet eine technisch hochentwickelte Gesellschaft vernunftbegabter Menschen (oder vernunftbegabter Saurier) oder auch ein nur begrenzt technisierter Planet sein, auf dem die Biosphäre zu keiner Zeit gefährdet ist.

## EIGENE ZIELSETZUNGEN

SimEarth ist Ihr Spielzeug, und Sie selbst legen die Regeln fest. Sie müssen sich nicht unbedingt ein Ziel setzen. Spielen Sie einfach!

---

Mit diesem Handbuch werden zwei Ziele verfolgt:

Sie sollen die Benutzung von SimEarth erlernen und gleichzeitig mit den Grundlagen der Lehre über die Erde vertraut gemacht werden.

Der Hauptteil dieses Handbuches beschreibt das Programm SimEarth, seine Funktionsweise, seine Anwendung sowie die Rolle der Lebensformen, des Klimas, der Geologie, der Zusammensetzung der Atmosphäre, der Zivilisation usw. in diesem Programm.

Im Abschnitt "Einführung in die Erdwissenschaften" werden viele dieser Fragen, losgelöst von SimEarth, im realen Kontext erörtert.

Dieses Handbuch beschreibt das SimEarth-Programm für alle Computer. Gerätespezifische Informationen im Hinblick auf die Installation, das Starten oder die Anwendung von SimEarth finden Sie auf der zugehörigen Systemkarte/im zugehörigen Anhang.

Die Graphiken in diesem Handbuch sind der Macintosh- Monochrom- bzw. der IBM-Hercules-/MCGA-Monochromversion von SimEarth entnommen. Je nach der Art

des von Ihnen benutzten Computers und Monitors können die auf Ihrem Bildschirm erscheinenden Graphiken leichte Abweichungen aufweisen.

---

Bei SimEarth gibt es zwei Formen der Energieverwendung. Sie als Spieler nutzen die Energie, um den Planeten zu schaffen, zu formen, zu verändern und zu manipulieren, während die zivilisierten SimEarth-Bewohner Energie zur Realisierung ihres täglichen Lebens erzeugen und verwenden. Eine umfassende Erklärung zur Energie und ihrer Verwendung bei SimEarth finden Sie in diesem Handbuch im Abschnitt *Energie*.

## **ENERGIENUTZUNG DURCH DIE SIMEARTH-BEWOHNER**

Von den vernunftbegabten SimEarth-Bewohnern wird Energie produziert und verwendet. Sie können darauf Einfluß nehmen, welche Energiequellen die SimEarth-Bewohner nutzen und wie sie die selbsterzeugte Energie verwenden, haben jedoch für Ihre eigenen Zwecke keinen *direkten* Zugang zu *dieser* Energie.

## **ENERGIENUTZUNG DURCH DEN SPIELER**

In Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad des Spieles stehen Ihnen unterschiedliche Energiemengen für die Einflußnahme auf den Planeten und die Simulation zur Verfügung. Bei diesen Mengen handelt es sich gleichzeitig um die Ausgangsmenge und um die maximale Energiemenge, die Sie im Laufe des Spieles akkumulieren können.

Im Experimentalmodus steht Ihnen unbegrenzt Energie zur Verfügung.

Die Energie für das Spiel kommt direkt aus den Energievorräten des Planeten in Form von Erdwärme, Wind- und Sonnenenergie sowie fossilen Brennstoffen. Zwar werden Ihre Energievorräte im Verlaufe des Spieles abnehmen, sie werden aber allmählich wieder in dem Maße aufgefüllt, wie der Planet sein Energieaufkommen aus den obengenannten Quellen erhöht. Dieses ständige Anzapfen der Energiequellen des Planeten erfolgt automatisch.

Sobald auf Ihrem Planeten vernunftbegabte Wesen entstehen, nutzen Sie automatisch einen Teil der diesen zur Verfügung stehenden Energie. Aber Sie können ihnen diese Energie nicht einfach wegnehmen. Ein gewisser Teil davon wird Ihren Vorräten zusammen mit der Planetenenergie zugeschlagen.

Je höher die Technik auf Ihrem Planeten entwickelt ist, desto mehr Energie werden Sie erhalten.

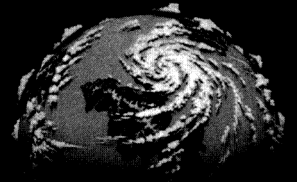
# **ZUR ENERGIE**



# SO FÄNGT ES AN

“Die ganze Welt ist Simulation, und alle Sims und  
SimEarth-Bewohner bloße Spieler ...”

*William Simspeare*



*SimEarth*



# INSTALLATION VON SIMEARTH

## HILFSINFOR- MATIONEN




---

Die Installationsanweisungen finden Sie auf der beiliegenden Systemkarte sowie im gerätespezifischen Anhang.

---

SimEarth ist ein relativ kompliziertes Programm mit zahlreichen Fenstern, Piktogrammen, Feldern, Optionen und Kontroll-Panels. Zur Erleichterung der Simulation enthält das Programm umfangreiche Hilfsinformationen.

### DIE HILFSFUNKTION

Wenn Sie Hilfe benötigen oder Ihnen Programmschritte unverständlich sind, fordern Sie Hilfe an. Bei Gedrückthalten des UMSCHALTERS oder der HILFSTASTE befinden Sie sich im Hilfsmodus, und der Cursor verändert sich zu  Was auch immer Sie jetzt anklicken – Sie erhalten Hilfe.

### GLOSSAR

SimEarth verfügt über ein On-line-Glossar, in dem viele Begriffe des SimEarth-Programms definiert sind.

Zwecks Zugriff auf das Glossar, öffnen Sie das FENSTERMENÜ und wählen GLOSSAR.

### TUTORIALS

Das Handbuch enthält ein Tutorial-Kapitel. Zudem liegt eine On-line-Kurzversion des Tutorials vor.

Auf das textgestützte On-line-Tutorial erhalten Sie Zugriff, indem Sie aus dem FENSTERMENÜ die Option TUTORIAL wählen. Das TUTORIAL-FENSTER kann während des gesamten Spieles geöffnet bleiben, so daß Sie bei Problemen jederzeit darauf zurückgreifen können.

Bei einigen Computern ist es möglich, gleichzeitig zum Tutorial noch andere HILFSFENSTER zu öffnen.

---

Die Startanweisungen für das SimEarth-Programm finden Sie auf der beiliegenden Systemkarte oder im gerätespezifischen Anhang.

Beim Erststart des Programms erscheinen drei Fenster: das TITELFENSTER, das bei Anklicken der Maus verschwindet, das EDITIERFENSTER als Ihr Hauptarbeitsfeld bei der Gestaltung des Planeten sowie das HILFSFENSTER, das Ihnen die für den Start sowie für das Abrufen weiterer Hilfsinformationen erforderlichen Schritte anzeigt.

Beim Start von SimEarth gibt es noch keinen aktiven Planeten. Bevor die eigentliche Simulation beginnen kann, müssen Sie aus dem DATEIMENÜ "NEUER PLANET" oder "PLANET LADEN" wählen. Dadurch wird Ihnen die Möglichkeit eingeräumt, sich – bevor es losgeht – mit dem Programm vertraut zu machen, die verschiedenen Fenster und Tasten auszuprobieren und sich etwas vorzubereiten.

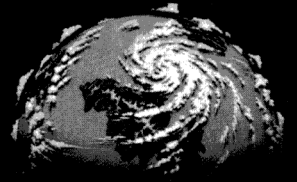
Im folgenden Abschnitt zum Tutorial werden Sie mit den Grundkenntnissen der Erschaffung und Manipulation von Planeten bekanntgemacht.

## **PROGRAMM- START**





# TUTORIAL



**“Dummheit ist der Welten Untergang”**

*Sim-Sprüche, XIV. 9*

*SimEarth*

# EINLEITUNG

## GRUND- KONZEPTE

---

Ziel dieses Tutorials ist es, Ihnen einen kurzen Überblick über die Menüs, Fenster und Tools der Planetenmanipulation des SimEarth-Programms zu vermitteln. Dabei wird nicht auf alle Einzelheiten der verschiedenen Programmteile eingegangen. Eine umfassende Erklärung des gesamten Programms finden Sie in diesem Handbuch im Abschnitt "Arbeit mit dem Programm".

---

Zu Beginn des Tutorials sollen einige Grundkonzepte und Grundbegriffe vorgestellt werden.

### GAIA-THEORIE

SimEarth beruht auf der Gaia-Theorie. Alle Teile des Programmes stehen miteinander in Wechselwirkung: das Klima, die Tiere, die Pflanzen und der Planet beeinflussen sich alle gegenseitig.

In der Einleitung, d.h. im Kapitel "Was ist Gaia?", wird die Gaia-Theorie kurz erläutert. Eine Veranschaulichung der Funktionsweise von Gaia finden Sie im Kapitel "Szenarien", Abschnitt "Blumenwelt".

### PLANET

Der Begriff "Planet" steht für den/die/das zum Zwecke der Simulation in den Speicher geladene(n) Planeten, Welt oder Szenarium.

Sie sehen Ihren Planeten aus der Satellitenperspektive in zwei Vergrößerungsebenen entweder als Flachprojektion oder als Globus.

### SIMULATION UND SIMULATOR

Bei SimEarth und in diesem Handbuch stehen die Begriffe "Simulation" und "Simulator" für den Programmteil, in dem der Planet gestaltet wird. Wenn Sie die Simulation verändern, ändern Sie die Variablen und Parameter des Modells, was wiederum zu einer Veränderung des Planeten führt.

Die Fähigkeit zur Änderung der Simulation ist sowohl im Spielmodus als auch im Experimentalmodus, wenn SimEarth als "Planeten-Spreadsheet" fungiert, ein sehr einflußreiches Tool.

## **INPUT UND OUTPUT**

Bei SimEarth handelt es sich um ein sehr kompliziertes Programm. Um es zu verstehen, muß man wissen, wo der INPUT (zur Veränderung des Planeten oder der Simulation) erfolgt und wo man den OUTPUT (Ergebnis des INPUTS) findet.

Für den INPUT gibt es drei verschiedene Möglichkeiten:

das DATEIMENÜ zur Schaffung oder zum Laden von Planeten;

das EDITIERFENSTER zur Vornahme von lokalen Veränderungen an bestimmten Stellen des Planeten sowie

das MODELLKONTROLL-PANEL zur Simulationsänderung oder zur Vornahme von globalen Veränderungen am Planeten.

Die MODELLKONTROLL-PANEL sind die einzigen Stellen bei SimEarth, wo nur Daten eingegeben werden.

Alle anderen Bestandteile – alle Karten und Graphiken, selbst das EDITIERFENSTER – liefern OUTPUT.

## **ZEITLICHE BEGRENZUNG**

Wie auf unserer Erde nimmt auch bei SimEarth die Sonnenstrahlung ständig zu. Insgesamt stehen Ihnen nur 10 Milliarden Jahre zur Verfügung, bevor die Sonne so heiß wird, daß sie Ihren Planeten verbrennt.

## **EPOCHEN**

Bei SimEarth gibt es 4 Epochen: die geologische Epoche, die Epoche der Evolution, die Epoche der Zivilisation und die Epoche der Technik. Jede Epoche simuliert andere Perioden der Planetenentwicklung mit unterschiedlicher Ablaufgeschwindigkeit.

Sie können den Planeten in jeder beliebigen Epoche beginnen, oder aber Sie beginnen mit der ersten (geologischen) Epoche und führen Ihren Planeten durch alle Epochen. Für den Übergang zur nächsthöheren Epoche ist das Erreichen einer gewissen Entwicklungsstufe Voraussetzung.

## **BIOME**

Biome sind ökologische Pflanzen- und Tiersysteme, wie Wälder, Wüsten und Dschungel. Der Fortbestand der einzelnen Biome hängt von der Temperatur, dem Niederschlag und der Höhenlage ab. Bei SimEarth dienen Biome weitgehend der Darstellung pflanzlichen Lebens auf einem Planeten.

## **LEBEN**

Die Lebensformen bei SimEarth (SimEarth-Bewohner) reichen von einzelligen Mikroben im Meer bis hin zu komplexen, vernunftbegabten Tieren. Dabei kann bei SimEarth aus jeder mehrzelligen Lebensform eine vernunftbegabte Art werden.

Bei SimEarth beginnt und entwickelt sich das Leben automatisch. Sie können jedoch die Evolution des Lebens auf Ihrem Planeten wesentlich beeinflussen.

Bei SimEarth gibt es 15 Klassen von Lebewesen, wobei jede Klasse 16 Arten umfaßt. Insgesamt sind 240 Lebensformen möglich, wobei nicht alle von ihnen auf dem jeweiligen Planeten auftreten bzw. überleben werden.

Die Symbole für die Lebensformen im EDITIERFENSTER stehen für eine große Population dieser Lebensform, nicht für ein einzelnes Tier.

Für jede Lebensform gibt es besonders günstige Biome, in denen sie sich gut entwickelt, und andere, in denen sie nicht überlebensfähig ist.

Das Entwicklungsniveau der Lebensformen bestimmt den Aufstieg in die nächsthöhere Epoche.

## **ZIVILISATION**

Letztendlich entwickelt sich eine Art der SimEarth-Bewohner zu vernunftbegabten Wesen. Damit beginnt die Zivilisation, die viele neue Aufgaben und Probleme mit sich bringt.

SimEarth simuliert die Zivilisation mit Städten auf sieben verschiedenen Entwicklungsstufen der Technik, angefangen von der tiefsten Steinzeit bis hin zum Nanotech-Zeitalter der Zukunft.

## **ENERGIE**

Bei SimEarth gibt es zwei Nutzer von Energie: Sie und die SimEarth-Bewohner.

Jedes Mal, wenn Sie den Planeten im EDITIERFENSTER oder MODELLKONTROLL-PANEL verändern, verbrauchen Sie Energie. Zu den Herausforderungen von SimEarth gehört es, daß Sie Ihren Planeten im Rahmen Ihres Energiebudgets schaffen und entwickeln.

Von den intelligenten SimEarth-Bewohnern wird Energie erzeugt und verbraucht. Sie können auf diese Energieerzeugung und Energieverwendung Einfluß nehmen, doch die Energie gehört den SimEarth-Bewohnern, Sie können sie nicht für die Planetenmanipulation verwenden.

## **HILFE UND GLOSSAR**

Überall und zu jeder Zeit können Sie im SimEarth-Programm auf On-line-Hilfsinformationen zurückgreifen. Wenn Sie Hilfe benötigen, drücken und halten Sie den UMSCHALTER und klicken irgendwo auf dem Bildschirm an. Im Textfenster erscheint dann die von Ihnen benötigte Information.

Eine spezielle Anwendungsmöglichkeit des HILFSFENSTERS ist das GLOSSAR. Treten im Programm Wörter auf, die Sie nicht verstehen, so wählen Sie aus dem FENSTERMENÜ die Option "GLOSSAR", und im HILFSFENSTER erscheint das Glossar der in diesem Programm verwendeten Wörter und Begriffe.

---

Dieses Tutorial umfaßt 3 Abschnitte:

Der erste Abschnitt, überschrieben mit "**KURZER ÜBERBLICK**", bietet eine Einführung in die verschiedenen Menüs, Fenster, Graphiken und Kontroll-Panel.

Der zweite Abschnitt, der die Überschrift "**SCHAFFUNG UND VERÄNDERUNG DER PLANETEN**" trägt, zeigt Ihnen, wie man Planeten erschafft und erhält, die Landschaftsformen eines Planeten verändert, Biome, Lebensformen und Städte auf einem Planeten anlegt und verschiebt und unterschiedliche Ereignisse wie Vulkane und Erdbeben auslöst.

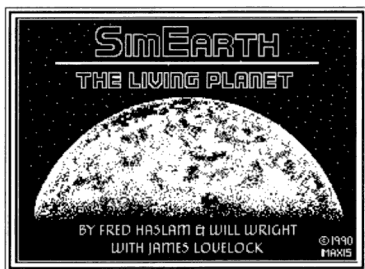
Der dritte Abschnitt ist mit "**ÄNDERUNG DER SIMULATION**" überschrieben und zeigt, wie Sie die MODELLKONTROLL-PANEL zur Veränderung der globalen Bedingungen auf Ihrem Planeten verwenden können.

## **ZUM TUTORIAL**

## KURZER ÜBERBLICK

Die Installations- und Startanweisungen entnehmen Sie bitte der beiliegenden Systemkarte und dem gerätespezifischen Anhang. Nun können Sie starten.

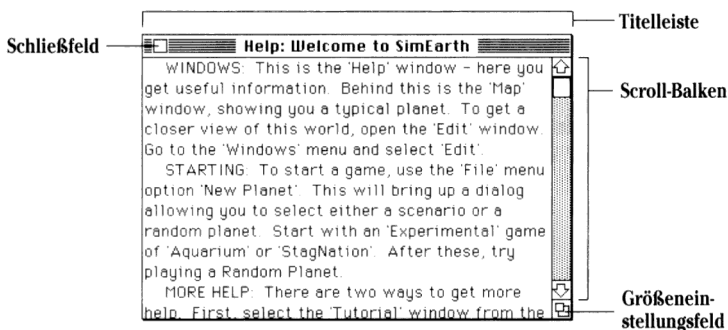
Im oberen Teil des Bildschirms erscheint die Menüleiste. Ferner sehen Sie drei Fenster: einen TITELBILDSCHIRM, ein HILFSFENSTER und das KARTENFENSTER.



Der TITELBILDSCHIRM stellt das Programm vor und zeigt die Namen derjenigen, die Anteil an der Entstehung von SimEarth haben. Sobald Sie anklicken, verschwindet er.

Das HILFSFENSTER enthält Informationen, die Ihnen bei der Anwendung und beim Verstehen von SimEarth helfen werden. Sie können Hilfsinformationen zu allen Piktogrammen, Feldern, Fenstern, Funktionen sowie allen anderen Aspekten von SimEarth anfordern.

Beim Erststart des Programms enthält das HILFSFENSTER Informationen, die Ihnen beim Start helfen sollen.

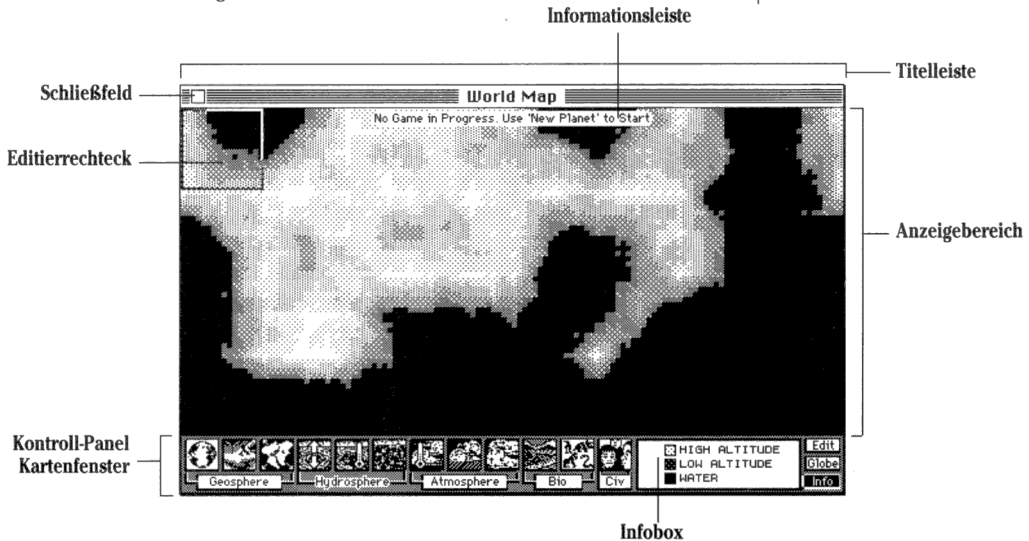


Durch Anklicken und Bewegen des GRÖSSENEINSTELLUNGSFELDES können Sie die Größe des HILFSFENSTERS verändern. Sie können es durch Anklicken und Bewegen der TITELLEISTE auch auf dem Bildschirm bewegen.

Wollen Sie durch den gesamten Text im HILFSFENSTER scrollen, so klicken Sie die nach oben oder nach unten gerichteten Pfeile des SCROLL-BALKENS auf der rechten Fensterseite an.

Um das HILFSFENSTER wieder zu verlassen, klicken Sie das SCHLIESSFELD an.

Das KARTENFENSTER zeigt Ihnen eine Gesamtansicht Ihres Planeten.



Oben im KARTENFENSTER befindet sich die TITELLEISTE. Sie gibt den Namen der angezeigten Karte an. Durch Anklicken und Bewegen der TITELLEISTE können Sie das KARTENFENSTER auf dem Bildschirm bewegen. Links von der TITELLEISTE befindet sich das SCHLIESSFELD. Durch Anklicken des Schließfeldes, schließen Sie das EDITIERFENSTER. Um es wieder zu öffnen, wählen Sie "KARTE" aus dem FENSTERMENÜ.

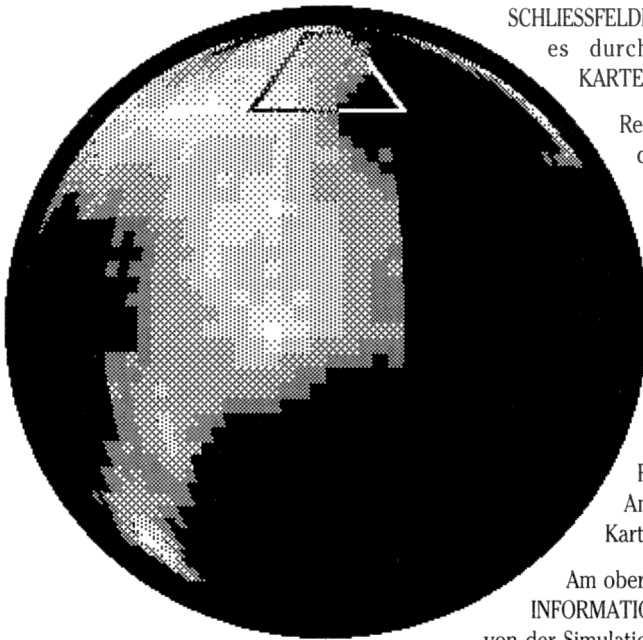
Alle Fenster, Graphiken und Kontroll-Panel verfügen über TITELLEISTEN und SCHLIESSFELDER.

Das KARTENFENSTER hat ferner einen ANZEIGEBEREICH und ein KONTROLL-PANEL. Im ANZEIGEBEREICH ist der gesamte Planet abgebildet. Ein in diesem Bereich befindliches Rechteck zeigt den Teil des Planeten, der im EDITIERFENSTER dargestellt wird, als Nahaufnahme Ihres Planeten.

Über das KONTROLL-PANEL unten am Fenster wählen Sie die verschiedenen Ansichten des Planeten, die Ihnen Informationen über den Boden, das Wasser, die Luft, das Klima, die Lebensformen und die Zivilisation vermitteln. Durch Anklicken der 12 Piktogramme können Sie zwischen diesen Ansichten hin und her schalten. Probieren Sie das Anklicken einmal. In vielen Fällen wird kaum etwas geschehen, da es noch keinen aktiven Planeten gibt. Um wieder zur ersten Ansicht zu gelangen, klicken Sie das linke äußere Piktogramm an.

Durch Anklicken der im unteren Teil befindlichen Felder "GEOSPHERE", "ATMOSPHERE", "BIO" und "CIV" erscheinen unterschiedliche MODELLEKONTROLL-PANEL. Durch zweimaliges Anklicken einiger Piktogramme erscheinen Graphiken. Doch darüber müssen Sie sich jetzt noch keine Gedanken machen. Erscheint





unerwartet ein kleines Fenster, so kann es durch Anklicken seines SCHLIESSFELDES geschlossen werden. Oder aber Sie vergrößern es durch Anklicken einer beliebigen Stelle des KARTENFENSTERS.

Rechts neben dem KONTROLL-PANEL befindet sich die INFOBOX. Sie zeigt verschiedene Graphiken und Legenden für die einzelnen Kartenansichten. Rechts neben der INFOBOX gibt es drei Felder. Das obere Feld bringt Sie zum EDITIERFENSTER, mit dem unteren schalten Sie in der INFOBOX zwischen Graphiken und Legenden (falls vorhanden) hin und her.

Das mittlere Feld, "GLOBE", führt dazu, daß aus der flachen Projektion ein Globus wird. Alle Kartenansichten existieren sowohl als flache Projektion als auch als Globus. Durch nochmaliges Anklicken von "GLOBE" kehren Sie zur flachen Kartenprojektion zurück.

Am oberen Rand des ANZEIGEBEREICHS befindet sich die INFORMATIONSLAISTE, in der gegebenenfalls Informationen von der Simulation und den SimEarth-Bewohnern an Sie angezeigt werden.

Im Moment sollte in der INFORMATIONSLAISTE stehen: "Kein Spiel. Zum Spielbeginn 'Neuer Planet' eingeben." Beim Erststart von SimEarth gibt es noch keinen aktiven Planeten, und das Spiel hat noch nicht begonnen. Dadurch wird Ihnen die Möglichkeit eingeräumt, sich – bevor es losgeht – etwas mit dem Programm vertraut zu machen. Sobald Sie zum Spielen bereit sind, wählen Sie "NEUER PLANET" aus dem DATEIMENÜ.

Doch bevor es soweit ist, sollten Sie sich noch ein wenig umschauen.

Zuerst sind da die MENÜS am oberen Rand des Bildschirms. Falls Sie mit Drop-down-Menüs noch keine Erfahrungen haben, finden Sie wichtige Informationen für Ihren Computer im SimEarth-Anhang. Alle Menüs einschließlich ihrer Optionen werden ausführlich in diesem Handbuch im Abschnitt "Arbeit mit dem Programm" beschrieben.

Öffnen Sie das DATEIMENÜ. Mit Hilfe dieses Menüs können Sie neue Planeten starten, alte Planeten laden oder sichern, drucken und SimEarth verlassen.

Öffnen Sie das FENSTERMENÜ. Über dieses Menü öffnen Sie die verschiedenen SimEarth-Fenster.

Öffnen Sie das MODELLMENÜ. Über dieses Menü gelangen Sie zu den vier MODELLKONTROLL-PANELS, die Sie zur Veränderung der Simulation benötigen.



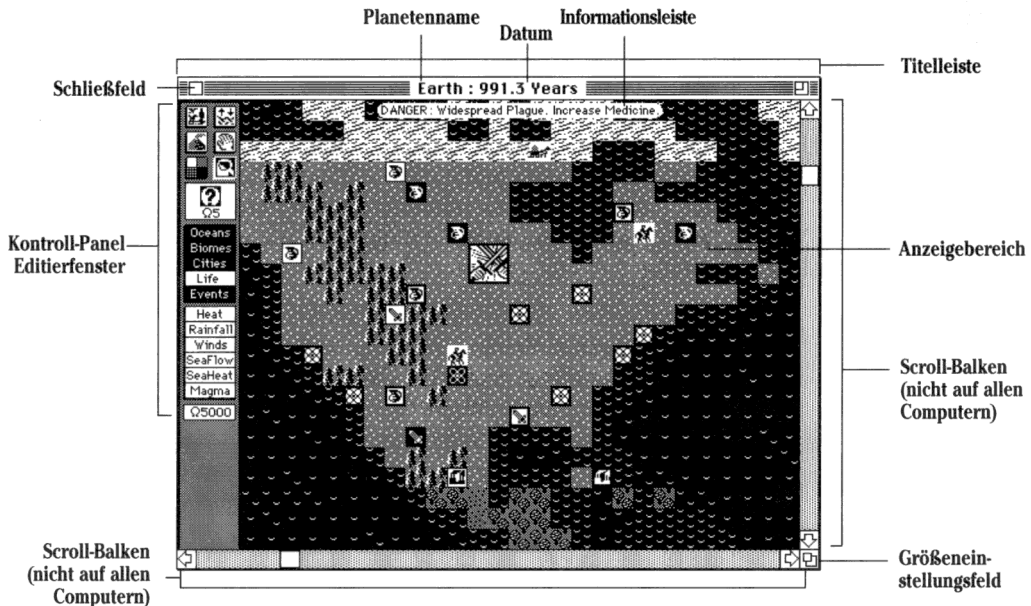
Öffnen Sie das GRAPHIKMENÜ. Über dieses Menü haben Sie Zugriff auf die vier Graphiken, die Informationen zur Luft, den Lebensformen und der Technik auf dem Planeten liefern.

Öffnen Sie das OPTIONSMENÜ. Mit Hilfe dieses Menüs können Sie das Programm Ihren eigenen Vorstellungen anpassen.

Öffnen Sie das GESCHWINDIGKEITSMENÜ. Dieses Menü gibt Ihnen die Möglichkeit, die Simulationsgeschwindigkeit des Spieles und die Art der Datenanzeige zu wählen.

Öffnen Sie das TONKONTROLLMENÜ. Mit Hilfe dieses Menüs können Sie einige der SimEarth-Töne beeinflussen.

Zu den wichtigsten Fenstern, mit denen Sie arbeiten werden, zählt neben dem KARTENFENSTER das EDITIERFENSTER: Um zu ihm zu gelangen, wählen Sie aus dem FENSTERMENÜ die Option EDITIEREN. Eine genaue Beschreibung des EDITIERFENSTERS finden Sie in diesem Handbuch im Abschnitt "Arbeit mit dem Programm". Hier nur ein kurzer Überblick.



Das EDITIERFENSTER ermöglicht Ihnen eine Nahansicht von Ihrem Planeten. In ihm werden Sie die Veränderungen am Planeten und an den ihn bevölkernden Lebensformen vornehmen.

Das EDITIERFENSTER umfaßt ferner eine TITELLEISTE, ein KONTROLL-PANEL und einen ANZEIGEBEREICH: Mit Hilfe der TITELLEISTE können Sie das Fenster schließen oder bewegen. Der ANZEIGEBEREICH zeigt das Planetengebiet, das sich im Rechteck des KARTENFENSTERS befindet.



Kontroll-Panel für  
das Editierfenster

Links im Fenster befindet sich das KONTROLL-PANEL FÜR DAS EDITIERFENSTER. Aus ihm wählen Sie Ihre Tools zur Veränderung des Planeten sowie die Daten, die Sie in diesem Fenster abrufen wollen.

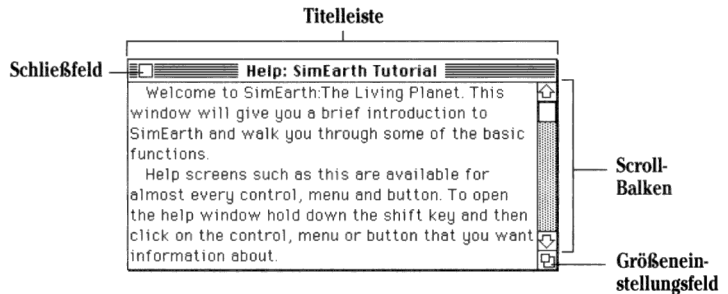
Eine schnelle Möglichkeit zum Herausfinden, welche Aufgabe die einzelnen Piktogramme und Felder des KONTROLL-PANELS FÜR DAS EDITIERFENSTER haben, bietet die HILFE-Funktion. Drücken Sie den UMSCHALTER oder die HILFSTASTE (falls vorhanden) und klicken Sie ein Piktogramm oder ein Feld an. Im HILFSFENSTER werden Informationen zu dem Punkt gezeigt, an dem Sie angeklickt haben.

In der rechten unteren Ecke befindet sich das GRÖSSENEINSTELLUNGSFELD. Durch Anklicken und Bewegen dieses Feldes vergrößern oder verkleinern Sie das EDITIERFENSTER.

Den größten Teil dieses Fensters nimmt der ANZEIGEBEREICH ein. Er zeigt eine Nahaufnahme Ihres Planeten aus der Satellitenperspektive. Im Moment werden Sie dort nur Land und Wasser sehen. Die Höhe der Landschaft wird durch unterschiedliche Schattierungen angegeben. Je heller die Anzeige, desto höher gelegen ist die Landschaft.

Um die verschiedenen Regionen des Planeten zu sehen, scrollen Sie das Planetenterrain im Fenster. Bei einigen Computern erscheinen rechts sowie unten im EDITIERFENSTER SCROLL-BALKEN. Wenn Ihr Computer über SCROLL-BALKEN verfügt, so verwenden Sie diese zum Scrollen des Terrains (Anklicken der Pfeile oder des Balkens). Haben Sie keine SCROLL-BALKEN, so bewegen Sie den Mauszeiger einfach an eine der Bildschirmseiten oder -ecken, und die Anzeige beginnt zu scrollen.

Gehen Sie zum FENSTERMENÜ und öffnen Sie das TUTORIALFENSTER. Hierbei handelt es sich um ein HILFSFENSTER, das Ihnen SimEarth vorstellt und zahlreiche Programmfunktionen erklärt. Das Tutorial im Handbuch, das Sie gerade lesen, ist weitaus umfassender. Nutzen Sie das On-line-TUTORIALFENSTER, um gegebenenfalls Ihre Kenntnisse schnell aufzufrischen.



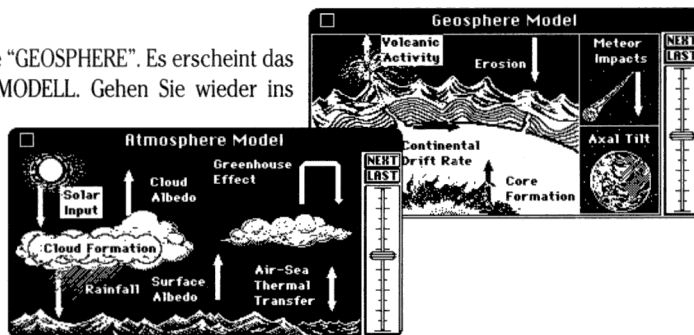
Zudem gibt es ein GESCHICHTSFENSTER, das eine graphische Übersicht über 15 Faktoren im geschichtlichen Ablauf Ihres Planeten bietet, sowie ein REPORTFENSTER, aus dem Sie erfahren können, wie die Bedingungen auf Ihrem Planeten sind und wie gut Sie Ihren Planeten verwalten. Da im Moment noch kein aktiver Planet vorhanden ist, werden diese Fenster Ihnen kaum Informationen bieten. Wir kommen auf sie später noch einmal zurück.

Öffnen Sie das MODELLMENÜ und wählen Sie "GEOSPHERE". Es erscheint das KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPHERENMODELL. Gehen Sie wieder ins Menü und wählen Sie "ATMOSPHERE". Es erscheint ein neues KONTROLL-PANEL.

Mit Hilfe dieser insgesamt vier KONTROLL-PANEL können Sie die Simulation direkt verändern. Es kann jeweils nur ein MODELLKONTROLL-PANEL eingeblendet werden. Sie können zwischen den einzelnen Panels hin und her wechseln, indem Sie "NEXT" bzw. "LAST" in der rechten oberen Ecke des Panels anklicken.

Öffnen Sie das GRAPHIKMENÜ, und wählen Sie eine der Graphiken. Es kann jeweils nur eine Graphik angezeigt werden. Diese Graphiken halten Sie über den Zustand der Atmosphäre, der Biome, der Lebensformen und der Technik auf Ihrem Planeten auf dem laufenden.

Beginnen wir nun mit der Erschaffung von Planeten!



## SCHAFFUNG UND VERÄNDERUNG VON PLANETEN

## SCHAFFUNG EINES PLANETEN IN DER GEOLOGISCHEN EPOCHE

Name your Planet:

Select a Time Scale:

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Geologic</b> LAST 4.5 B YEARS	-CONTINENTAL DRIFT -ATMOSPHERE -SINGLE CELL LIFE
<input type="checkbox"/> <b>Evolution</b> LAST 600 M YEARS	-CLIMATE/DRIFT -COMPLEX LIFE -BIOMES
<input type="checkbox"/> <b>Civilized</b> LAST 10,000 YEARS	-CLIMATE -LIFE/BIOMES -CIVILIZATION
<input type="checkbox"/> <b>Technology</b> LAST 100 YEARS	-CLIMATE/WEATHER -LIFE/BIOMES -TECHNOLOGY IMPACT

Wählen Sie aus dem DATEIMENÜ die Option NEUER PLANET.

Es erscheint eine Frage. Die Antwort auf diese Frage finden Sie am Schluß des SimEarth-Handbuches in den PLANETENBESCHREIBUNGEN. Geben Sie die Antwort ein, und drücken Sie "Return".

Jetzt erscheint das FENSTER "NEUER PLANET".

☒ Experimental Mode  
☒ Easy Game : Energy - 5000  
☒ Average Game : Energy - 2000  
☒ Hard Game : Energy - 2000 / Gaia Unregulated

Random Planet : Create your own World

EARTH : Modern Day 1990

AQUARIUM : Build Continents for a World in Stasis

MARS : Terraforming Greening the Red Planet

Stag Nation : Help Civilization out of the Stone Age

VENUS : Terraforming The Ultimate Challenge

EARTH : The Cambrian Era 550 Million Years Ago

Daisyworld : Exploring the Gaia Hypothesis

Im oberen Bereich des Fensters können Sie zwischen den Schwierigkeitsstufen leicht, mittelschwer und schwer wählen. Sie können sich aber auch für den Experimentalmodus entscheiden, bei dem Sie über ein unbegrenztes Energiebudget verfügen.

Im unteren Fensterbereich sehen Sie verschiedene Planeten. Insgesamt gibt es 7 Szenarien – vorgegebene Planeten – die Sie laden können. Sie können aber auch einen Zufallsplaneten erschaffen.

Beginnen wir mit der Schaffung eines Zufallsplaneten, wobei die Schwierigkeitsstufe "leicht" gewählt werden soll. Dazu klicken wir "EASY GAME" im oberen Fensterbereich und als Planeten "RANDOM PLANET" (ZUFALLSPLANET) an.

Jetzt erscheint eine Dialogbox, in der Sie aufgefordert werden, Ihrem Planeten einen Namen zu geben und die Epoche festzulegen.

Bei SimEarth gibt es 4 Epochen, die jeweils andere Aspekte der Planetenentwicklung simulieren. Im Abschnitt "Arbeit mit dem Programm" finden Sie eine vollständige Beschreibung aller Epochen.

Klicken Sie das Feld neben "GEOLOGIC" an (möglicherweise ist es bereits gewählt), geben Sie den Namen Ihres Planeten, z.B. GEOWELT, ein, und klicken Sie "BEGIN" an.

Ein neuer Planet ist geboren. Wählen Sie aus dem FENSTERMENÜ die Option "EDITIEREN", und lassen Sie sich das EDITIERFENSTER anzeigen. In der TITELLEISTE steht neben dem Namen des Planeten eine Zahl: Sie gibt die seit der Entstehung des Planeten vergangene Zeit an. Mit Hilfe des GESCHWINDIGKEITSMENÜS können Sie

zwischen "RELATIVEM DATUM" (Zeit, die seit Beginn der gegenwärtigen Epoche vergangen ist) und "ABSOLUTEM DATUM" (Zeit, die seit Beginn der Schaffung des Planeten vergangen ist) wählen. Da sich der derzeit aktive Planet noch in der ersten Epoche befindet, stimmen beide Daten überein.

Einige Zeit lang gibt es weder Ozeane noch eine Atmosphäre, die eintretende Meteore verbrennen könnte.

Lehnen Sie sich jetzt zurück, und beobachten Sie einige Minuten lang, was geschieht, wenn Sie zwischen dem EDITIER- und dem KARTENFENSTER hin und her schalten. Sie werden Zeuge von verschiedenen Ereignissen wie Meteoreinschlägen, Vulkanen und Erdbeben. Bald werden sich Ozeane bilden, in denen Leben entsteht.

## REISE ÜBER DEN PLANETEN

Holen Sie sich das EDITIERFENSTER nah heran, und machen Sie es so groß wie möglich. Bereisen Sie ein paar Minuten lang den Planeten, indem Sie ihn durch Scrollen an sich vorüberziehen lassen.

Die unterschiedlichsten Ereignisse laufen ab. In dieser Epoche vergeht die Zeit sehr schnell. Sie sehen die Kontinentaldrift. Einzellige Lebewesen breiten sich aus. Durch Meteoreinschläge auf dem Festland entstehen Krater, die zu Seen werden. Meteoreinschläge auf den Meeren verursachen Flutwellen.

## KONTROLL-PANEL FÜR DAS EDITIERFENSTER

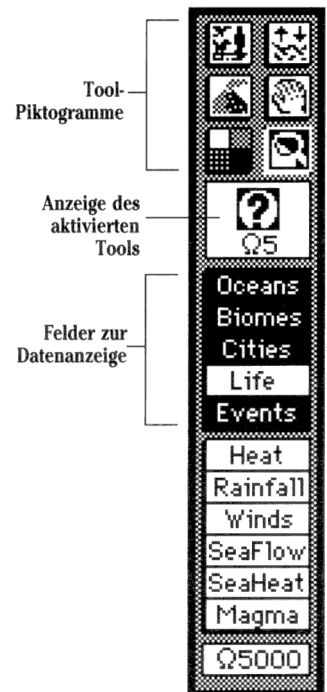
Holen Sie sich das EDITIERFENSTER nah heran. Oben links im KONTROLL-PANEL FÜR DAS EDITIERFENSTER sind sechs Piktogramme dargestellt. Durch Anklicken dieser Piktogramme aktivieren Sie die Tools für die Veränderung des Planeten. Unterhalb der Piktogramme befindet sich die ANZEIGE DES AKTIVIERTEN TOOLS. Sie gibt an, mit welchem Tool Sie gerade arbeiten und wieviel Energie Sie dabei verbrauchen.

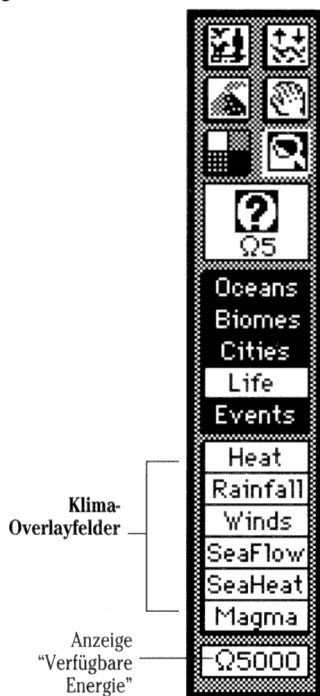
Klicken Sie jedes Piktogramm an. Zu den drei linken Piktogrammen gibt es Untermenüs. Klicken Sie diese an und halten Sie die Maustaste gedrückt, während Sie sich die Untermenüs anschauen. Halten Sie die Taste gedrückt, und lassen Sie sich eine Option des Untermenüs durch Bewegen des Mauspeils auf die entsprechende Option anzeigen.

Eine Erklärung zu den einzelnen Piktogrammen erhalten Sie, indem Sie den UMSCHALTER drücken und ein Piktogramm anklicken. Im HILFSFENSTER erscheinen Informationen über die Funktion und die Anwendungsmöglichkeiten des jeweiligen Piktogramms.

Unterhalb der Piktogramme befinden sich fünf FELDER ZUR DATENANZEIGE, mit deren Hilfe Sie bestimmen können, welche Informationen über den Planeten angezeigt werden. Dabei können Sie sich entweder alle Daten gleichzeitig, oder jeweils nur eine Datenkategorie oder auch gar keine dieser Daten anzeigen lassen.

Das HILFSFENSTER enthält ebenfalls Informationen über diese Felder.





Klicken Sie diese Felder an und probieren Sie, was geschieht. Wenn Sie die Ozeananzeige ausschalten, sehen Sie den Meeresboden. Das heißt aber nicht, daß der Ozean verschwunden ist, er ist nur nicht mehr sichtbar. In abhängigkeit davon, wie schnell Sie lesen und wie schnell Ihr Computer ist, können Sie jetzt auch die Anzeige "Life" oder "Biomes" aufrufen bzw. verlassen.


Unterhalb der DATENANZEIGEFELDER befinden sich sechs KLIMA-OVERLAYFELDER, mit deren Hilfe Sie die Anzeige der Klimadaten ein- bzw. ausschalten können. Dabei kann jeweils nur eines von ihnen eingeschaltet sein.

Auch zu diesen Feldern enthält das HILFSFENSTER Informationen.

Nehmen Sie sich etwas Zeit, um diese Felder auszuprobieren.

Unten am KONTROLL-PANEL FÜR DAS EDITIERFENSTER befindet sich die ANZEIGE "VERFÜGBARE ENERGIE". Bei SimEarth muß die Manipulation des Planeten mit Energie bezahlt werden. In diesem kleinen Feld steht, wieviel Energie Ihnen noch zur Verfügung steht. Im Laufe der Zeit werden Ihre Energievorräte langsam wieder aufgestockt, aber sie werden nie 5000 bei leichtem Schwierigkeitsgrad bzw. 2000 bei mittlerer oder höchster Schwierigkeitsstufe überschreiten. Im Experimentalmodus verfügen Sie über unbegrenzte Energievorräte.

## TOOL ZUR FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE

 Dieses Tool verfügt über zwei Modi: "RAISE" (NACH OBEN) und "LOWER" (NACH UNTEN). Klicken Sie das Piktogramm zur FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE einmal an. Das Piktogramm wird hervorgehoben dargestellt. In der ANZEIGE DES AKTIVIERTEN TOOLS erscheint das Piktogramm "FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE". Es zeigt nur den nach oben gerichteten Pfeil sowie den Preis seiner Verwendung: 50  $\Omega$  (Energieeinheiten).

Der nach oben gerichtete Pfeil zeigt an, daß sich das Tool im Modus "NACH OBEN" befindet.

Scrollen Sie das EDITIERFENSTER, bis Sie an eine hauptsächlich aus Wasser bestehende Region des Planeten gelangen. (Vergewissern Sie sich, daß die Ozeananzeige eingeschaltet ist.) Gehen Sie auf das Wasser und klicken Sie dort an, indem Sie das Feld einige Sekunden festhalten. Sie haben soeben eine Insel geschaffen. Beobachten Sie sie eine Weile, und Sie werden feststellen, daß sich Ihre Insel bewegt und verändert. Das liegt daran, daß die Zeit in dieser Epoche so schnell vergeht, daß Sie die Bewegung der Kontinente (Kontinentaldrift) sehen können.

Klicken Sie jetzt nochmals das Piktogramm FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE an. Das Piktogramm in der ANZEIGE DES AKTIVIERTEN TOOLS enthält nur einen nach unten gerichteten Pfeil, wodurch angezeigt wird, daß sich das Tool im Modus "NACH UNTEN" befindet. Der Preis für das Absenken von Punkten beträgt ebenfalls 50 Energieeinheiten.

Scrollen Sie über ein Landmassiv, klicken Sie an und halten Sie den Knopf einige Sekunden nach unten gedrückt. Sie haben soeben einen See geschaffen.

## DAS GAIA-FENSTER

Wählen Sie GAIA aus dem FENSTERMENÜ. Es erscheint ein kleines Fenster, das Gaia – den Planetenorganismus – zeigt. Anhand dieses Gesichts können Sie immer feststellen, in welcher “Stimmung” sich der Planet befindet.

Die Stimmung von Gaia hängt davon ab, wie gut sich das Leben auf Ihrem Planeten entwickelt. Sie reicht von Glück bis Entsetzen. Alles, was passiert, und alles, was Sie tun, hat Auswirkungen auf die Stimmung des Planeten.

Wenn Sie wollen, können Sie dieses Fenster ständig in einer Bildschirmecke eingeblendet lassen. So können Sie sich bei der Entwicklung Ihres Planeten ständig vom Gesicht leiten lassen.



Das Gesicht schläft, bis sich Leben bildet. Dann erwacht es. Seine Augen verfolgen den Mauspfel auf dem Bildschirm. Aber seien Sie vorsichtig, damit Sie ihm nicht die Augen ausstechen.

## DAS AUSLÖSEN VON EREIGNISSEN

Jetzt – beim Auslösen von Ereignissen – wird es erst richtig spannend. Überzeugen Sie sich, daß das FELD ZUR ANZEIGE DER EREIGNISDATEN im KONTROLL-PANEL FÜR DAS EDITIERFENSTER aktiviert ist.

Ereignisse sind mehr als nur Katastrophen oder Vorkommnisse. Ereignisse sind Tools. Sie können bei der Gestaltung des Planeten und bei Veränderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre gute Dienste leisten. Darüber hinaus können sie auch zu Massenaussterben führen.

Vergessen Sie nie, daß SimEarth auf dem Prinzip der Wechselwirkung beruht. Genaue Informationen über die Auswirkung der Ereignisse zum Wohle oder Wehe des Planeten, einschließlich ihrer Nebenwirkungen, erhalten Sie im Abschnitt “Arbeit mit dem Programm” unter der Überschrift “EREIGNISSE” bzw. über die HILFSFUNKTION (Drücken Sie den UMSCHALTER und klicken Sie das Piktogramm “EREIGNISSE AUSLÖSEN” an).

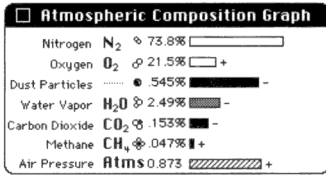
### METEORE



Klicken Sie das Piktogramm EREIGNISSE AUSLÖSEN an und halten Sie die Maustaste gedrückt. Dadurch erscheint das Ereignis-Untermenü. Bewegen Sie den Mauspfel, bis “METEOR” hervorgehoben dargestellt ist, dann lassen Sie die Maustaste los.

Scrollen Sie das EDITIERFENSTER solange, bis Wasser erscheint. Klicken Sie den Ozean mehrmals an. Meteore stürzen in den Ozean und lösen Flutwellen aus. Durch Meteoreinschläge in den Ozean erhöht sich die Luftfeuchtigkeit beträchtlich, was wiederum zu vermehrtem Niederschlag und somit zur Verstärkung des Treibhauseffektes führt. Dies können Sie kontrollieren, indem Sie aus dem GRAPHIKMENÜ die Option “AIR SAMPLE” (LUFTPROBE) wählen. Dadurch erscheint





- Hurricane
- Tidal Wave
- Meteor
- Volcano
- Atomic Bomb
- Fire
- Earthquake
- Plague

- North
- North-East
- East
- South-East
- South
- South-West
- West
- North-West

die GRAPHIK FÜR ATMOSPÄREN-ZUSAMMENSETZUNG. Prüfen Sie den Wasserdampfgehalt. Kehren Sie jetzt zum EDITIERFENSTER zurück und lassen Sie noch ein paar Meteore in den Ozean fallen. Lassen Sie sich nochmals den Wasserdampfgehalt anzeigen.

Lassen Sie ein paar Meteore auf das Festland fallen. Es entstehen riesige Krater. Wenn diese tief genug sind, bilden sich Seen. Durch Meteoreinschläge auf dem Festland gelangt Staub in die Atmosphäre. Ein zu hoher Staubgehalt in der Luft verhindert den Einfall von Sonnenlicht, wodurch Pflanzen (Biome) vernichtet werden, was wiederum den Tod von Tieren zur Folge hat. Prüfen Sie den Staubgehalt in der GRAPHIK FÜR ATMOSPÄREN-ZUSAMMENSETZUNG vor und nach Meteoreinschlägen.

**VULKANE** – Klicken Sie das Piktogramm “EREIGNISSE AUSLÖSEN” nochmals an, und halten Sie die Maustaste gedrückt. Jetzt wählen Sie “VOLCANO” (VULKANE) aus dem Untermenü.

Lösen Sie irgendwo im Ozean einen Vulkan aus. Sofort entsteht eine Insel. Vulkane im Ozean verursachen Flutwellen, wodurch das Leben in den küstennahen Regionen vernichtet werden kann. Zudem erhöhen Vulkane den Staub- und Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre.

**ERDBEBEN** – Aktivieren Sie jetzt die Option “EARTHQUAKE” (ERDBEBEN) im Untermenü “EREIGNISSE AUSLÖSEN”. Dieses Untermenü verfügt wiederum über ein Untermenü zur Festlegung der Richtung der Erdbebenenergie. Durch Erdbeben können Sie im SimEarth-Programm die Richtung des Magmaflusses unter der Erdoberfläche verändern, was sich auf die Kontinentaldrift auswirkt. Das heißt, mit Hilfe von Erdbeben können Sie Kontinente bewegen. Einen schnellen Überblick über die Folgen von Erdbeben erhalten Sie durch Aktivieren des MAGMA-/KLIMAFELDES.

Mit Hilfe von Erdbeben können Sie Gebirgsketten entstehen lassen. Gehen Sie mit dem EDITIERFENSTER über ein Landmassiv, am besten über ein flaches Gebiet. (Sie können die Höhe mit Hilfe des Tools “FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE” verringern). Lösen Sie im oberen Fensterbereich ein paar Erdbeben aus, deren Energie sich nach Süden ausbreitet. Jetzt lösen Sie im unteren Fensterbereich weitere Erdbeben aus, deren Energie nach Norden fließt. Dadurch wird auf das Land

von beiden Seiten Druck ausgeübt, und an dem Punkt, wo sich die nach Norden bzw. nach Süden strömenden Energiemassen treffen, wird ein Gebirgszug nach oben gedrückt.

## ANDERE EREIGNISSE

Auch die anderen Ereignisse wirken in dieser Weise. Sie sind nützliche Tools mit positiven und negativen Nebenwirkungen. Nehmen Sie sich die Zeit, sie auszuprobieren.



## REPORTFENSTER

Öffnen Sie das FENSTERMENÜ und wählen Sie "REPORT". Aus dem REPORTFENSTER erfahren Sie, wie gut Sie, Ihr Planet sowie das Leben auf dem Planeten vorankommen.

Die Informationen im REPORTFENSTER ändern sich je nach Epoche. Für das Blumenweltszenarium sowie die beiden Terraformierungsszenarien (Mars und Venus) gibt es ein spezielles REPORTFENSTER.

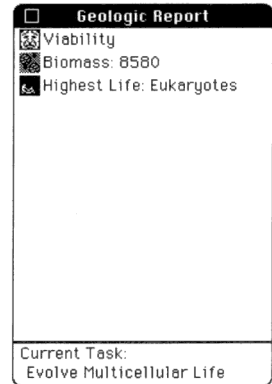
Im unteren Teil des REPORTFENSTERS wird die "CURRENT TASK" (AKTUELLE AUFGABE) angezeigt. Sie gibt an, welche Aufgaben erfüllt werden müssen, bevor Sie die nächsthöhere Epoche erreichen oder ein Szenarium erfolgreich abschließen können.

Beginnen wir jetzt noch einmal mit einem neuen Planeten in der Epoche der Zivilisation, und veranschaulichen wir uns die übrigen uns zur Verfügung stehenden Tools.

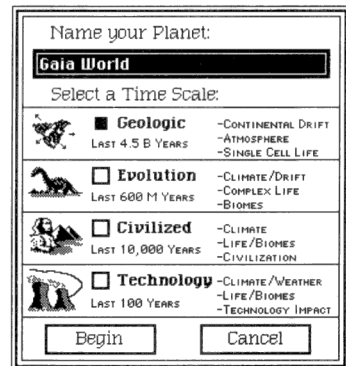
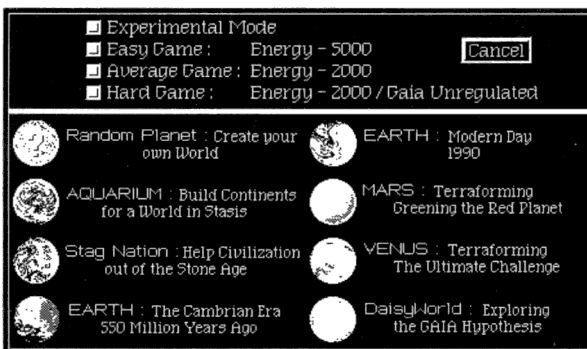
Speichern Sie den alten Planeten zuerst auf einer Diskette. Wählen Sie "SAVE AS..." (SICHERN) aus dem DATEIMENÜ. Entscheiden Sie sich, auf welcher Diskette oder auf welchem Laufwerk Sie den Planeten abspeichern wollen und ändern Sie eventuell dessen Namen. Klicken Sie "SICHERN" an. Genauere Angaben dazu finden Sie im SimEarth-Anhang.

Wählen Sie nun die Option "NEUER PLANET" aus dem DATEIMENÜ. Für dieses Spiel nehmen Sie den Experimentalmodus und klicken dann den Zufallsplanet an.

Nach Erscheinen der Namens- und Epochendialogbox, klicken Sie das Feld links neben "Civilized" an, geben den Namen "CIVWORLD" ein, und klicken dann "BEGIN" an.,



## SCHAFFUNG EINES PLANETEN IN DER EPOCHE DER ZIVILISATION



## ERFORSCHUNG DER NEUEN WELT

### KARTENFENSTER

Schauen wir uns den neuen Planeten einmal an. Öffnen Sie das KARTENFENSTER, falls das nicht bereits erfolgt ist, und lassen Sie sich den Planeten in der flachen Projektion (nicht als Globus) anzeigen. Im unteren Fensterbereich sehen Sie das KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER.

In diesem Kontroll-Panel befinden sich 12 Piktogramme, mit deren Hilfe sich die Kartenanzeige verändern lässt. Die Piktogramme sind in fünf Gruppen unterteilt: die Geosphäre, die Hydrosphäre, die Atmosphäre, die Bio(sphäre) und die Ziv(ilisation).



Im Moment wird die zum Geländekartenpiktogramm gehörende Geländekarte angezeigt. Daraus sind die Kontinente und Ozeane sowie die Höhenlage des Geländes ersichtlich. Wenn Sie jetzt das INFOFELD in der rechten unteren Ecke des Fensters anklicken, erscheint in der INFOBOX eine Legende für die einzelnen auf der Karte angezeigten Höhenlagen.



Klicken Sie jetzt das Ereigniskartenpiktogramm an. Jetzt sind auf der Karte Land und Wasser (ohne Höhenangabe) zu sehen und an den Punkten, wo (gegebenenfalls) Ereignisse auftreten, erscheinen winzige Symbole. Die INFOBOX zeigt eine Legende zu den Ereignissymbolen.



Klicken Sie das Driftkartenpiktogramm an. Dadurch wird die Richtung der Magmaströmungen erkennbar, die für die Kontinentaldrift auf Ihrem Planeten verantwortlich ist.



Wenn Sie jetzt das Geländekartenpiktogramm anklicken, verschwindet die Kontinentaldrift, und es wird wieder die Höhenlage angezeigt.



Das Piktogramm OZEANE EIN/AUS ist das erste Piktogramm der Hydrosphären-Gruppe. Damit lässt sich die Ozeananzeige ein- oder ausschalten. Es kann in Verbindung mit allen anderen Piktogrammen verwendet werden. Klicken Sie es mehrmals an. Wenn Sie damit fertig sind, lassen Sie die Ozeananzeige eingeschaltet.



Klicken Sie das Ozeantemperaturpiktogramm an. Jetzt wird die Ozeantemperatur durch Schattierungen oder Farben angezeigt. Die INFOBOX zeigt eine Legende zu den Temperaturen.



Wenn Sie das nächste Piktogramm anklicken, werden die Ozeanströmungen sichtbar.

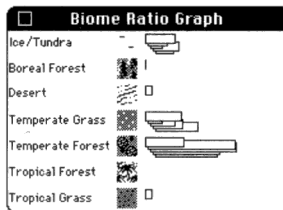
Kommen wir jetzt zur Atmosphären-Gruppe. Die drei Piktogramme in dieser Gruppe zeigen die Lufttemperatur, den Niederschlag und die Luftströmungen an. Klicken Sie jedes der Piktogramme an. In der INFOBOX erscheint die zur jeweiligen Anzeige gehörende Legende.

Für die Biosphären-Gruppe gibt es nur zwei Piktogramme: "Biome" zeigt die Biomverteilung auf dem Planeten, und "Leben" gibt die Vielfalt des Lebens auf dem Planeten an. Auch hier enthält die INFOBOX wieder eine Legende, die Ihnen die Auswertung der Karte erleichtern soll.

Für die Gruppe "Zivilisation" gibt es nur ein Piktogramm, das die Verteilung der sieben Entwicklungsstufen der Technik auf dem Planeten anzeigt.

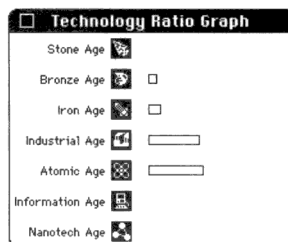
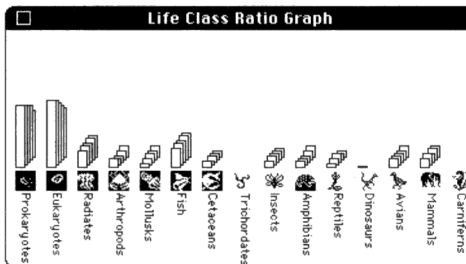
## GRAPHIKEN

Auch anhand der Graphiken erhalten Sie Informationen über den Planeten. Wählen Sie BIOME aus dem GRAPHIKMENÜ, um sich die BIOMVERHÄLTNISGRAPHIK anzeigen zu lassen.



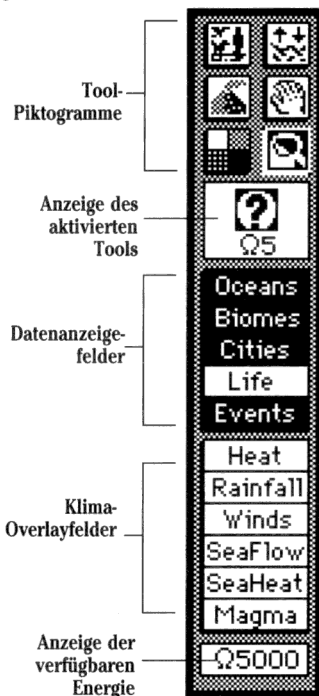
Diese Graphik gibt die relative Häufigkeit der einzelnen Biome auf dem Planeten an. Da die Veränderungen als Funktion der Zeit dargestellt werden, können Sie das Aufblühen und den Niedergang der Biome im Laufe der Zeit verfolgen.

Wählen Sie "LIFE-FORMS" (LEBENSFORMEN) aus dem GRAPHIKMENÜ, um sich die GRAPHIK DES VERHÄLTNISSSES DER KLASSEN DER LEBEWESSEN anzeigen zu lassen. Sie gibt die relative Häufigkeit der einzelnen Klassen von Lebewesen auf dem Planeten an.




Wählen Sie "TECHNOLOGY" (TECHNIK) aus dem GRAPHIKMENÜ, um sich die TECHNIKVERHÄLTNISGRAPHIK anzeigen zu lassen. Sie gibt die relative Häufigkeit der einzelnen Entwicklungsstufen der Technik auf dem Planeten an.

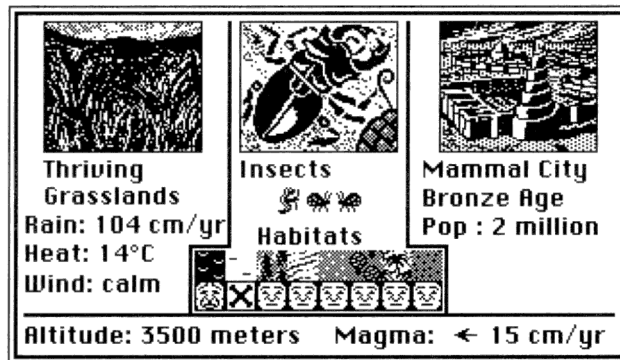




## EDITIERFENSTER

Gehen Sie zurück ins EDITIERFENSTER und schauen Sie sich das KONTROLL-PANEL FÜR DAS EDITIERFENSTER an. Schalten Sie alle DATENANZEIGEFELDER ein.

 Klicken Sie das Piktogramm "ÜBERPRÜFEN" an. Klicken Sie jetzt eine beliebige Stelle des EDITIERFENSTER-ANZEIGEBEREICHS an, und halten Sie den Mausknopf gedrückt. Dadurch öffnet sich ein kleines Fenster auf dem Bildschirm, das Ihnen Daten über die Biome, das Leben und die Zivilisation an diesem Ort anzeigt.




Halten Sie den Mausknopf gedrückt und bewegen Sie den Mausfeil im EDITIERFENSTER. Die wechselnden Angaben im Datenfenster beziehen sich jeweils auf den Punkt, auf den der Mausfeil gerichtet ist. Nehmen Sie sich etwas Zeit, um mit dem Tool "ÜBERPRÜFEN" Ihre Welt zu erforschen.

Durch Anfordern von HILFSINFORMATIONEN (UMSCHALTER betätigen und klicken) im EDITIERFENSTER-ANZEIGEBEREICH gelangen Sie zu demselben Datenfenster, das mit Hilfe des Tools "ÜBERPRÜFEN" geöffnet wird.

Nachdem wir uns jetzt ein wenig mit dem Planeten vertraut gemacht haben, wollen wir etwas Bewegung in das Ganze bringen.

## TOOL ZUR ANSIEDLUNG VON LEBEWESSEN

 Lassen Sie sich das EDITIERFENSTER anzeigen, und aktivieren Sie die DATENANZEIGEFELDER "LIFE" (LEBEN) und "CITIES" (STÄDTE). Klicken Sie das Piktogramm "ANSIEDLUNG VON LEBEWESSEN" an und halten Sie den Mausknopf gedrückt.

Es erscheint ein Untermenü. Aus ihm wählen Sie die Lebewesen, Zivilisationen (Städte) und Terraformer, die Sie auf Ihrem Planeten ansiedeln wollen.

Auf der linken Seite des Untermenüs stehen die Lebewesen, von denen die oberen sieben zu den Meereslebewesen und die unteren sieben zu den Landlebewesen gehören.

Die oberen sieben Eintragungen auf der rechten Seite stehen für Städte, in denen Ihre vernunftbegabten SimEarth-Bewohner leben werden, wobei zu jeder der sieben Entwicklungsstufen der Technik jeweils eine Stadt gehört. Unter den Städten stehen sieben Terraformer. Dabei handelt es sich um Tools, die Sie zur Terraformierung von Mars und Venus benötigen werden.

Wählen Sie aus der linken Seite des Untermenüs eine Lebensform. Bewegen Sie den Mauspfel in den EDITIERFENSTER-ANZEIGEBEREICH und klicken Sie. Damit haben Sie Ihre Lebensform an diesem Ort angesiedelt.

In den jeweiligen Epochen und Entwicklungsstufen des Planeten stehen nicht immer alle Optionen im Untermenü "Ansiedlung von Lebewesen" zur Verfügung. Dies gilt sowohl für Lebensformen als auch für Städte.

Auch führt die Tatsache, daß Sie Lebensformen auf dem Planeten ansiedeln, nicht automatisch dazu, daß diese sich dort auch behaupten werden. Wenn Sie Meereslebewesen auf dem Land oder Landlebewesen im Wasser ansiedeln, werden diese nicht lange überleben. Die Lebensformen können sich nur in bestimmten Biomen gut entwickeln.

Eine umfassende graphische Übersicht über die für die einzelnen Lebensformen geeigneten Biome finden Sie im Kapitel "Leben", im Abschnitt "Arbeit mit dem Programm".

Beachten Sie, daß der Energieverbrauch für die Ansiedlung der verschiedenen Lebensformen und Städte unterschiedlich ist und von deren jeweiliger Entwicklungsstufe abhängt.

## DAS TOOL "BIOM ANLEGEN"

Ebenso, wie Sie Tiere auf dem Planeten ansiedeln können, können Sie auch Biome schaffen. Klicken Sie das Piktogramm "BIOM ANLEGEN" an und halten Sie den Mausknopf gedrückt. Es erscheint ein Untermenü. Aus ihm wählen Sie die Biome, die Sie ansiedeln wollen.

Dabei können die einzelnen Biome nur in bestimmten Klimazonen überleben. Wenn Sie z.B. einen Sumpf auf einer Polareiskappe anlegen, so wird er dort nicht lange überdauern. Eine umfassende graphische Übersicht über die für die einzelnen Biome geeigneten Klimazonen finden Sie im Kapitel "Leben", im Abschnitt "Arbeit mit dem Programm".

Beim Anlegen von Biomen können Sie klicken, den Mausknopf gedrückt halten und die Maus langsam über den Planeten bewegen. Dadurch werden die Biome kontinuierlich auf das Gelände "gemalt".

	Prokaryote		Stone Age
	Eukaryote		Bronze Age
	Radiate		Iron Age
	Arthropod		Industrial Age
	Mollusk		Atomic Age
	Fish		Info Age
	Cetacean		Nanotech Age
	Trichordate		Biome Factory
	Insect		Oxygenator
	Amphibian		N2 Generator
	Reptile		Hydrator
	Dinosaur		CO2 Generator
	Avian		Monolith
	Mammal		Ice Meteor

	Rock
	Arctic
	Boreal
	Desert
	Grass
	Forest
	Jungle
	Swamp

## DAS TOOL “BEWEGEN”



Das letzte Tool im EDITIERFENSTER dient dem Verschieben von Biomen, Lebensformen und Städten. Klicken Sie das Piktogramm “BEWEGEN” an.

Bewegen Sie den Mauspfel auf den EDITIERFENSTER-ANZEIGEBEREICH, klicken Sie eine Stelle an, wo sich Lebensformen, eine Stadt oder ein Biom befinden, und halten Sie den Mausknopf gedrückt. Bewegen Sie den Mauspfel dann auf eine andere Stelle und lassen Sie den Mausknopf los.

Das Tool “BEWEGEN” dient nicht nur der Verschiebung von Lebensformen und Gebieten, es erweist sich auch bei der Anstellung von Nachforschungen als nützlich. Wenn mehrere Datenanzeigefelder eingeschaltet sind, so überlagern die Symbole für LEBEN die Symbole für BIOM, und die STADT-Symbole überlagern sowohl die LEBEN- als auch die BIOM-Symbole. Wenn Sie feststellen wollen, welche Lebensform oder welches Biom sich unter einer Stadt befinden, so heben Sie die entsprechenden Symbole mit Hilfe des Tools “BEWEGEN” an und setzen Sie danach wieder an die alte Stelle.

Bisher haben wir gelernt, wie man den Planeten erkunden und verändern kann, nun soll es darum gehen, die Simulation zu verändern.

Über das EDITIERFENSTER verändern Sie den Planeten, d.h. eigentlich verändern Sie nur einen Teil des Planeten. Mit Hilfe der MODELLKONTROLL-PANEL können Sie direkte Veränderungen am Modell, von dem das Schicksal des gesamten Planeten bestimmt wird, vornehmen.

Insgesamt gibt es vier MODELLKONTROLL-PANEL, mit deren Hilfe jeweils einer der folgenden Bereiche verändert werden kann:

- GEOSPHERE: der Planet selbst,
- ATMOSPHERE: die Luft und das Klima des Planeten,
- BIOSPHERE: das Leben auf dem Planeten und
- ZIVILISATION: das Verhalten der vernunftbegabten Art auf dem Planeten.

In diesem Tutorial sollen nicht alle Kontrollfaktoren der KONTROLL-PANEL bis in alle Einzelheiten erklärt werden. Sie erfahren hier, wozu und wie Sie die einzelnen KONTROLL-PANEL verwenden können. Eine genaue Beschreibung der Kontroll-Panel finden Sie im Kapitel "Modellkontroll-Panel", im Abschnitt "Arbeit mit dem Programm".

Auch über die HILFSFUNKTION können Sie erfahren, was die einzelnen Kontrollfaktoren bewirken. Drücken Sie den UMSCHALTER und klicken Sie einen Kontrollfaktor an. Im HILFSFENSTER erscheint eine Beschreibung der einzelnen Kontrollfaktoren.

Mit Hilfe des KONTROLL-PANELS FÜR DAS GEOSPHERENMODELL können die geologischen Aspekte des Planeten verändert werden. Diese

Aspekte, wie beispielsweise die Kontinentaldrift und die Kernbildung, verändern sich im Verlaufe von Jahrmillionen nur sehr langsam. Aufgrund dieser langsamen Veränderung sind sie nur in der geologischen Epoche deutlich erkennbar.

Schaffen Sie einen neuen Zufallsplaneten, der sich in der geologischen Epoche befindet.

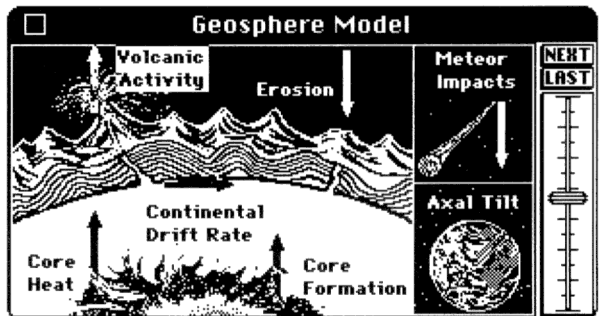
Schließen Sie alle Fenster mit Ausnahme des KARTENFENSTERS. Öffnen Sie das KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPHERENMODELL. Dazu wählen Sie entweder "GEOSPHERE" aus dem MODELLMENÜ oder aber Sie klicken das Feld "GEOSPHERE" im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER an.

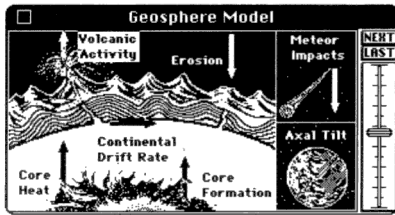
Öffnen Sie das OPTIONSMENÜ. Vergewissern Sie sich, daß das Feld "UPDATE BACKGROUND" (HINTERGRUND AKTUALISIEREN) eingeschaltet ist. (Auf der linken Seite leuchtet ein Symbol auf, sobald es aktiviert ist.) Dadurch können Sie das MODELLKONTROLL-PANEL vorn im Bildschirm lassen und dennoch die Veränderungen im KARTENFENSTER verfolgen.

# VERÄNDERUNG DER SIMULATION

## EINLEITUNG

## KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPHEREN- MODELL





Mit Hilfe dieses Panels können sieben Kontrollfaktoren beeinflusst werden. All diese Faktoren haben einen Namen und ein Anzeigesymbol. Dieses Anzeigesymbol ist in der Regel ein Pfeil. In diesem Tutorial werden wir uns auf den Kontrollfaktor "KONTINENTALDRIFT" konzentrieren, weil hier die Folgen der Änderungen gut sichtbar sind.

Klicken Sie im KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPHERÄNMODELL das Wort "KONTINENTALDRIFT" an. Dadurch werden der Begriff und der darüber befindliche Pfeil hervorgehoben dargestellt, was anzeigt, daß Sie jetzt mit Hilfe dieses Kontrollfaktors Änderungen vornehmen können.

Zur Veränderung der Einstellungen verwenden Sie den Gleitregler auf der rechten Seite des Kontroll-Panels. Klicken Sie oberhalb oder unterhalb des Reglers an, um die Einstellung um einen Strich nach oben oder nach unten zu verändern. Es ist auch möglich, anzuklicken und den Regler zu bewegen.

Wenn es auf Ihrem jüngsten Planeten noch keine Ozeane gibt, warten Sie ein wenig und fahren Sie erst fort, nachdem sich diese gebildet haben.

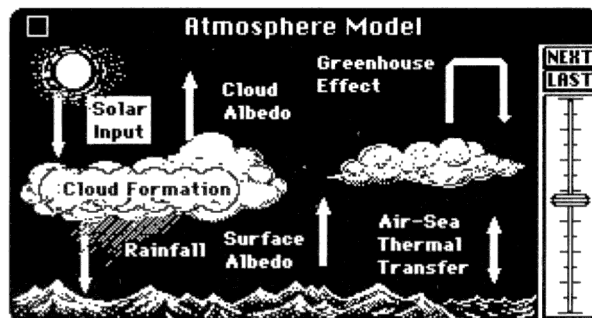
Klicken Sie den Regler an und bewegen Sie ihn ganz nach oben, wodurch die Kontinentaldrift auf maximal gestellt wird. Gehen Sie jetzt ins GESCHWINDIGKEITSMENÜ und stellen Sie den Simulator auf SCHNELL. Beobachten Sie das KARTENFENSTER eine Weile und Sie werden sehen, wie sich die Kontinente bewegen.

Jetzt stellen Sie die Kontinentaldrift auf minimal ein. Die Bewegung der Kontinente wird nahezu zum Stillstand kommen.

Die anderen Kontrollfaktoren funktionieren auf die gleiche Weise. Wenngleich ihre Veränderung nicht zu solch sichtbaren Ergebnissen wie bei der Kontinentaldrift führt, haben doch alle weitreichende Auswirkungen auf den Planeten.

## KONTROLL-PANEL FÜR DAS ATMOSPHERÄN- MODELL

Öffnen Sie jetzt das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ATMOSPHERÄNMODELL. Dafür gibt es drei Möglichkeiten. Entweder Sie wählen "ATMOSPHERE" aus dem MODELLMENÜ, oder Sie klicken das Feld "ATMOSPHERE" im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER an oder aber Sie klicken "NEXT" in der oberen rechten Ecke des KONTROLL-PANELS FÜR DAS GEOSPHERÄNMODELL an.





Das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ATMOSPHERÄNMODELL gilt für alle vier Epochen.



Bringen Sie das KARTENFENSTER nach vorn und klicken Sie das Piktogramm "LUFTTEMPERATUR" an. Klicken Sie nun das INFOELD an, damit die Legende für die durch verschiedene Farben/Schattierungen gekennzeichneten Temperaturen erscheint.

Bringen Sie das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ATMOSPHERÄNMODELL nach vorn. Klicken Sie "SOLAR INPUT" (SONNENEINSTRALUNG) an. Nun bewegen Sie den Regler ganz nach oben. Damit haben Sie die Sonnenwärme auf maximal eingestellt. Nach kurzer Zeit wird Ihr Planet beginnen, sich zu erwärmen.

Um das ganze auf die Spitze zu treiben, stellen Sie jetzt auch noch "GREENHOUSE EFFECT" (TREIBHAUSEFFEKT) auf maximal und "CLOUD ALBEDO" (WOLKENALBEDO), "SURFACE ALBEDO" (OBERFLÄCHENALBEDO) und "AIR-SEA THERMAL TRANSFER" (WÄRMEÜBERTRAGUNG LUFT-MEER) auf minimal ein. Mit jedem dieser Schritte verstärken Sie die globale Erwärmung.

Klicken Sie das INFOELD an. Es erscheint die Graphik, die die Veränderungen der Lufttemperatur anzeigt. Beobachten Sie sie eine Weile. Nach kurzer Zeit werden die Karte und die Graphik einen Temperaturanstieg erkennen lassen. Wenn Sie lange genug warten, verdampfen Ihre Ozeane und alles Leben auf Ihrem Planeten wird vernichtet.

Stellen Sie nach einigen Minuten alle Faktoren wieder auf den Mittelwert ein, und beobachten Sie anhand der Karte und der Graphik, wie Ihr Planet sich abzukühlen beginnt.

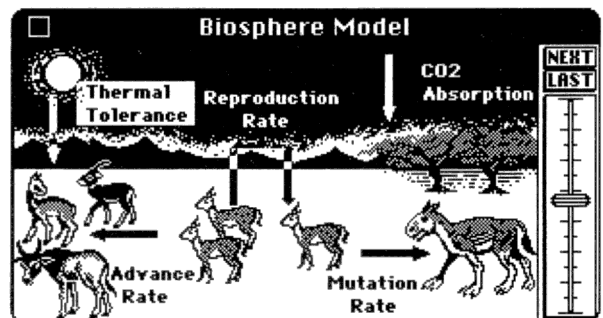
Das KONTROLL-PANEL FÜR DAS BIOSPHÄRENMODELL ist in der Epoche der Evolution außerordentlich effektiv, während es in den anderen Epochen nur in bestimmten Maße wirksam wird. Es regelt, wie die Formierung des Lebens auf dem Planeten mit Hilfe der Simulation erfolgt.

Schaffen Sie einen neuen Planeten in der Epoche der Evolution, und stellen Sie die Geschwindigkeit im GESCHWINDIGKEITSMENÜ auf SCHNELL. Öffnen Sie nun das KONTROLL-PANEL FÜR DAS BIOSPHÄRENMODELL. Dies kann entweder über das Menü, das KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER oder das Anklicken von "NEXT" im KONTROLLPANEL FÜR DAS ATMOSPHERÄNMODELL erfolgen.

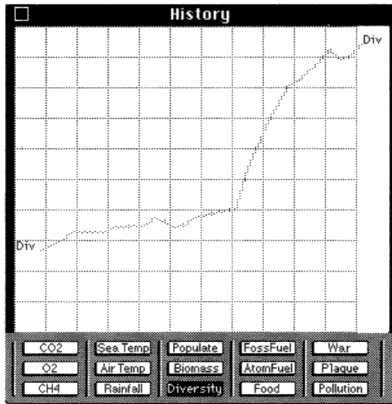
Stellen Sie nun "ADVANCE RATE", "MUTATION RATE" und "REPRODUCTION RATE" im KONTROLL-PANEL FÜR DAS BIOSPHÄRENMODELL auf maximal.

Die mit Hilfe dieses Kontroll-Panels ausgelösten Veränderungen sind weitaus weniger deutlich als die der anderen Kontroll-Panels. Am besten sind sie im GESCHICHTSFENSTER erkennbar.

## KONTROLL-PANEL FÜR DAS BIOSPHÄREN-MODELL



## | GESCHICHTSFENSTER



Öffnen Sie das GESCHICHTSFENSTER, indem Sie im FENSTERMENÜ die Option "HISTORY" (GESCHICHTE) wählen.

Das GESCHICHTSFENSTER zeigt die Veränderung von 15 Faktoren als Funktion der Zeit an. Klicken Sie "DIVERSITY" an, um sich die Veränderung der Artenzahl auf dem Planeten anzeigen zu lassen.

Verfolgen Sie die Entwicklung einige Minuten, und Sie werden sehen, daß die von Ihnen im KONTROLL-PANEL FÜR DAS BIOSPHÄRENMODELL vorgenommenen Veränderungen zu einer größeren Vielfalt führen.

## KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONS-MODELL

Das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL regelt den Umgang des Modells mit Ihrer vernunftbegabten Art. Es ist nur in der Epoche der Zivilisation und der Epoche der Technik von Nutzen.

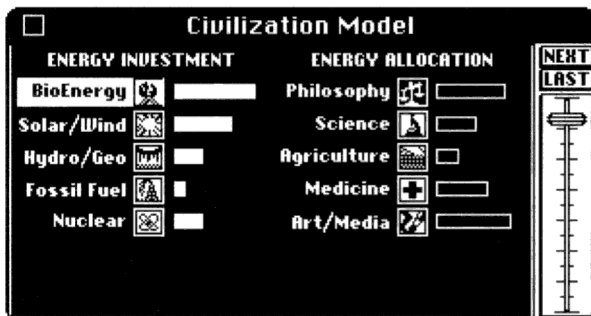
Öffnen Sie das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL. Dieses Kontroll-Panel stellt eine der größten Herausforderungen von SimEarth dar. Mit seiner Hilfe können Sie bestimmen, in welche Energiequellen die vernunftbegabten Bewohner Ihres Planeten ihre Zeit investieren und wofür sie die Energie verwenden.

Dabei handelt es sich um ein sehr kompliziertes Kontroll-Panel. Seine vollständige Beschreibung finden Sie im Kapitel "MODELLKONTROLL-PANEL", im Abschnitt "Arbeit mit dem Programm".

Auf der linken Seite des KONTROLL-PANELS FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL können Sie die Energiequelle wählen, die Sie entwickeln wollen. Die Einstellung erfolgt hier ebenso wie bei den anderen Kontroll-Panels. Die verschiedenen Energiequellen sind für bestimmte Entwicklungsstufen der Technik geeignet. So können Sie eine in der Steinzeit lebende Zivilisation viel Zeit darauf verwenden

lassen, die Kernenergie zu entwickeln. Da sie nicht über die erforderlichen Kenntnisse und Werkzeuge verfügen, werden Sie keinerlei Ergebnisse erzielen.

Je mehr Sie in die für den jeweiligen Entwicklungsstand der Technik geeignete Energieform investieren, desto mehr Energie steht Ihrer Zivilisation für das Erreichen der nachsthöheren Entwicklungsstufe der Technik zur Verfügung.



Auf der rechten Seite des Kontroll-Panels können Sie die Verwendung der Energie festlegen. Damit entscheiden Sie darüber, wofür die Zivilisationen die selbst erzeugte Energie verwenden.

Dabei funktioniert die rechte Seite des Kontroll-Panels etwas anders als die linke. Sie fungiert als Verhältnisfunktion. Sämtliche produzierte Energie wird genutzt. Je höher Sie die Energieverwendung für einen bestimmten Zweck einstellen, desto größer wird der Anteil sein, der für diesen Zweck von der insgesamt erzeugten Energie bereitgestellt wird. Wenn für alle Einstellungen der Mittel- bzw. der Maximalwert gewählt wird, so interpretiert das Modell die Einstellungen als gleich. Wichtig ist es, bei den Einstellungen zur Energieverwendung differenziert vorzugehen. Legen Sie Ihre Prioritäten fest, und verwenden Sie die Energie für die Ihnen am wichtigsten erscheinenden Gebiete.

Das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL steht in engem Zusammenhang mit dem REPORTFENSTER.

## DAS REPORTFENSTER

Schaffen Sie einen neuen Planeten, der sich in der Epoche der Technik befindet. Vergewissern Sie sich, daß die Option "UPDATE BACKGROUND" (HINTERGRUND AKTUALISIEREN) eingeschaltet ist.

Öffnen Sie das REPORTFENSTER, und gestalten Sie den Bildschirm so, daß Sie gleichzeitig das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL sehen können.

Schauen Sie sich das REPORTFENSTER an. Es enthält ausführliche Angaben über die Zivilisation des Planeten. Es gibt Ihnen die vernunftbegabte Art, den höchsten sowie den durchschnittlichen (mittleren) Stand der Technik, die Population und die Lebensqualität an. Ferner enthält es eine graphische Übersicht über die von Ihrer vernunftbegabten Art bevorzugten Biome.

Die Energieangaben unterhalb der Übersicht beziehen sich auf das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL. Sie geben die Energiequellen und deren Nutzeffekt an. Der Nutzeffekt hängt vom durchschnittlichen Entwicklungsstand der Technik auf Ihrem Planeten ab.

Links neben den Energiequellen sind die Wochenstunden angegeben, die Ihr Weltbürger für die jeweilige Energiequelle arbeitet. Unter diesen Stunden stehen die Gesamtwochenstunden, die intelligente SimEarth-Bewohner arbeiten müssen, um überleben zu können.

Durch Veränderung der Energieinvestitionen im KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL erhöht bzw. reduziert sich die Arbeitszeit. Probieren Sie es einmal.

Bei der Festlegung Ihrer Energieinvestitionen sollten Sie dies berücksichtigen, denn die Wochenarbeitsstunden wirken sich auf die Lebensqualität der SimEarth-Bewohner aus.

**Technology Timescale**

Sentient Type: Mammal

Highest Tech: Atomic Age

Median Tech: Atomic Age

Population: 1098 million

Life Quality: Tolerable

**Habitats**

Work	* Eff%	= Energy	Allocation
16	69%	2429	2251
16	48%	1692	2251
16	49%	1748	2251
16	79%	2790	2251
16	73%	2600	2251
80hrs/wk		11259	

Current Task:  
Interstellar Migration

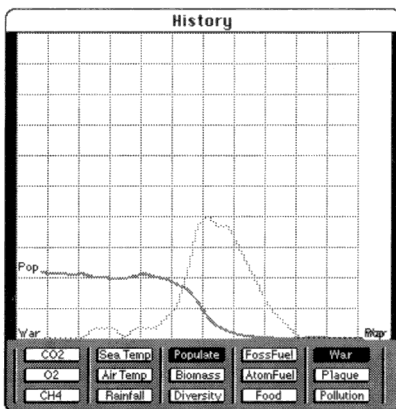
## ENERGIEBEREITSTELLUNG

Die Energiebereitstellung im KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL wirkt sich auf alle Aspekte des Lebens der vernunftbegabten SimEarth-Bewohner aus.

Die Ergebnisse Ihrer Energiebereitstellung lassen sich einfach veranschaulichen. Vergewissern Sie sich, daß die Option "HINTERGRUND AKTUALISIEREN" eingeschaltet ist.

Anhand des Beispiels der PHILOSOPHIE lassen sich die Folgen gut darstellen.

Investiert man in die PHILOSOPHIE, so reduzieren sich Häufigkeit und Schwere von Kriegen. Werden der PHILOSOPHIE alle Investitionen entzogen, so brechen überall auf dem Planeten Kriege aus. Diese Kriege lassen sich im EDITIERFENSTER und im GESCHICHTSFENSTER verfolgen.



Öffnen Sie das GESCHICHTSFENSTER und gestalten Sie den Bildschirm so, daß Sie gleichzeitig das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL sehen können. Schalten Sie im GESCHICHTSFENSTER die Graphiken "POPULATION" und "KRIEG" ein, und stellen Sie bei PHILOSOPHIE den Regler im KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL ganz nach unten.

Ganz schnell wird die Häufigkeit von Kriegen zunehmen. Wenn sie schließlich absinkt, dann nur, weil alle vernunftbegabten SimEarth-Bewohner ihr Leben verloren haben und keiner übriggeblieben ist, der weiter kämpfen kann.

Die Bereitstellung bzw. die fehlende Bereitstellung von Energie für die anderen Bereiche kann ähnlich gravierende Folgen wie bei der PHILOSOPHIE haben. Diese Ergebnisse lassen sich im EDITIER-, im REPORT- und im KARTENFENSTER veranschaulichen. Stellen Sie bei allen anderen Bereichen den Regler einmal ganz nach oben und dann ganz nach unten und verfolgen Sie, was passiert.

Wenn Sie in die WISSENSCHAFT investieren, helfen Sie Ihren intelligenten SimEarth-Bewohnern, sich in Richtung der nächsthöheren Entwicklungsstufe der Technik zu entwickeln. Ein völliges Fehlen von Investitionen in die WISSENSCHAFT führt zum Stillstand der Entwicklung. Zu hohe Investitionen treiben die Entwicklung der SimEarth-Bewohner zu schnell voran, so daß sie ihren eigenen Untergang herbeiführen werden.

Investitionen in die LANDWIRTSCHAFT wirken sich auf die Versorgung mit Nahrungsmitteln aus.

Investitionen in die MEDIZIN wirken sich auf die Häufigkeit und die Schwere von Seuchen aus.

Investitionen in KUNST/MEDIEN wirken sich auf die Lebensqualität auf Ihrem Planeten aus.

Hier gilt es, schwierige Entscheidungen zu treffen und Prioritäten zu setzen.

---

Jetzt kennen Sie die Grundlagen von SimEarth:

- die Verwendung der Menüs,
- das Öffnen und Schließen von Fenstern,
- das Erschaffen und Sichern von Planeten,
- das Abrufen von Informationen aus Karten und Graphiken,
- die Veränderung des Planeten im EDITIERFENSTER und
- die Veränderung der Simulation mit Hilfe der MODELLKONTROLL-PANELS.

Die wirkliche Beherrschung des Planeten erfordert viel Zeit und Übung. Vielleicht müssen Sie dazu (falls es sich gar nicht vermeiden läßt) auch noch den Rest dieses Handbuches lesen?!

Viel Spaß bei der Simulation!

## SCHLUSS- BEMERKUNG

## **BEDRUCKTE SEITE**

## **EVOLUTIONS- GEDANKE**

## **ERSTE OFFENBARUNG**

## **TODESSONG DER SIMEARTH- BEWOHNER**

## **KEIN MENSCH LIEST BENUTZER- HANDBÜCHER**

## **FRAGE**

---

Da wir bei der Gestaltung dieses Benutzerhandbuches konsequent sein und die Titelseiten der Kapitel immer auf die rechte Seite setzen wollten, hätte diese Seite entweder frei bleiben oder wir hätten einen langweiligen Vermerk wie "Diese Seite wurde absichtlich freigelassen" anbringen müssen.

Wir haben uns für eine dritte Möglichkeit entschieden und wollen Ihnen auf dieser Seite ein paar tiefgründige Gedanken und Offenbarungen mitteilen, die uns während des Spiels mit SimEarth gekommen sind.

---

Im allgemeinen sind die SimEarth-Bewohner ebenso unbekümmert wie die Erdenbewohner. Was aus der nächsten Generation ihrer Art wird, schert sie herzlich wenig. Daher auch der bekannte Ausspruch: "Nach uns die Sim-Flut."

---

Wenn du auf dem Dach der Welt sitzt, sei vorsichtig, daß du den Monitor nicht zerbrichst.

---

"Am 30. Mai ist der Weltuntergang, simuliert noch schnell, wir leben nicht mehr lang..."

---

Liebe Mutti! Kein Mensch liest Benutzerhandbücher - außer *Dir*. Ich habe sehr angestrengt mit diesem Handbuch gearbeitet und ... Mutti ... Mutti aufwachen!!!

---

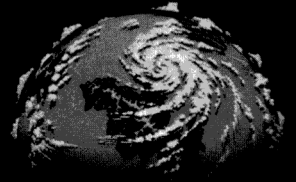
Wo um alles in der Welt liegt denn SimDiego?

---

# ARBEIT MIT DEM PROGRAMM

Liebe setzt zwar die Welt in  
Bewegung, aber ein  
einziger Klick im  
Editierrechteck bringt sie  
zum Stehen.

*M. Bremer*



*SimEarth*

# *SimEarth* **SIMULATIONS- KONTROLLE**

## **MAUS UND TASTATUR**

## **INPUT UND OUTPUT**

---

Es hängt von dem verwendeten Computertyp ab, ob Sie mit einer Maus arbeiten können oder nicht. Wenn Ihr Computer über eine Maus verfügt, so verwenden Sie diese, denn SimEarth spielt sich viel leichter mit der Maus als mit der Tastatur.

Weitere Informationen über die Anwendung der Maus und der Tastatur bei SimEarth finden Sie im Anhang für Ihren Computer.

In der Regel verwenden Sie die Maus, um Optionen aus den Menüs zu wählen und Tools durch Anklicken der Piktogramme zu aktivieren. Sobald die Tools aktiviert sind, ähnelt die Funktionsweise von SimEarth der eines Zeichenprogramms, das "Leben auf einen Planeten zeichnet".

---

Die Vielzahl der Fenster, Graphiken und Kontroll-Panel bei SimEarth kann recht verwirrend sein. Am besten versteht man das Programm, wenn man weiß, wo der INPUT von Informationen – zur Ergänzung oder Veränderung des Planeten oder des Modells entsprechend Ihren Wünschen – erfolgt und wo man den OUTPUT – Informationen über den Planeten und die Ergebnisse Ihres INPUTS – ablesen kann.

### **INPUT**

INPUT kann an drei Stellen eingegeben werden: im DATEIMENÜ, im EDITIERFENSTER und in den MODELLKONTROLL-PANELS.

#### **DATEIMENÜ**

Indem Sie "NEUER PLANET" oder "PLANETEN LADEN" aus dem DATEIMENÜ wählen, löschen Sie den derzeitigen Planeten oder das derzeitige Szenarium im Speicher und laden einen anderen Planeten oder ein neues Szenarium in die Simulation.

#### **EDITIERFENSTER**

Im EDITIERFENSTER können Sie Leben ansiedeln, Höhenlagen verändern und Ereignisse auslösen. Durch einen solchen DATEN INPUT verändern Sie den Planeten. Da der Planet nur an der Stelle des Inputs verändert wird, sprechen wir hier von LOKALEM INPUT.

Das EDITIERFENSTER liefert gleichzeitig auch OUTPUT.



## MODELLKONTROLL-PANEL

Mit Hilfe der vier Modellkontroll-Panel können Sie direkte Veränderungen am Modell vornehmen. Solche Veränderungen wirken sich auf den gesamten Planeten aus und verändern die Simulation selbst. Da sie die ganze Welt betreffen, sprechen wir hier von GLOBALEM INPUT.

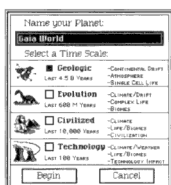
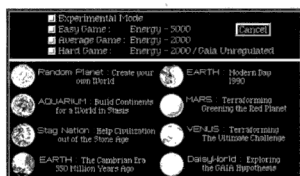
Die MODELLKONTROLL-PANEL sind die einzigen Stellen bei SimEarth, wo AUSSCHLIESSLICH INPUT erfolgt.

## OUTPUT

Im Gegensatz zu den MODELLKONTROLL-PANELS liefern alle Fenster bei SimEarth OUTPUT, d.h. für Sie bestimmte Informationen über den Planeten, die Simulation und die Ergebnisse Ihres Inputs.

## MENÜS

### DATEIMENÜ



## FENSTERMENÜ

Mit Hilfe des Dateimenüs können datei- und diskettenbezogene Funktionen realisiert werden.

“NEUER PLANET” führt zum FENSTER “NEUER PLANET”, in dem Sie zwischen den sieben vorgegebenen Szenarien und einem neuen Zufallsplaneten/Zufallsspiel sowie zwischen drei Schwierigkeitsstufen und dem Experimentalmodus wählen können.

Wählen Sie zuerst den Schwierigkeitsgrad. Es gibt drei Möglichkeiten: leicht, mittelschwer und schwer. Oder aber Sie entscheiden sich für den Experimentalmodus, bei dem Sie über ein unbegrenztes Energiebudget verfügen.

Als nächstes geben Sie ein Szenarium oder einen Zufallsplaneten ein. Wenn Sie sich für den Zufallsplaneten entscheiden, so erscheint eine Dialogbox, in der Sie Ihrer neuen Welt einen Namen geben, die Epoche festlegen und das Spiel mit dem neuen Planeten beginnen oder stornieren können. Wenn es bereits einen aktiven Planeten gibt, der noch nicht gesichert wurde, so haben Sie die Möglichkeit, diesen vor der Schaffung des neuen Planeten zu sichern.

“PLANETEN LADEN” führt zu einer Dialogbox, mit deren Hilfe Sie einen früher geschaffenen Planeten laden können. Sofern es bereits einen Planeten gibt, der noch nicht gesichert wurde, so haben Sie die Möglichkeit, diesen vor dem Laden des neuen Planeten zu sichern. Weitere Informationen zum Laden von Planeten finden Sie im SimEarth-Anhang für Ihren Computer.

Mit “PLANETEN SICHERN” wird der jeweils aktive Planet auf Diskette gespeichert. Beim ersten Speichern des Planeten erscheint eine Dialogbox, in der Sie vor dem Sichern den Namen des Planeten eingeben. Weitere Informationen zum Sichern von Planeten finden Sie im SimEarth-Anhang für Ihren Computer.

“SICHERN ALS” führt zu einer Dialogbox, mit deren Hilfe Sie den Namen und/oder den Speicherplatz eines bereits gesicherten Planeten ändern können.

Bei einigen SimEarth-Versionen sind ferner die Optionen “DRUCKEN” und “SNAPSHOT” möglich. Genauere Angaben dazu finden Sie im SimEarth-Anhang für Ihren Computer.

Mit “VERLASSEN” wird das SimEarth-Spiel beendet, wobei Sie letztmalig die Möglichkeit haben, Ihren gerade aktiven Planeten zu sichern.

Über das FENSTERMENÜ haben Sie Zugriff auf die verschiedenen Fenster bei SimEarth.

Mit “EDITIEREN” öffnet man das EDITIERFENSTER und/oder bringt es nach vorn.

Mit “KARTE” öffnet man das KARTENFENSTER und/oder bringt es nach vorn.

Mit “GAIA” öffnet man das GAIA-FENSTER. Es erscheint das Gesicht des Planeten. Anhand dieses Fensters können Sie sich über die Auswirkungen der von Ihnen

unternommenen Schritte und den Zustand des Lebens in der Welt auf dem laufenden halten.

Mit **“GESCHICHTE”** öffnet man das GESCHICHTSFENSTER und/oder holt es nach vorn.

Mit **“REPORT”** öffnet man das REPORTFENSTER und/oder holt es nach vorn.

Mit **“TUTORIAL”** öffnet man das TUTORIALFENSTER und/oder holt es nach vorn.

Mit **“GLOSSAR”** öffnet man das HILFSFENSTER, das ein Sachwortverzeichnis mit vielen bei SimEarth gebrauchten Begriffen aus der Erdwissenschaft anzeigt.

---

Über das Modellmenü haben Sie Zugriff auf die einzelnen MODELLKONTROLL-PANEL, mit deren Hilfe Sie den inneren Simulationsmechanismus verändern können.

Mit **“GEOSPHERE”** öffnet man das Kontroll-Panel für das Geosphärenmodell.

Mit **“ATMOSPHERE”** öffnet man das Kontroll-Panel für das Atmosphärenmodell.

Mit **“BIOSPHERE”** öffnet man das Kontroll-Panel für das Biosphärenmodell.

Mit **“ZIVILISATION”** öffnet man das Kontroll-Panel für das Zivilisationsmodell.

---

Über das GRAPHIKMENÜ haben Sie Zugriff auf die verschiedenen Graphiken bei SimEarth.

Über **“LUFTPROBE”** gelangen Sie zur Graphik für Atmosphärenzusammensetzung.

Über **“BIOME”** gelangen Sie zur Biomverhältnisgraphik.

Über **“LEBENSFORMEN”** gelangen Sie zur Graphik des Verhältnisses der Klassen der Lebewesen.

Über **“TECHNIK”** gelangen Sie zur Technikverhältnisgraphik.

---

Mit Hilfe des OPTIONSMENÜS können Sie viele Aspekte von SimEarth Ihren eigenen Vorstellungen anpassen. Eine Markierung links neben der Option zeigt an, ob die Option aktiviert ist.

Mit **“GEHE ZU EREIGNISSEN”** gelangen Sie automatisch zum Ort des Geschehens aller Ereignisse. Wird diese Option aktiviert und ist das EDITIERFENSTER vorn eingeblendet, so springt der im EDITIERFENSTER angezeigte Bereich bei allen Ereignissen ins Zentrum des Geschehens. Die Standardeinstellung ist ausgeschaltet.

## MODELLMENÜ

## GRAPHIKMENÜ

## OPTIONSMENÜ

Mit **"HINTERGRUND AKTUALISIEREN"** können Sie wählen, ob alle auf dem Bildschirm eingeblendeten Fenster animiert und ständig aktualisiert werden sollen. Solange diese Option nicht aktiviert ist, wird nur die Anzeige im vordersten Fenster animiert und ständig aktualisiert. Das Zuschalten dieser Option reduziert die Geschwindigkeit der Simulation erheblich. Die Standardeinstellung hängt von der Betriebsgeschwindigkeit Ihres Computers ab.

Diese Option erweist sich insbesondere bei Schnellrechnern mit großen Monitoren als nützlich. Wenn das SimEarth-Programm mit zu geringer Geschwindigkeit abläuft oder Sie selten mehr als ein bis zwei Fenster gleichzeitig eingeblendet haben, so können Sie diese Option ruhig ausschalten.

Die Option **"EDITIERBILDSCHIRM KOMPRIMIEREN"** kann sich bei Computern mit kleinem Bildschirm als sehr nützlich erweisen. Durch das Aktivieren dieser Option wird das EDITIERFENSTER so verdichtet, daß es nur jedes zweite Bildschirmquadrat und damit viermal soviel Fläche anzeigt. In diesem Fall ist die Standardeinstellung ausgeschaltet.



Normalansicht



Komprimierte Ansicht

Über **"MUSIK"** können Sie während des Spieles die Musik ein- und ausschalten. Die Standardeinstellung ist eingeschaltet.

Über **"TONEFFEKTE"** können Sie während des Spieles den Ton ein- und ausschalten. Die Standardeinstellung ist eingeschaltet.

Über **"MITTEILUNGEN"** können Sie während des gesamten Spieles an Sie gerichteten Informationen vom Simulator und von den SimEarth-Bewohnern ein- und ausgeschaltet werden. Die Standardeinstellung ist eingeschaltet.

Über **"AUTOSCROLL"** können Sie, wenn Sie mit einem der in der Nähe des Randes oder am Rand gelegenen EDITIERFENSTER-Piktogramme arbeiten, das Gelände im EDITIERFENSTER automatisch scrollen lassen. Die Standardeinstellung ist eingeschaltet.

Mit **"SICHERN-OPTIONEN + FENSTER"** speichern Sie die derzeitige Anordnung der Optionen, offenen Fenster, Fenstergrößen und Fensteranordnungen als Standardkonfiguration auf Diskette ab. Durch nochmaliges Aktivieren können Sie die Standardeinstellung jederzeit wieder verändern.

Über das GESCHWINDIGKEITSMENÜ können Sie die Simulationsgeschwindigkeit und die Datenoptionen wählen.

Mit **“SCHNELL”** wird die Simulation auf die für Ihren Computer maximale Geschwindigkeit eingestellt. Hierbei handelt es sich um die Standard-Geschwindigkeitseinstellung.

Mit **“GEMÄSSIGT”** wird die Geschwindigkeit auf ca. 75 % der schnellen Geschwindigkeit eingestellt.

Mit **“LANGSAM”** wird die Geschwindigkeit auf ca. 25 % der schnellen Geschwindigkeit eingestellt.

Mit **“PAUSE”** wird die Simulation ausgesetzt. Alle Tools zur Planetensimulation sind weiterhin vorhanden und aktiv, aber die Zeit steht still.

**“RELATIVES DATUM”** zeigt das Datum als Anzahl der Jahre, die seit Beginn der gegenwärtigen Epoche vergangen sind. Hierbei handelt es sich um die Standardeinstellung.

**“ABSOLUTES DATUM”** zeigt das Datum als Anzahl der Jahre, die seit der ursprünglichen Abkühlung des Planeten vergangen sind. Wird der Planet in einer späteren Epoche begonnen, so wird die Zeit der davorliegenden Epochen geschätzt und zum “Absoluten Datum” addiert.

Mit Hilfe des TONKONTROLLMENÜS werden die SimEarth-Tonfunktionen kontrolliert. Die ersten beiden Optionen betreffen Möglichkeiten zum Einsatz des Tons, während Sie mit Hilfe der letzten sieben Optionen zwischen den Daten, die zur Tonerzeugung führen sollen, wählen.

**“TONMONITOR”** spielt auf der Grundlage einer Datenkategorie einen periodisch auftretenden, ständig wiederkehrenden Ton. Damit können die Daten akustisch überwacht werden. Wenn Sie beispielsweise versuchen, die globale Erwärmung zu bekämpfen, können Sie den Tonmonitor auf Lufttemperatur einstellen. Dabei wird immer wieder ein Tonzeichen ertönen. Je höher der Ton, desto höher ist die durchschnittliche globale Temperatur. Somit können Sie die Temperaturveränderungen akustisch verfolgen, ohne erst auf die Lufttemperaturkarte schauen zu müssen.

Die Option **“DATENSONG SPIELEN”** hat mehr Unterhaltungs- als praktischen Wert. Mit ihr werden 32 Proben der ausgewählten Datenkategorie gleichmäßig vom oberen bis zum unteren Kartenrand genommen, der Mittelwert dieser Kartenwerte wird gebildet und in Noten umgesetzt gespielt. Am Beispiel der Lufttemperatur bedeutet das, daß die 32 Datenproben in 32 Noten umgewandelt werden. Je höher die Lufttemperatur, desto höher ist der Ton. Die Töne werden um die Pole am niedrigsten und nahe des Äquators am höchsten sein.

## GESCHWIN- DIGKEITSMENÜ

## TONKONTROLL- MENÜ

Bei **“HÖHENLAGE”** beruht der Ton auf den Angaben zur Höhenlage.

Bei **“LUFTTEMPERATUR”** beruht der Ton auf den Lufttemperaturangaben.

Bei **“NIEDERSCHLAG”** beruht der Ton auf den Niederschlagsangaben.

Bei **“MEERESTEMPÉRATUR”** beruht der Ton auf den Meerestemperaturangaben.

Bei **“BIOMASSE”** beruht der Ton auf den Biomasseangaben.

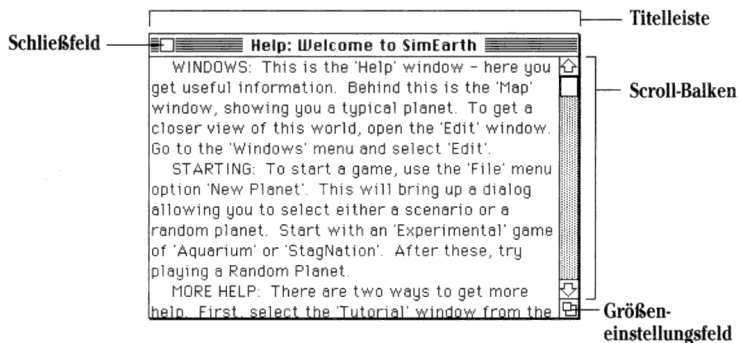
Bei **“LEBEN”** beruht der Ton auf den Angaben über das Leben.

Bei **“ZIVILISATION”** beruht der Ton auf den Angaben über die Menschen.

Bei SimEarth gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Fenster. Im folgenden sollen sie alle ausführlich beschrieben werden.

Zu nahezu allen SimEarth-Elementen, einschließlich aller Menüs, Felder, Piktogramme, Tools, Graphiken und Kontroll-Panel, kann auf dem Bildschirm Hilfe angefordert werden.

Der Zugriff auf die Hilfsfenster erfolgt nicht über die Menüs. Wenn Sie HILFE benötigen, drücken Sie den UMSCHALTER. Damit geht Ihr Cursor in den HILFSMODUS. Wenn Sie nun an einer bestimmten Stelle auf dem Bildschirm anklicken, so erscheint ein Textfenster mit zahlreichen Informationen zu der angeklickten Stelle.



## FENSTER HILFSFENSTER



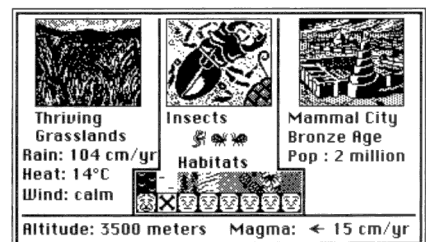
Wenn Sie HILFE im ANZEIGEBEREICH des EDITIERFENSTERS anfordern, so wird dasselbe Fenster angezeigt, das Sie auch mit Hilfe des Piktogramms "ÜBERPRÜFEN" erhalten.

Wenn Sie HILFE im ANZEIGEBEREICH des KARTENFENSTERS anfordern, so erhalten Sie Informationen zur derzeit aktiven KARTENFENSTER-Anzeige.

Das HILFSFENSTER bietet umfangreiche Informationen. Nahezu alles, was Sie über die Welt (der Simulation) wissen wollen, finden Sie dort.

Das HILFSFENSTER ist ein guter Freund. Nutzen Sie seine Dienste.

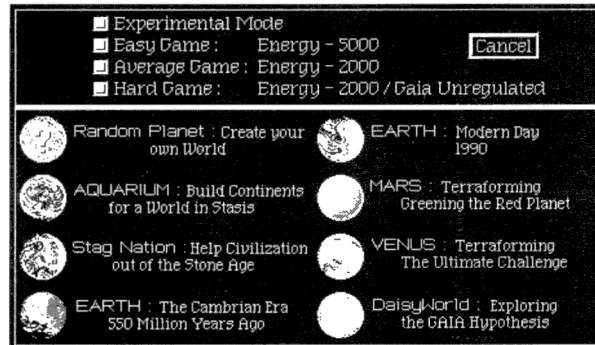
Über das On-line-GLOSSAR können Sie Definitionen abrufen, wenn Sie im Programm auf Ihnen unbekannte Begriffe stoßen. Der Zugriff auf das GLOSSAR erfolgt über das FENSTERMENÜ.



## FENSTER "NEUER PLANET"

Hierbei handelt es sich eigentlich nicht um ein Fenster, sondern um eine Dialogbox. Aufgrund seiner Wichtigkeit soll es aber für die Zwecke dieses Handbuchs zum Fenster aufgewertet werden.

Dieses Fenster verwenden Sie zur Schaffung von neuen Zufallsplaneten und zum Starten von Szenarien.



Anhand der Angaben im oberen Fensterbereich können Sie die Schwierigkeitsstufe des Spieles oder des Szenariums wählen. Im unteren Fensterbereich befinden sich die Felder für die Szenarien und den Zufallsplaneten.

Bei allen Zufallsplaneten und Szenarien kann zwischen Experimentalmodus und den einzelnen Schwierigkeitsstufen – leicht, mittelschwer oder schwer – gewählt werden.

Zu allen Angaben und Feldern in diesem Fenster kann Hilfe angefordert werden. Drücken Sie dazu den UMSCHALTER oder die HILFETASTE (falls vorhanden) und klicken Sie an der Stelle im Fenster an, zu der Sie Hilfe benötigen. Vor Spielbeginn können Sie sich Erklärungen zu allen Optionen und Szenarien anzeigen lassen.

## EINSTELLUNGEN

Mit Hilfe der folgenden Optionen können Sie die Schwierigkeitsstufe der einzelnen Spiele, Szenarien, Zufallsplaneten und Experimente einstellen. Sie aktivieren sie, indem Sie das daneben befindliche Feld anklicken.

Mit **"EXPERIMENTAL MODE"** können Sie jedes der Szenarien oder einen Zufallsplaneten laden, wobei Ihnen ein unbegrenztes Energiebudget für die Planetenmanipulation zur Verfügung steht. Mit diesem unbegrenzten Energiebudget können Sie jede Art von Planeten, ganz gleich in welchem Entwicklungsstadium er sich befindet, schaffen und nach eigenem Ermessen Faktoren oder Bedingungen hinzufügen. In diesem Modus fungiert SimEarth als Planeten-Spreadsheet.

Der Experimentalmodus eignet sich auch gut zum Erlernen von SimEarth.



Die MODELLKONTROLL-PANEL sind alle willkürlich auf "gemäßigte" Werte eingestellt, wodurch die Planetenentwicklung ohne größere Veränderungen möglich sein sollte.

**"EASY GAME"** eignet sich gut für Anfänger. Wird die Schwierigkeitsstufe "Leicht" gewählt, so entsteht und entwickelt sich das Leben so leicht und schnell, daß Sie sich schon etwas anstrengen müssen, wenn Sie es zum Stillstand bringen wollen.

Ihre Ausgangsenergiebudget beträgt 5000 EE (Energieeinheiten).

Die MODELLKONTROLL-PANEL sind alle willkürlich auf "gemäßigte" Werte eingestellt.

**"AVERAGE GAME"** ist schon etwas anspruchsvoller. Hier bedarf es schon einiger Anstrengungen Ihrerseits, um den Planeten zu entwickeln und zu erhalten.

Ihre Ausgangsenergiebudget beträgt 2000 EE.

Die MODELLKONTROLL-PANEL sind alle willkürlich auf "extreme" Werte eingestellt, die einer Feineinstellung bedürfen.

**"HARD GAME"** ist wirklich schwierig. Man kann sogar sagen, daß es wirklich sehr schwierig ist. Hier müssen Sie nicht nur die MODELLKONTROLL-PANEL einstellen, Sie müssen auch noch die Rolle von Gaia übernehmen.

Die MODELLKONTROLL-PANEL sind alle willkürlich auf "extreme" Werte eingestellt, die einer Feineinstellung bedürfen.

Alle Regulationsmechanismen von Gaia im Hinblick auf das Klima, die Atmosphäre und das Leben sind ausgeschaltet. Die Entstehung des Lebens erfolgt nicht mehr spontan. Alles liegt ganz allein in Ihren Händen.

Mit **"CANCEL"** (STORNO) können Sie, falls Sie Ihre Absichten ändern, das FENSTER "NEUER PLANET" wieder verschwinden lassen.

## PLANETEN UND SZENARIEN


Alle Planeten und Szenarien lassen sich mit niedrigem, mittlerem oder hohem Schwierigkeitsgrad und im Experimentalmodus spielen. Eine genaue Beschreibung der Szenarien finden Sie in diesem Handbuch unter der Überschrift "Szenarien". Die Planeten werden durch einfaches Anklicken aktiviert.

Mit **"RANDOM PLANET"** (ZUFALLSPLANET) wird ein zufälliger Planet in einer der vier Epochen geschaffen. Durch Aktivieren dieser Option erscheint eine Dialogbox, in der Sie die Epoche wählen und den Namen des Planeten eingeben können.

Name your Planet:


Gaia World

Select a Time Scale:




☒ **Geologic**  
LAST 4.5 B YEARS

-CONTINENTAL DRIFT  
-ATMOSPHERE  
-SINGLE CELL LIFE




☐ **Evolution**  
LAST 600 M YEARS

-CLIMATE/DRIFT  
-COMPLEX LIFE  
-BIONES



☐ **Civilized**  
LAST 10,000 YEARS

-CLIMATE  
-LIFE/BIONES  
-CIVILIZATION

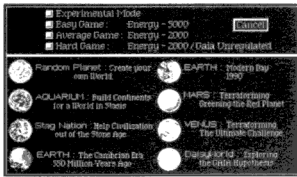


☐ **Technology**  
LAST 100 YEARS

-CLIMATE/WEATHER  
-LIFE/BIONES  
-TECHNOLOGY IMPACT

Begin

Cancel



“**AQUARIUM**” ist ein Planet, auf dem es keine Kontinente gibt. Er bietet einen guten Ausgangspunkt für Spieler, die sich ihre Landmassive selbst schaffen wollen. Er befindet sich in der Epoche der Evolution.

“**STAG NATION**” ist ein Planet, der sich in einer frühen Phase der Epoche der Zivilisation befindet. Auf diesem Planeten sind die vernunftbegabten Lebensformen auf eine kleine Insel beschränkt. Sie können ihnen helfen, sich auszubreiten, oder aber Sie vernichten diese Lebensform und versuchen, einer anderen zu Intelligenz zu verhelfen.

“**EARTH CAMBRIAN ERA**” ist die Simulation der Erde in der Epoche der Evolution. Dieses Szenarium zeichnet sich insbesondere dadurch aus, daß seine Kontinentaldrift der tatsächlichen Drift der Erde nachempfunden ist.

“**EARTH MODERN DAY**” gibt Ihnen die Möglichkeit, zum Herrscher über die heutige Welt zu werden. Sie werden dabei mit all den Problemen konfrontiert, die vor der wirklichen Welt stehen. Leuten, die gern vor der Wirklichkeit fliehen, ist dieses Szenarium nicht zu empfehlen.

“**MARS**” gibt Ihnen die Möglichkeit, den Planeten Mars zu terraformieren und ihn zu einem Planeten zu machen, auf dem irdisches Leben existieren kann.

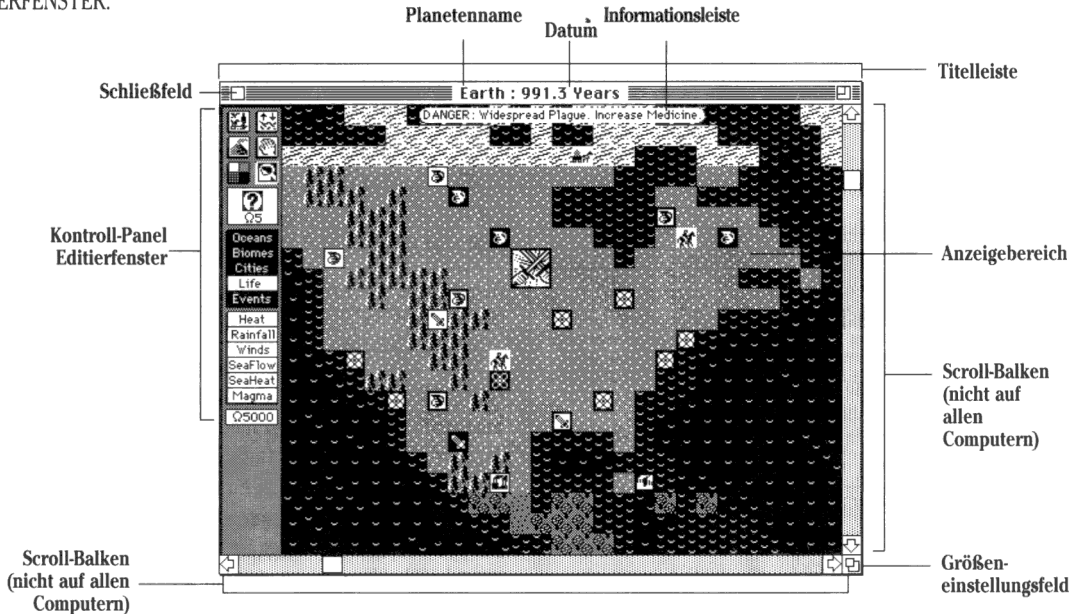
“**VENUS**” stellt die höchste Herausforderung in Sachen Terraformierung dar.

“**BLUMENWELT**” ist eine vereinfachte Version der SimEarth-Simulation. Es handelt sich um eine Version des von James Lovelock zur Überprüfung der Gaia-Theorie erarbeiteten Programms “Daisyworld”.

## EDITIERFENSTER

Das EDITIERFENSTER ermöglicht Ihnen eine Nahansicht Ihres Planeten. Es dient dem LOKALEN INPUT – Veränderungen am Planeten – und dem OUTPUT – Erforschung des Planeten und Ablesen der Ergebnisse Ihres Inputs.

Das EDITIERFENSTER hat vier Hauptbestandteile: die TITELLEISTE, den ANZEIGEBEREICH, die SCROLL-BALKEN und das KONTROLL-PANEL FÜR DAS EDITIERFENSTER.



## TITELLEISTE

Die oben im EDITIERFENSTER befindliche TITELLEISTE gibt den Namen Ihres Planeten und das Datum an. Als Datum kann entweder das RELATIVE oder das ABSOLUTE Datum (Zugriff erfolgt über GESCHWINDIGKEITSMENÜ) angegeben werden.

Links neben der TITELLEISTE befindet sich das SCHLIESSFELD. Durch Anklicken dieses Feldes schließen Sie das EDITIERFENSTER. Wieder geöffnet werden kann das Fenster über "EDITIEREN" im FENSTERMENÜ.

Rechts neben dem SCHLIESSFELD befindet sich das GRÖSSENEINSTELLUNGSFELD. Durch Anklicken dieses Feldes wird das EDITIERFENSTER solange vergrößert, bis es den gesamten Bildschirm einnimmt. Durch nochmaliges Anklicken wird die ursprüngliche Größe des Fensters wiederhergestellt.

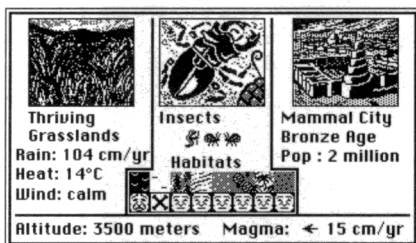
Durch Anklicken und Bewegen der TITELLEISTE kann das EDITIERFENSTER auf dem Bildschirm bewegt werden.

## ANZEIGEBEREICH DES EDITIERFENSTERS

Hier sehen Sie die Nahaufnahme Ihres Planeten. Die hier erscheinende Information wird über das KONTROLL-PANEL FÜR DAS EDITIERFENSTER geregelt.

Die Anzeige kann auf zweierlei Art – als Normalansicht bzw. als komprimierte Ansicht – erfolgen. Durch Aktivieren der Option "Editierbildschirm komprimieren" zeigt das Fenster nur jedes zweite Bildschirmquadrat an. Dadurch sind die Informationen zwar weniger genau, Sie können aber viermal soviel Fläche Ihres Planeten wie mit der Normalansicht sehen. Das kann sich besonders bei Computern mit kleinem Bildschirm als nützlich erweisen (Mac Plus, SE, SE/30). Diese Ansicht kann man sich über die Option "DRUCKEN" im DATEIMENÜ auch ausdrucken lassen.

Durch Aufrufen der HILFSFUNKTION (UMSCHALTER oder HILFSTASTE drücken und klicken) im ANZEIGEBEREICH des EDITIERFENSTERS erscheint ein Fenster mit allen der Simulation verfügbaren Informationen zu der jeweiligen Stelle, an die Sie angeklickt haben.



Ganz oben im Anzeigebereich können von Zeit zu Zeit Nachrichten von der Simulation und den SimEarth-Bewohnern angezeigt werden.

### GELÄNDE UND HÖHENLAGE

Insgesamt gibt es 32 verschiedene Höhenlagen. Je heller die Anzeige, desto höher das Gelände. Dabei steht jede Abstufung in der Schattierung jeweils für einen Höhenlagenunterschied


von 500 Metern. Da die Messung der Höhenlage ausgehend vom Meeresspiegel – der sich überall und nirgends befinden kann – erfolgt, ist es nicht möglich, den einzelnen Schattierungen eine exakte Höhenlage zuzuweisen.

Nachstehend drei Möglichkeiten der Meeresanzeige in Abhängigkeit von der Wassertiefe:



 RIFFE – 0 bis 1000 m Tiefe

 MEER – 1001 bis 2500 m Tiefe

 HOCHSEE – über 2500 m Tiefe

## SCROLLEN DES GELÄNDES

Es hängt von dem verwendeten Computertyp ab, ob Sie im EDITIERFENSTER rechts und unten SCROLL-BALKEN haben oder nicht. Wenn auf Ihrem Computer SCROLL-

BALKEN erscheinen, so können Sie mit ihrer Hilfe die verschiedenen Regionen des Planeten betrachten, indem Sie das Gelände im EDITIERFENSTER scrollen lassen. Zum Auslösen des Scrollens klicken Sie die Pfeile oder Balken an oder Sie bewegen die Scrollbox.

Haben Sie keine SCROLL-BALKEN, so können Sie die Scroll-Funktion auslösen, indem Sie den Mauszeiger an einen beliebigen Rand oder in eine beliebige Ecke des Bildschirms bewegen. Hinweise zum Scrollen mit Hilfe der Tastatur finden Sie im SimEarth-Anhang für Ihren Computer.

## GRÖSSENEINSTELLUNGSFELD

In der unteren rechten Ecke des Fensters befindet sich das GRÖSSENEINSTELLUNGSFELD. Durch Anklicken und Bewegen dieses Feldes können Sie die Größe des EDITIERFENSTERS neu bestimmen.

## KONTROLL-PANEL FÜR DAS EDITIERFENSTER

Mit Hilfe dieses Kontroll-Panels können Sie die im EDITIERFENSTER angezeigte Information kontrollieren und haben gleichzeitig Zugriff auf die Tools zur Planetenmanipulation.

Durch Aufrufen der HILFSFUNKTION (UMSCHALTER oder HILFSTASTE drücken und klicken) im KONTROLL-PANEL erscheint ein kleines Fenster mit Informationen zu den einzelnen Problemen und Feldern.

Das KONTROLL-PANEL für das EDITIERFENSTER hat vier Bestandteile: die TOOL-PIKTOGRAMME, die ANZEIGE DES AKTIVIERTEN TOOLS, die DATENANZEIGEFELDER und die KLIMA-OVERLAYFELDER.

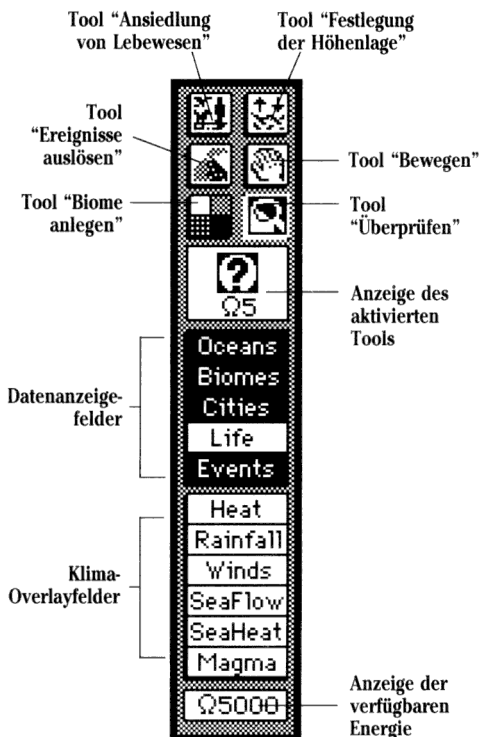
## TOOL-PIKTOGRAMME

Durch Anklicken dieser Piktogramme haben Sie Zugriff zu den Tools, mit denen Sie Ihren Planeten verändern können. Insgesamt gibt es sechs solche Piktogramme, von denen drei über Untermenüs verfügen. Direkt unterhalb der Tool-Piktogramme befindet sich die Anzeige des aktivierten Tools, die Ihnen auch angibt, wieviel Energie Sie die Verwendung dieses Tools kostet.

Durch jede Benutzung der TOOL-PIKTOGRAMME werden Ihre wertvollen Energievorräte abgebaut.



Mit dem TOOL "ANSIEDLUNG VON LEBEWESSEN" können Sie Lebewesen und Städte auf dem Planeten ansiedeln. Über dieses Piktogramm haben Sie auch Zugriff auf verschiedene Tools zur Terraformierung auf Mars und Venus.





	Prokaryote		Stone Age
	Eukaryote		Bronze Age
	Radiate		Iron Age
	Arthropod		Industrial Age
	Mollusk		Atomic Age
	Fish		Info Age
	Cetacean		Nanotech Age
	Trichordate		Biome Factory
	Insect		Oxygenator
	Amphibian		N2 Generator
	Reptile		Hydrator
	Dinosaur		CO2 Generator
	Avian		Monolith
	Mammal		Ice Meteor

Mit Hilfe dieses Tools können Sie das Leben auf dem Planeten verbreiten, verschiedene Lebensformen miteinander konkurrieren lassen und die Lebensbedingungen für verschiedene Lebensformen testen.

Klicken Sie das Piktogramm "ANSIEDLUNG VON LEBEWESSEN" an und halten Sie den Mausknopf gedrückt, um eine Lebensform, eine Stadt oder einen Terraformer auszuwählen. Es erscheint ein Untermenü. Halten Sie den Mausknopf weiter gedrückt und bewegen Sie den Mausfeil auf die Lebensform, die Stadt oder den Terraformer Ihrer Wahl. Nun lassen Sie den Mausknopf los.

Unterhalb der Piktogramme in der ANZEIGE DES AKTIVIERTEN TOOLS erscheint die gewählte Option zusammen mit den Energiekosten, die bei ihrer Ansiedlung oder Anwendung entstehen.

Sie siedeln die Lebensform, die Stadt oder den Terraformer an, indem Sie den Mausfeil auf eine beliebige Stelle des Anzeigebereiches richten und klicken.

Insgesamt gibt es bei SimEarth 15 Klassen von Lebewesen, von denen sieben im Wasser und acht auf dem Lande leben. Jede dieser Klassen von Lebewesen ist bei SimEarth durch 16 Arten vertreten.

Über das TOOL "ANSIEDLUNG VON LEBEWESSEN" haben Sie aber nur Zugriff auf 14 Klassen von Lebewesen. Zusätzlich entwickeln sich manchmal CARNIFARNE – mobile fleischfressende Pflanzen -, die auch intelligenzfähig sind. Diese können aber nicht angesiedelt werden.








Insgesamt kann zwischen sieben Städten gewählt werden, von denen jede für eine bestimmte Entwicklungsstufe der Zivilisation und Technik steht. Die Städte für die meisten Entwicklungsstufen der Technik haben drei verschiedene Stufen der Bevölkerungsdichte. Dabei gibt es auf jeder Entwicklungsstufe auch einen mobilen Teil der Bevölkerung – vernunftbegabte Lebewesen, die in der Welt herumreisen – sowie Handel und Kommunikation. Die einzige Ausnahme bildet das Nanotech-Zeitalter als höchste Entwicklungsstufe der Technik bei SimEarth. Hier gibt es vier verschiedene Stufen der Bevölkerungsdichte und keine mobile Bevölkerung, da wir davon ausgehen, daß dort Materietransporter für den unmittelbaren Transport von Menschen und Gütern sorgen.

Insgesamt gibt es sieben Terraformer.








Alle 15 Klassen von Lebewesen bei SimEarth werden in diesem Benutzerhandbuch im Kapitel "Leben" ausführlich beschrieben. Im Kapitel "Zivilisation" finden Sie eine vollständige Übersicht zu den einzelnen Städten. Im folgenden wollen wir ausführlich auf die Terraformer eingehen.

Klassen von Lebewesen/Städte und Preis ihrer Ansiedlung

## KLASSEN DER MEERESLEBEWESEN



-  **PROKARYOTEN:** einfache einzellige Lebewesen (Bakterien), 35 EE
-  **EUKARYOTEN:** komplexe einzellige Lebewesen (Amöben), 70 EE
-  **RADIATEN:** einfache mehrzellige Lebewesen (Seesterne), 105 EE
-  **ARTHROPODEN:** Krabben, Hummer und Krebse, 140 EE
-  **MOLLUSKEN:** Schnecken, Venusmuscheln, Austern, Kammuscheln, Kraken und Kalmare, 175 EE
-  **FISCHE:** Fische, 210 EE
-  **ZETAZEEN:** Wale und Delphine, 245 EE

## KLASSEN DER LANDLEBEWESEN

-  **TRICHORDATEN:** einfache Tiere mit drei Wirbelsäulen, 280 EE
-  **INSEKTEN:** hier ist wohl keine Erklärung erforderlich, 315 EE
-  **AMPHIBIEN:** Frösche, Molche, Kröten, 350 EE
-  **REPTILIEN:** Echsen, Schlangen und Schildkröten, 385 EE
-  **SAURIER:** Riesige Reptilien, 420 EE
-  **VÖGEL:** Vogel, 455 EE
-  **SÄUGETIERE:** Menschen, Affen, Nager, Hunde, Katzen usw. 490 EE

## STÄDTE

Die nachstehend genannten Daten beziehen sich ausschließlich auf die Erde und entsprechen nicht in allen Fällen den Datenangaben bei SimEarth.

-  **STEINZEIT:** Älteste Periode der menschlichen Entwicklung, Verwendung von Steinwerkzeugen, 500 EE
-  **BRONZEZEIT:** Beginn ca. 3500 v.u.Z., Verwendung von Bronzeworkzeugen, 1000 EE



**EISENZEIT:** Beginn ca. 1000 v.u.Z., Verwendung von Eisenwerkzeugen, 1500 EE



**INDUSTRIEZEITALTER:** Beginn Ende des 18. Jahrhunderts mit Einführung der Dampfmaschine, 2000 EE



**ATOMZEITALTER:** Beginn in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts mit Einführung der Atomenergie, 2500 EE



**INFORMATIONSEITALTER:** Beginn ca. 2000 u.Z., Information wird zum wichtigsten Werkzeug, 3000 EE



**NANOTECH-ZEITALTER:** Beginnt in der Zukunft, Wissenschaft und Technik erreichen einen für uns unvorstellbaren Stand, 3500 EE.

## TERRAFORMER

Die Terraformer sind Werkzeuge, mit deren Hilfe man die Planeten Mars und Venus in erdähnliche Planeten verwandeln kann. Auf der Erde oder auf anderen Planeten, wo von vornherein erdähnliche Bedingungen herrschen, werden sie nicht gebraucht. Aber probieren Sie sie ruhig einmal aus. Sobald sich die Terraformer auf dem Planeten befinden, arbeiten sie unaufhörlich. Errichten Sie deshalb nicht zu viele, denn Sie können nur durch Meteore, Brände oder Vulkane zum Stillstand gebracht werden.



**BIOM-FABRIK:** Für die Terraformierung von Mars oder Venus wählen Sie nicht Einzelbiome, sondern die Biom-Fabrik. Sobald sich die Biom-Fabrik auf dem Planeten befindet, beginnt sie mit der Produktion des für das jeweilige Gelände und Klima geeigneten Bioms. Sie erkennt Klimaänderungen und reagiert darauf, indem sie andere Biom-Arten produziert, die unter den veränderten Bedingungen überleben können. Die Ansiedlung von Biom-Fabriken kostet Sie 500 EE.



**OXYGENATOR:** Der Oxygenator entzieht der Atmosphäre Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und gibt freien Sauerstoff ab. Damit die Lebensformen überleben können, ist ein Sauerstoffgehalt der Atmosphäre von 15 bis 25 % erforderlich. Ist der Sauerstoffgehalt eines Planeten zu hoch, führt das zu Bränden. Da der Oxygenator den  $\text{CO}_2$ -Gehalt ( $\text{CO}_2$  ist ein Treibhausgas) verringert, kann er zum Abkühlen eines heißen Planeten benutzt werden. Der Oxygenator kostet Sie 500 EE.



**$\text{N}_2$ -GENERATOR:** Der  $\text{N}_2$ -Generator (Stickstoff-Generator) dient der Erhöhung des Luftdruckes auf dem Planeten. Die Luftdichte wirkt sich auf die Planeten-temperatur aus. Je größer die Luftdichte, desto mehr Wärme kann der Planet speichern. Je dünner die Luft, desto kälter ist der Planet. Eine hohe Luftdichte mit großem  $\text{N}_2$ -Anteil wirkt sich zudem stabilisierend auf den Anteil der anderen Gase aus. Der  $\text{N}_2$ -Generator kostet Sie 500 EE.





**VERDUNSTER:** Der Verdunster gibt Wasserdampf an die Atmosphäre ab und erhöht damit die globale Luftfeuchtigkeit sowie die Niederschlagsmenge. Der Verdunster kostet Sie 500 EE.



**CO<sub>2</sub>-GENERATOR:** Der CO<sub>2</sub>-Generator produziert CO<sub>2</sub>, das die Pflanzen benötigen. Ein CO<sub>2</sub>-Generator kostet Sie 500 EE.



**MONOLITH:** Der Monolith ist kein Terraformer, aber wir haben für ihn keinen besseren Platz im Programm finden können. Bei ihm handelt es sich um ein Werkzeug zur Beschleunigung der Evolution (wofür wir Arthur C. Clark zu danken haben).

Man verwendet es, indem man "Monolith" wählt und sofort eine Lebensform anklickt. Die Chancen stehen drei zu eins, daß diese Lebensform ganz plötzlich durch Mutation eine höhere Entwicklungsstufe erreicht, wodurch Sie sofort in die nächsthöhere Epoche gelangen. Die Verwendung des Monolithen kostet Sie – unabhängig davon ob sie zum Erfolg führt oder nicht – 2500 EE.

Der Monolith kann in Verbindung mit allen Lebensformen verwendet werden. Wenn Sie eine nicht mutationsfähige Lebensform anklicken, ertönt ein Piepton. In diesem Fall entstehen keine Energiekosten.

Der Nachteil der Verwendung des Monolithen besteht darin, daß Sie in die Epoche der Zivilisation springen können, ohne daß ausreichend fossile Brennstoffe gebildet worden sind. Dadurch wird die Zivilisation vernichtet. Auch benötigen Sie eine breite Populationsgrundlage, um auf die nächsthöhere Entwicklungsstufe der Technik zu gelangen. Versuchen Sie nicht, übereilt und auf Kosten Ihrer Population die nächsthöhere Entwicklungsstufe zu erreichen.



**EIS-METEOR:** Bei dem Eis-Meteor handelt es sich um einen riesigen Eisklumpen, den Sie auf einem Planeten, auf dem Trockenheit herrscht, einschlagen lassen können, um dem Planetensystem neues Wasser zuzuführen. Die Verwendung des Eis-Meteors kostet Sie 500 EE.

## DIE FUNKTION "LEBEN AUSROTTEN"

Die FUNKTION "LEBEN AUSROTTEN" ist eine Zusatzfunktion des Tools "ANSIEDLUNG VON LEBEWESEN". Wenn Sie eine bestimmte Klasse von Lebewesen vom Planeten verschwinden lassen wollen, so drücken Sie (in Abhängigkeit vom verwendeten Computertyp) entweder die OPTIONSTASTE oder die KONTROLLTASTE, klicken das Piktogramm "ANSIEDLUNG VON LEBEWESEN" an und wählen eine Lebensform aus dem Untermenü "ANSIEDLUNG VON LEBEWESEN". Dadurch hört die gewählte Lebensform auf, auf dem Planeten zu existieren.

Die FUNKTION "LEBEN AUSROTTEN" ist nur auf Lebensformen und nicht für Städte anwendbar. Das Eliminieren einer Lebensform ist nur solange möglich, bis diese Lebensform anfängt, Intelligenz zu entwickeln und Städte zu bauen.





## EREIGNISSE AUSLÖSEN

Mit Hilfe von "EREIGNISSE AUSLÖSEN" können Sie zwischen unterschiedlichen Ereignissen wählen und diese an verschiedenen Stellen Ihres Planeten auftreten lassen.

Durch die Simulation werden Ereignisse in Abhängigkeit von zahlreichen Faktoren, einschließlich Alter des Planeten, Klima, Luft- und Wassertemperatur und Meeresspiegel, automatisch ausgelöst.

Insgesamt sind bei SimEarth 10 unterschiedliche Ereignisse möglich, von denen zwei – Krieg und Umweltverschmutzung – nicht vom Spieler selbst ausgelöst werden können.

Indem Sie selbst Ereignisse auslösen, erfahren Sie, welche Folgen diese Ereignisse für die Populationen vor Ort sowie für den Planeten insgesamt haben.

Ereignisse aktivieren Sie durch Anklicken des Piktogramms "EREIGNISSE AUSLÖSEN". Halten Sie den Mausknopf gedrückt. Es erscheint ein Untermenü mit acht Ereignissen. Indem Sie den Mausknopf weiterhin gedrückt halten, bewegen Sie den Mauszeiger nach rechts, um das von Ihnen gewünschte Ereignis zu aktivieren. Dann lassen Sie den Knopf los.

Direkt unter den Piktogrammen in der ANZEIGE DES AKTIVIERTEN TOOLS erscheint das gewählte Ereignis ebenso wie die zu seinem Auslösen erforderliche Menge an Energie.

Nun gehen Sie mit dem Mauszeiger in den ANZEIGEBEREICH und klicken den Mausknopf, um auf Ihrem Planeten ein Ereignis auszulösen. Klicken Sie noch eine andere Stelle an, um dort dasselbe Ereignis nochmals auszulösen.

Eine ausführliche Beschreibung aller Ereignisse und ihrer Folgen finden Sie im Kapitel "Ereignisse".

Ereignisse bei SimEarth und Preis ihres Auslösens



**HURRIKANE:** Starker Wind und Regen, 50 EE



**FLUTWELLE:** Riesige Ozeanwelle, die große Zerstörungen hervorruft, 50 EE



**METEOR:** Riesiger Gesteinsbrocken kosmischen Ursprungs, der auf Ihren Planeten aufprallt, 50 EE




**VULKANE:** Explosionsartiger Aufbruch an der Planetenoberfläche, aus der geschmolzenes Gestein nach außen gelangt, 50 EE




**ATOMTEST:** Atomare Explosion, 50 EE



 **BRAND:** Heiße Sache, 50 EE

 **ERDBEBEN:** Erschütterungen des Planeten, 50 EE. Indem Sie das Piktogramm "Erdbeben" anklicken und den Mausknopf gedrückt halten, gelangen Sie in ein Untermenü, über das Sie die Richtung der Energieströme des Erdbebens festlegen können.

 **SEUCHE:** Tödliche Krankheit, 50 EE

 Mit **"BIOM ANLEGEN"** können Sie auf Ihrem Planeten Biome schaffen oder anlegen.

Ein Biom ist ein großes ökologisches System, das Pflanzen und Tiere umfaßt. Durch die Simulation werden automatisch Biome auf dem Planeten angelegt. Ihre Anzahl und ihr Standort sind hauptsächlich von solchen Faktoren, wie Klima, Temperatur und Niederschlag, abhängig.

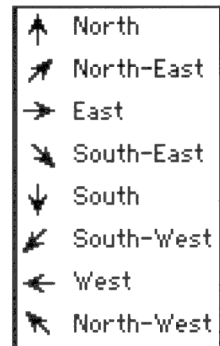
Mit Hilfe dieses Tools können Sie alle Biom-Arten jederzeit und überall auf dem Planeten anlegen. Natürlich werden sie nicht notwendigerweise dort fortbestehen. So wird ein arktisches Biom in der heißen Äquatorzone ebenso wenig überdauern, wie ein Urwald-Biom an einem der Pole des Planeten.

Legen Sie Biome an, um zu experimentieren bzw. um die Entwicklung auf Ihrem Planeten zu gestalten oder zu beschleunigen.

Zur Anwendung dieses Tools klicken Sie das Piktogramm "BIOM ANLEGEN" an und halten den Mausknopf gedrückt. Es erscheint ein Untermenü mit acht Biomen. Indem Sie den Mausknopf weiterhin gedrückt halten, bewegen Sie den Mauszeiger nach rechts, um das von Ihnen gewünschte Biom zu aktivieren. Dann lassen Sie den Knopf los. Direkt unter den Piktogrammen in der ANZEIGE DES AKTIVIERTEN TOOLS erscheint das gewählte Biom ebenso wie die zu seinem Anlegen erforderliche Menge an Energie. Jedes Biom kostet Sie 50 EE.

Nun gehen Sie mit dem Mauszeiger in den ANZEIGEBEREICH und klicken den Mausknopf, um auf Ihrem Planeten ein Biom anzulegen. Wenn Sie den Mausknopf gedrückt halten und die Maus langsam bewegen, so können Sie mehrere Segmente anlegen. Jedesmal, wenn ein BIOM angelegt wird, ist ein Klickton zu hören. In Abhängigkeit von der Höhenlage des Geländes variiert die Höhe des Klicktons.

Eine ausführliche Beschreibung aller Biome bei SimEarth finden Sie in diesem Benutzerhandbuch im Kapitel "Leben". Insgesamt kann man bei SimEarth zwischen sieben Biomen und der Option "GESTEIN" -ein Gebiet ohne Biom - wählen.



## BIOME



**GESTEIN:** kein Biom.



**ARKTIS:** kann in kaltem und trockenem Klima überleben.



**TAIGA:** kann bei niedrigen Temperaturen und mäßigem bis hohem Niederschlag überleben.



**WÜSTE:** kann bei gemäßigten bis hohen Temperaturen und sehr wenig Niederschlag überleben.



**GEMÄSSIGTES GRASLAND:** kann bei gemäßigten Temperaturen und mäßigem Niederschlag überleben.



**WALD:** kann bei gemäßigten Temperaturen und hohem Niederschlag überleben.



**URWALD:** kann bei hohen Temperaturen und hohem Niederschlag überleben.



**SUMPF:** kann bei hohen Temperaturen und mäßigem Niederschlag überleben.

## ÜBERSICHT BEVORZUGTER LEBENSBEDINGUNGEN FÜR BIOME

	TROCKEN	GEMÄSSIGT	FEUCHT
	(<30 cm/Jahr)	(30-90 cm/Jahr)	(>90 cm/Jahr)
<b>KALT</b> (<0° C)	Arktis	Taiga	Taiga
<b>GEMÄSSIGT</b> (0-25° C)	Wüste	Gem.Grasland	Wald
<b>HEISS</b> (>25° C)	Wüste	Sumpf	Urwald

Die bevorzugten Bedingungen für Biome werden außerdem von der Höhenlage und dem CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre beeinflusst.



Über **“FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE”** können Sie Festlandsabschnitte erhöhen oder absenken. Insgesamt gibt es bei SimEarth 32 mögliche Höhenlagen.

Mit diesem Tool können Sie Gebirgszüge entstehen lassen oder einebnen und Inseln im Meer oder Seen in trockenen Gebieten schaffen. All diese Veränderungen werden sich auf das Klima, den Niederschlag sowie auf die dort befindlichen Biome und Lebensformen auswirken.

Klicken Sie das Piktogramm **“FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE”** an. Im ANZEIGEBEREICH DES AKTIVierten TOOLS sehen Sie, daß das Tool **“FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE”** im Modus **“NACH OBEN”** aktiviert ist.



Gehen Sie mit dem Mauspfel in den ANZEIGEBEREICH. Klicken Sie über Land oder Wasser an und halten Sie den Mausknopf gedrückt. Das Land um den Mauspfel wird angehoben, wobei die veränderte Höhenlage anhand der helleren Farbe oder Schattierung des Landes erkennbar ist.

Klicken Sie das Piktogramm "FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE" nochmals an. Im ANZEIGEBEREICH DES AKTIVIERTEN TOOLS sehen Sie, daß das Tool "FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE" nun im Modus "NACH UNTEN" aktiviert ist.

Gehen Sie mit dem Mauspfel in den ANZEIGEBEREICH. Klicken Sie über Land an und halten Sie den Mausknopf gedrückt. Das Land um den Mauspfel wird abgesenkt, wobei die veränderte Höhenlage anhand der dunkleren Farbe oder Schattierung des Landes erkennbar ist.

Die unterschiedlichen Höhenlagen des Geländes werden durch unterschiedliche Schattierungen angezeigt. Je heller die Schattierung, desto größer die Höhenlage, wobei jede Abstufung in der Schattierung für einen Höhenlagenunterschied von 500 Metern steht. Da die Messung der Höhenlage ausgehend vom Meeresspiegel – der sich überall und nirgends befinden kann – erfolgt, ist es nicht möglich, den einzelnen Schattierungen eine exakte Höhenlage zuzuweisen.



Die Anwendung des Tools "FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE" zum Anheben des Geländes kostet Sie 50 EE. Soll das Gelände abgesenkt werden, belaufen sich die Kosten auf 100 EE.



Mit dem **TOOL "BEWEGEN"** können Sie jedes Biom, jede Nische oder Zivilisation verschieben. Es kann bei der Umsiedlung von Populationen auf andere Kontinente oder bei der Trennung von kriegführenden Stämmen gute Dienste leisten. Da Nischen und Biome manchmal im Anzeigebereich an derselben Stelle angezeigt werden, können Sie mit Hilfe dieses Tools die Nische zeitweilig verschieben, damit das darunterliegende Biom sichtbar wird.

Aktivieren Sie das Piktogramm "BEWEGEN" durch Anklicken. Klicken Sie nun ein Biom, eine Nische oder Zivilisation an und halten Sie den Mausknopf gedrückt. Bewegen Sie den Mauspfel an den gewünschten Ort und lassen Sie den Mausknopf los.

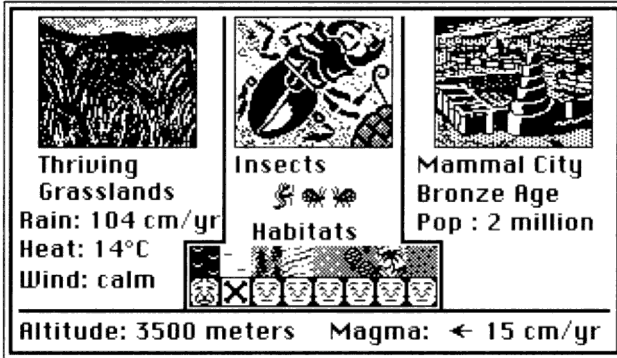
Die Anwendung des Tools "BEWEGEN" kostet Sie 30 EE.





Mit "ÜBERPRÜFEN" erhalten Sie Informationen zu den verschiedenen Punkten im ANZEIGEBEREICH.

Sobald Sie das Piktogramm "ÜBERPRÜFEN" anklicken, verwandelt sich der Mausfeil in ein Vergrößerungsglas. Klicken Sie jetzt einen Punkt im ANZEIGEBEREICH an und halten Sie den Mausknopf gedrückt. Es erscheint ein Informationsfenster mit allen Informationen der Simulation zu diesem Punkt.



Wenn Sie anklicken, den Mausknopf gedrückt halten und den Mausfeil langsam über den Bildschirm bewegen, so zeigt das Fenster jeweils die Informationen zu dem Punkt an, auf den Sie den Mausfeil gerichtet haben.

Die Funktion "ÜBERPRÜFEN" ist sehr nützlich, um Informationen über bestimmte Regionen Ihres Planeten zu sammeln. Solche Informationen benötigen Sie zur Planung Ihrer nächsten Maßnahmen bei der Planetenentwicklung.

Zu diesem Informationsfenster gelangen Sie auch durch Aufrufen der HILFSFUNKTION (UMSCHAL-

TER drücken und Klicken) im ANZEIGEBEREICH.

Über das Tool "ÜBERPRÜFEN" erhalten Sie Informationen zu den einzelnen Punkten im Anzeigefenster. Für Informationen über die Piktogramme und Tools benutzen Sie die HILFSFUNKTION.

Die Anwendung des Tools "ÜBERPRÜFEN" kostet Sie 5 EE.

Das FENSTER "ÜBERPRÜFEN" besteht aus vier Abschnitten: dem Abschnitt "Biom", dem Abschnitt "Leben", dem Abschnitt "Stadt" und dem Abschnitt "Höhenlage/Magma".

## ABSCHNITT "BIOM"

Der Abschnitt "Biom" enthält das Bild des örtlichen Bioms (sofern vorhanden) sowie eine Beschreibung der gegenwärtigen Bedingungen, z.B. gut gedeihend, sterbend usw. Darunter werden die Niederschlagsmenge, die Lufttemperatur (Wärme) sowie die Windrichtung angegeben.

Gibt es kein Biom, so steht in diesem Abschnitt "Kein Biom".

## ABSCHNITT "LEBEN"

Sofern es Leben gibt, wird im Abschnitt "Leben" das Bild der vorherrschenden Klasse von Lebewesen an dem jeweiligen Ort angezeigt. Darunter befinden sich drei kleinere Bilder, von denen das mittlere die gegenwärtige Lebensform darstellt, das linke ihren Vorläufer zeigt und das rechte angibt, wohin sich die Lebensform – wenn alles gut geht – entwickeln wird.

Die darunter befindliche graphische Darstellung zeigt, wie diese Klasse von Lebewesen mit den verschiedenen Habitaten zurechtkommt, und aus dem zugehörigen Bild läßt sich ablesen, wie glücklich sie dort ist:



Kann hier überhaupt nicht leben.



Kann hier leben, allerdings gerade so.



Kann hier recht gut leben.



Paradies.

Gibt es kein Leben, so steht in diesem Abschnitt "Kein Leben".

## ABSCHNITT "STADT"

Gibt es in der Gegend keine vernunftbegabten Wesen, so steht in diesem Abschnitt "Keine Intelligenz".

Sofern es vernunftbegabte Wesen aber keine Stadt gibt, steht dort "Schwach bevölkert".

Wenn eine Stadt vorhanden ist, so enthält dieser Abschnitt ein großes Bild dieser Stadt sowie Angaben zu der vernunftbegabten Klasse, dem technischen Entwicklungsstand und der Bevölkerung.

## ABSCHNITT "HÖHENLAGE/MAGMA"

Im unteren Bereich des Fensters gelegen, zeigt dieser Abschnitt die Höhenlage des Ortes sowie die Richtung des Magmaflusses an.

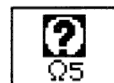
## ANZEIGE DES AKTIVIERTEN TOOLS

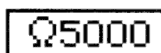
Aus der ANZEIGE DES AKTIVIERTEN TOOLS sind die jeweils aktivierten Piktogramme, Tools, Lebensformen, Biome, Terraformer oder Ereignisse sowie die bei ihrer Anwendung auftretenden Energiekosten ablesbar.

## DATENANZEIGEFELDER

Mit Hilfe dieser Felder lassen sich unterschiedliche Informationen im ANZEIGEBEREICH aufrufen. Durch Anklicken dieser Felder können Sie zwischen den unterschiedlichen Datenkategorien hin und her schalten. Diese Felder verändern weder den Planeten, noch wirken sie sich auf das Modell aus. Sie verändern nur Ihre Sicht auf den Planeten.

Die Standardeinstellungen für diese Felder sind in den einzelnen Epochen unterschiedlich. In der geologischen Epoche sind alle Datenanzeigefelder außer "BIOME" und "STÄDTE" eingeschaltet. In der Epoche der Evolution ist nur das Datenanzeigefeld "STÄDTE" nicht an, während bei der Standardeinstellung sowohl für die Epoche der Zivilisation als auch für die Epoche der Technik alle Datenanzeigefelder außer "LEBEN" angeschaltet sind.





Mit "OCEANS" können Sie die Ozeananzeige aus- und einschalten und sich den Meeresboden anzeigen lassen.

Mit "BIOMES" können Sie die Biomanszeige aus- und einschalten, so daß Sie die Erhebungen des Geländes sehen und die Lebensformen und Städte deutlicher erkennen können.

Mit "CITIES" können Sie die Anzeige der Städte der derzeitigen vernunftbegabten Art aus- und einschalten.

Mit "LIFE" können Sie die Anzeige der Lebensformen aus- und einschalten. Da die Lebensformen sehr zahlreich auftreten und sich ständig in Bewegung befinden, werden Sie diese Anzeige wahrscheinlich häufig ausschalten, um die anderen Elemente Ihres Planeten besser sehen zu können. Hier werden individuelle Arten und keine Klassen angezeigt. Insgesamt gibt es bei SimEarth 240 verschiedene Arten. Mit "EVENTS" können Sie die Anzeige der Ereignisse aus- und einschalten.

## KLIMA-OVERLAYFELDER

Über diese Felder können Sie auch festlegen, welche Daten im ANZEIGEBEREICH erscheinen. Durch Anklicken dieser Felder können Sie zwischen den unterschiedlichen Kategorien der Klimaangaben hin und her schalten. Diese Felder verändern weder den Planeten noch wirken sie sich auf das Modell aus. Sie verändern nur Ihre Sicht auf den Planeten.

In der Standardeinstellung sind all diese Felder ausgeschaltet. Auch kann jeweils nur ein Klima-Overlayfeld aktiviert werden.

"HEAT" zeigt die Lufttemperatur an. Je höher die Temperatur, desto dunkler die Schattierung.

"RAINFALL" zeigt die durchschnittliche Niederschlagsmenge an. Je höher die Niederschlagsmenge, desto dunkler die Schattierung.

"WINDS" zeigt die Windströmungen an.

"SEA FLOW" zeigt die Meeresströmungen an.

"SEA HEAT" zeigt die Wassertemperaturen an. Je höher die Temperatur, desto dunkler die Schattierung.

"MAGMA" zeigt die Magmaströmungen unter der Planetenkruste an.

## ANZEIGE "VERFÜGBARE ENERGIE"

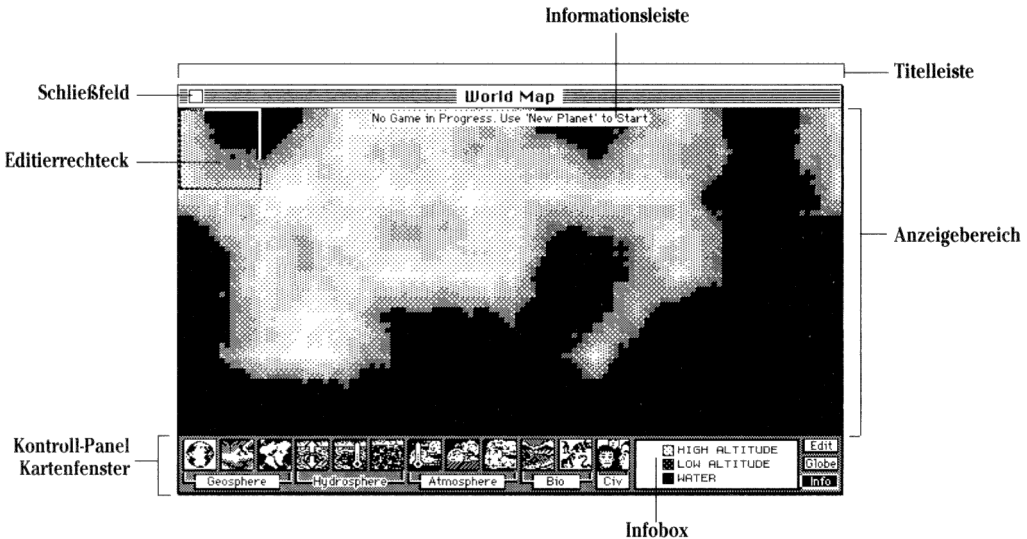
Anhand dieser Anzeige erfahren Sie, wieviel Energie Ihnen noch für die Planetenmanipulation und -veränderung zur Verfügung steht. Die maximal akkumulierbare Energiemenge ergibt sich aus dem Schwierigkeitsgrad des Spieles.

Eine ausführliche Beschreibung hierzu finden Sie im Kapitel "Energie".



## KARTENFENSTER

Das KARTENFENSTER gibt Ihnen einen Überblick über den gesamten Planeten. Dabei kann die Anzeige sowohl als flache Projektion als auch als Globus erfolgen.



Das KARTENFENSTER hat drei Hauptbestandteile: die TITELLEISTE, den KARTENANZEIGEBEREICH und das KONTROLL-PANEL.

### TITELLEISTE

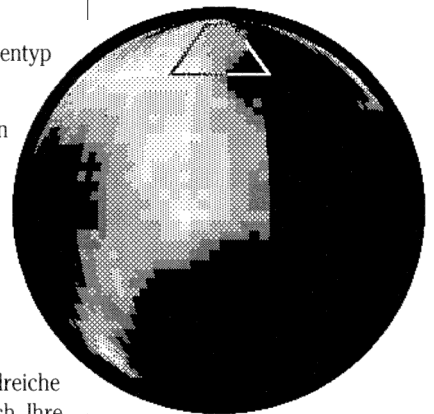
In der TITELLEISTE werden der im KARTENANZEIGEBEREICH dargestellte Kartentyp sowie das Datum angegeben.

Links neben der TITELLEISTE befindet sich das SCHLIESSFELD. Durch Anklicken dieses Feldes wird das KARTENFENSTER geschlossen. Sie können es wieder öffnen, indem Sie aus dem KARTENMENÜ die Option "KARTE" wählen.

Indem Sie die TITELLEISTE anklicken und den Mausknopf gedrückt halten, können Sie das KARTENFENSTER auf dem Bildschirm bewegen und neu platzieren.

### KARTENANZEIGEBEREICH

Im KARTENANZEIGEBEREICH wird die Karte des Planeten abgebildet. Zahlreiche verschiedene Arten von Anzeigen und Ansichten Ihres Planeten sind möglich. Ihre Auswahl erfolgt über das KONTROLL-PANEL.



Zum KARTENANZEIGEBEREICH gehört das EDITIERRECHTECK. Es zeigt an, welche Region der Welt im EDITIERFENSTER abgebildet ist. Durch zweimaliges Anklicken des EDITIERRECHTECKS wird das EDITIERFENSTER nach vorn gebracht.

Verschiedentlich werden oben im KARTENANZEIGEBEREICH Mitteilungen von der Simulation und den SimEarth-Bewohnern an Sie erscheinen.

## KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER

Mit dem KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER können Sie sich Ihren Planeten auf unterschiedliche Weise betrachten, wobei Sie unterschiedliche Arten von Information bei jeder Betrachtungsart erhalten. Von hier können Sie auch auf sämtliche MODELLKONTROLL-PANEL, das GESCHICHTSFENSTER, das EDITIERFENSTER sowie sämtliche Graphiken zugreifen.



### Geosphere

## KARTENANZEIGE-PIKTOGRAMME

Am oberen Ende des KONTROLL-PANELS für das KARTENFENSTER werden von links nach rechts 12 Piktogramme dargestellt. Durch Anklicken jedes dieser Piktogramme werden unterschiedliche Informationen im ANZEIGEBEREICH DER KARTE angezeigt. Die 12 Piktogramme sind in fünf Gruppen unterteilt: die GEOSPHERE, die HYDROSPHERE, die ATMOSPHERE, die BIO(SPHERE) und die ZIV(ILISATION). Auf ein MODELLKONTROLL-PANEL kann bei vier der fünf Gruppen (außer bei der HYDROSPHERE) durch Anklicken des Namens dieser Gruppe zugegriffen werden.

### DIE GEOSPHEREN-GRUPPE

Die GEOSPHEREN-Gruppe liefert Informationen über das Gelände, Ereignisse und den Magmafluß auf dem Planeten. Durch Anklicken des GEOSPHEREN-Piktogramms (G98) erhält man das KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPHERENMODELL.



Die **GELÄNDEKARTE** zeigt Ozeane und Höhenlagen auf dem Planeten an.

Höher gelegene Orte sind heller als tiefer gelegene Orte dargestellt. In Abhängigkeit von Ihrem Monitor wird Wasser blau oder schwarz dargestellt.

In der INFOBOX auf der rechten Seite des KONTROLL-PANELS für das KARTENFENSTER finden Sie eine Legende für die unterschiedlichen Höhen.

Bei dem Extrafeature, auf das man mit diesem Piktogramm zugreifen kann, handelt es sich um eine Darstellung von markanten Punkten auf den Planeten mit vorgegebenem Szenarium. Klicken Sie das Piktogramm an und drücken Sie den

Mausknopf. Die Namen von markanten Punkten werden solange angezeigt, bis Sie den Knopf loslassen. Das ist nur bei Planeten mit vorgegebenem Szenarium möglich. Zufallsplaneten haben diese markanten Punkte nicht. Markante Punkte auf der Erde können bis in 2 000 000 Jahren angezeigt werden. Wir gehen davon aus, daß sich die Namen bis dahin geändert haben werden.

Durch doppeltes Anklicken dieses Piktogramms öffnen Sie das GAIA-FENSTER.



Die **GLOBALE EREIGNISKARTE** zeigt globale Ereignisse wie Hurrikane, Waldbrände, Erdbeben, Meteoriteneinschläge, Kriege usw. in Form kleiner Symbole an.

Die Erklärung für die Symbole finden Sie auf der rechten Seite des KONTROLL-PANELS in der INFOBOX.



Die **KONTINENTALDRIFTKARTE** zeigt die Ströme in der Magmaschicht an. Magma ist das glühende, geschmolzene Gestein im Erdinneren, auf dem die Kontinentalplatten "schwimmen". Die Ströme hier bestimmen die Richtung sowie die Geschwindigkeit der Kontinentalverschiebung.

Eine Legende für die Strömungsvektoren des Magmas für diese Karte finden Sie in der INFOBOX.

## Die HYDROSPHÄREN-GRUPPE

Diese Gruppe enthält Informationen über den Ozean. Für die Hydrosphäre gibt es kein MODELLKONTROLL-PANEL.



**OZEANE EIN/AUS.** Damit läßt sich die Ozeananzeige ein- oder ausschalten, so daß Sie den Ozeanboden sehen können. Dadurch verschwindet der Ozean nicht, er wird nur unsichtbar. Diese Option kann in Verbindung mit anderen Karten verwendet werden. Sie hat keine Erklärung in der INFOBOX.



Die **OZEANTEMPERATUR** zeigt die durchschnittliche jährliche Ozeantemperatur an. In den meisten Fällen entspricht sie mehr oder weniger der Lufttemperatur, doch sie verändert sich wesentlich langsamer.

## Atmosphäre

Die INFOBOX kann sowohl eine Legende für die Ozeantemperaturen als auch eine Graphik der zeitlichen Veränderung der durchschnittlichen Ozeantemperatur anzeigen. Zur Hin- und Herschaltung zwischen diesen beiden Anzeigen klicken Sie das INFOFELD in der rechten unteren Ecke des KONTROLL-PANELS für das KARTENFENSTER an.



**OZEANSTRÖMUNGEN** zeigt die Oberflächenströmungen der Ozeane an.

Eine Erklärung für die Strömungsvektoren in dieser Karte ist in der INFOBOX zu finden.

### Die ATMOSPHÄREN-GRUPPE

Diese Gruppe enthält Informationen über die Atmosphäre und das Klima. Durch Anklicken des ATMOSPHÄREN-Piktogramms erhält man das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ATMOSPHÄRENMODELL.



Die **LUFTTEMPERATUR** zeigt die durchschnittliche jährliche Lufttemperatur an. Die hier dargestellte Wärme stammt hauptsächlich von der Sonne, sie kann aber auch von warmen Meeresgebieten kommen.

Die INFOBOX kann sowohl eine Legende für die Lufttemperaturen also auch eine Graphik der zeitlichen Veränderung der durchschnittlichen Lufttemperatur anzeigen. Zur Hin- und Herschaltung zwischen diesen beiden Anzeigen klicken Sie das INFOFELD in der rechten unteren Ecke des KONTROLL-PANELS für das KARTENFENSTER an.

Durch doppeltes Anklicken dieses Piktogramms öffnen Sie die GRAPHIK FÜR ATMOSPHÄRENZUSAMMENSETZUNG.



**NIEDERSCHLAG** zeigt die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge an. Die heftigsten Niederschläge konzentrieren sich gewöhnlich über dem Äquator.

Die INFOBOX kann sowohl eine Legende für die Niederschlagskarte also auch eine Graphik der zeitlichen Veränderung der durchschnittlichen Niederschlagsmenge anzeigen. Zur Hin- und Herschaltung zwischen diesen beiden Anzeigen klicken Sie das INFOFELD in der rechten unteren Ecke des KONTROLL-PANELS für das KARTENFENSTER an.

Durch doppeltes Anklicken dieses Piktogramms können Sie die GRAPHIK FÜR ATMOSPHÄRENZUSAMMENSETZUNG öffnen.



**LUFTSTRÖMUNGEN** zeigt die durchschnittlichen Luftströmungen an.

Ebenso wie die Meeresströmungen sind sie durch ein thermisches Ungleichgewicht und die Coriolis-Kraft gekennzeichnet.

Die INFOBOX enthält einen Schlüssel zu den Luftströmungsvektoren.

Durch doppeltes Anklicken dieses Piktogramms können Sie die GRAPHIK FÜR ATMOSPHÄRENZUSAMMENSETZUNG öffnen.

## Die BIOSPHÄREN-GRUPPE

Diese Gruppe enthält Informationen über das Leben auf Ihrem Planeten. Durch Anklicken des Biosphären-Piktogramms erhalten Sie das KONTROLL-PANEL FÜR DAS BIOSPHÄRENMODELL.



**BIOME** zeigt die Verteilung der Biome auf Ihrem Planeten an.

Die INFOBOX kann sowohl eine Legende der Biomverteilung auf der Karte als auch eine Graphik der durchschnittlichen zeitlichen Biomasseverteilung anzeigen. Zum Hin- und Herschalten zwischen diesen beiden Anzeigen klicken Sie das INFOFELD in der unteren rechten Ecke des KONTROLL-PANELS für das KARTENFENSTER an.

Durch doppeltes Anklicken dieses Piktogramms können Sie die BIOMVERHÄLTNISGRAPHIK öffnen.



**LEBEN** zeigt die Vielfalt des Lebens auf Ihrem Planeten an.

Die INFOBOX kann sowohl eine Legende der Lebensformen als auch eine Graphik der zeitlichen Veränderung der genetischen Vielfalt anzeigen. Zum Hin- und Herschalten zwischen diesen beiden Anzeigen klicken Sie das INFOFELD in der unteren rechten Ecke des KONTROLL-PANELS für das KARTENFENSTER an.

Durch doppeltes Anklicken dieses Piktogramms können Sie die GRAPHIK des VERHÄLTNISSSES DER KLASSEN DER LEBEWESSEN öffnen.

## ZIVILISATION

Hier finden Sie weltweite Informationen über die Zivilisationen auf Ihrem Planeten. Durch Anklicken des Zivilisations-Piktogramms aktivieren Sie das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL.

Bio

Civ



**ZIVILISATION** zeigt die Verteilung der Zivilisationen auf dem Planeten an.

Höher entwickelte Zivilisationen erscheinen dunkler. Terraformer erscheinen in dieser Karte schwarz.

Die INFOBOX kann sowohl eine Legende für die Zivilisationen auf dem Planeten als auch eine Darstellung der zeitlichen Entwicklung Ihrer vernunftbegabten Arten anzeigen. Zum Hin- und Herschalten zwischen diesen beiden Anzeigen klicken Sie das INFOFELD in der rechten unteren Ecke des KONTROLL-PANELS für das KARTENFENSTER an.

Durch doppeltes Anklicken dieses Piktogramms können Sie die TECHNIKVERHÄLTNISGRAPHIK öffnen.

## INFOBOX

Die INFOBOX befindet sich gleich rechts neben dem Zivilisations-Piktogramm.

Diese Box zeigt hilfreiche Informationen zur Kartendarstellung an, wie Legenden zur Interpretation der Karte sowie graphische Darstellungen der zeitlich Veränderung von Karteninformationen. Diese Graphiken entsprechen den Graphiken im GESCHICHTSFENSTER.

Durch doppeltes Anklicken in der INFOBOX können Sie das GESCHICHTSFENSTER aufrufen.

Einige Kartendarstellungen verfügen über Legenden, die hier angezeigt werden, andere verfügen sowohl über Legenden als auch über Graphiken. OZEANE EIN/AUS verfügt über keins von beiden. Zwischen den Informationsanzeigen läßt sich durch Anklicken des INFOFELDES in der rechten unteren Ecke des KARTENFENSTERS hin und her schalten.

## PIKTOGRAMM DER AKTIVIERTEN KARTE

### GELÄNDEKARTE

### GLOBALE EREIGNISSE\*

### KONTINENTALDRIFT

### OZEANE EIN/AUS

### OZEANTEMP.

### OZEANSTRÖMUNGEN

### LUFTTEMPERATUR

### NIEDERSCHLAG

### LUFTSTRÖMUNGEN

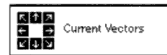
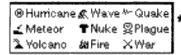
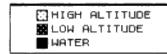
### BIOME

### LEBEN

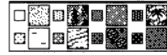
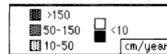
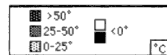
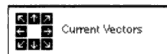
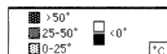
### ZIVILISATION

## INFOFELD

### HERVORHEBUNG

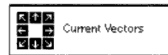
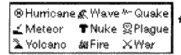
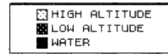


### NICHT ZUTREFFEND

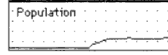
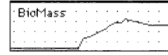
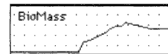
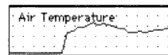
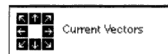
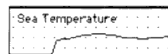


## INFOFELD

### NICHTHERVORHEBUNG



### NICHT ZUTREFFEND



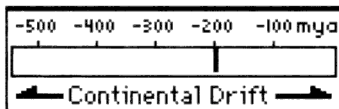
\* Anmerkung: Zwei Ereignisse, Umweltverschmutzung und Exodus, sind in der Legende zur Ereigniskarte nicht berücksichtigt, erscheinen aber im Falle ihres Eintretens auf der Karte.

## INFO-ANZEIGE FÜR BLUMENWELT



Wenn Sie sich in der Biom-Darstellung im Blumenwelt-Szenarium befinden, zeigt die hervorgehobene INFOBOX die Verteilung der unterschiedlichen Schattierungen der Blumen an.

## DARSTELLUNG DER KONTINENTALVERSCHIEBUNG

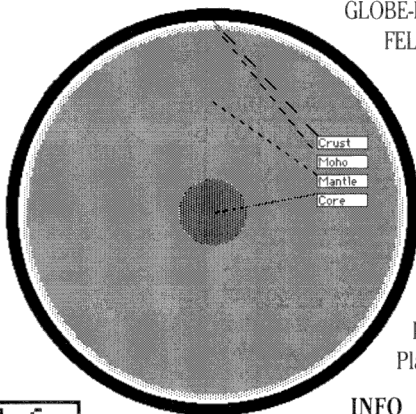


Wenn Sie die INFOBOX anklicken und den Mausknopf gedrückt halten (unabhängig vom Status des INFOFELDES) und die Maus langsam vor und zurück bewegen, werden Sie sehen, wie die Kontinentalverschiebung auf Ihrem Planeten abgelaufen ist.

Edit

Globe

Info



## FELDER

Rechts außen auf dem KARTENKONTROLL-PANEL befinden sich drei Felder.

Mit **EDIT** (EDITIEREN) rufen Sie das EDITIER-FENSTER auf.

**GLOBE** (GLOBUS) macht aus der flachen, gleichmäßigen Flächenprojektion im KARTENFENSTER eine gewölbte Globusprojektion. Sämtliche Karten und Anzeigen gibt es im GLOBE-Modus. Das KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER verändert sich dabei nicht. Wenn Sie sich in diesem Modus befinden, ist das GLOBE-FELD hervorgehoben dargestellt. Wenn Sie jetzt das GLOBE-FELD erneut anklicken, kehren Sie in die flache Projektion zurück.

Auf dem GLOBUS wird aus dem EDITIER-RECHTECK ein EDITIER-TRAPEZ. Wenn Sie im EDITIER-TRAPEZ zweimal klicken, erscheint das EDITIER-FENSTER.

Durch Klicken, Halten und Ziehen am Außenring des Globus können Sie ihn auf dem Bildschirm bewegen.

Durch zweimaliges Anklicken des Globus außer im EDITIER-TRAPEZ können Sie sich das Innere des Globus anschauen. Durch nochmaliges Klicken kehren Sie an die Oberfläche des Planeten zurück.

**INFO** schaltet hin und her zwischen verschiedenen Informationsdarstellungen in der INFOBOX.

## ZUGRIFF AUF DIE MODELLKONTROLL-PANELS

In die MODELLKONTROLL-PANELS gelangt man über das MODELL-MENÜ. Man kann sie aber auch durch Anklicken der Piktogramme GEOSPHERE, ATMOSPHERE, BIOSPHERE und ZIVILISATION auf dem KARTENKONTROLL-PANEL aufrufen.

Geosphere

Atmosphere

Bio

Civ

## ZUGRIFF AUF DIE GRAPHIKEN

Der Zugriff auf die Graphiken kann sowohl über das GRAPHIK-MENÜ als auch das KARTENKONTROLL-PANEL erfolgen. Dies geschieht durch doppeltes Anklicken der verschiedenen Piktogramme im KARTENKONTROLL-PANEL.

Die GRAPHIK FÜR ATMOSPHÄRENZUSAMMENSETZUNG wird durch doppeltes Anklicken eines der drei ATMOSPHÄREN-Piktogramme geöffnet.





Die BIOMVERHÄLTNISGRAPHIK wird durch doppeltes Anklicken des BIOM-Piktogramms geöffnet.

Die GRAPHIK DES VERHÄLTNISSSES DER KLASSEN DER LEBEWESEN wird durch doppeltes Anklicken des LEBENS-Piktogramms geöffnet.

Die TECHNIKVERHÄLTNISGRAPHIK wird durch doppeltes Anklicken des ZIVILISATIONS-Piktogramms geöffnet.

## ZUGRIFF AUF DIE ANDEREN FENSTER

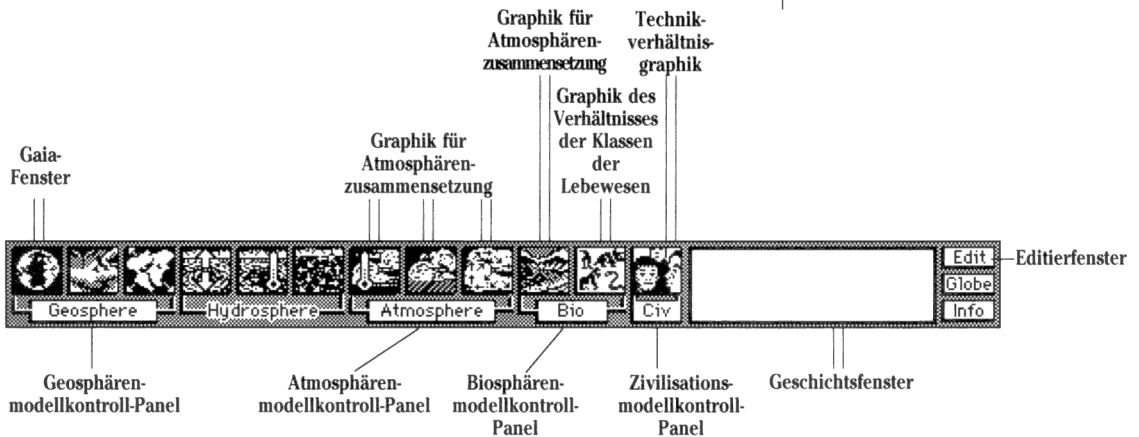
Durch zweimaliges Klicken in der INFOBOX öffnen Sie das GESCHICHTSFENSTER.

Durch zweimaliges Anklicken des GELÄNDEKARTEN-Piktogramms öffnen Sie das GAIA-FENSTER.

## ZUGRIFF AUF DIE GRAPHIKEN UND FENSTER VOM KONTROLL-PANEL DES KARTENFENSTERS

— Eine einfache Linie bedeutet einmal Anklicken.

== Eine doppelte Linie bedeutet zweimal Anklicken.



## GAIA-FENSTER

Das GAIA-FENSTER zeigt Gaia, eine Darstellung der Erde als lebender Organismus. Dieses "Gesicht des Planeten" gibt Ihnen ständig Auskunft über seine "Stimmung".



Dieses Fenster kann geöffnet werden, indem man GAIA aus dem FENSTER-MENÜ wählt oder das GELÄNDEKARTEN-Piktogramm im KARTENFENSTER zweimal anklickt.

Die Stimmung des Planeten hängt davon ab, wie gut sich das Leben auf dem Planeten entwickelt. Das Gesicht schläft, bis sich Leben bildet. Dann erwacht es. Die Stimmung reicht von Glück bis Entsetzen. Alles, was passiert, und alles, was Sie tun, hat Auswirkungen auf das Gesicht.

Am unteren Ende dieses Fensters befindet sich eine kleine Informationszeile, die Informationen von Gaia anzeigt. In der rechten oberen Ecke befindet sich die Sonne. Da die von der Sonne abgestrahlte Wärme allmählich zunimmt, wird die Sonne langsam größer. Am Ende der Lebenszeit Ihres Planeten, die 10 Milliarden Jahre beträgt, wird die Sonne Gaia verbrennen.

Wenn Sie wollen, können Sie dieses Fenster ständig in einer Bildschirmecke eingeblendet lassen. So können Sie sich bei der Entwicklung Ihres Planeten vom Gesicht leiten lassen.

Seine Augen verfolgen den Mausfeil auf dem Bildschirm, aber stechen Sie bitte nicht Gaias Augen aus.

Das GESCHICHTSFENSTER bietet eine graphische Übersicht über zahlreiche Faktoren, die Ihren Planeten charakterisieren.

## GESCHICHTS- FENSTER

Mit diesem Fenster können Sie verfolgen, wie sich die chemische Zusammensetzung, Temperatur, Feuchtigkeit, das Leben, bestimmte Ereignisse und die Verschmutzung auf Ihrem Planeten entwickeln und verändern.

Dieses Fenster können Sie über das FENSTER-MENÜ oder durch doppeltes Anklicken der INFOBOX im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER aufrufen.

Durch Anklicken eines der Piktogramme am unteren Ende des Fensters können Sie die Anzeige des jeweiligen Faktors ein- oder ausschalten.

Insgesamt 15 Faktoren lassen sich in diesem Fenster graphisch darstellen, wobei bis zu vier gleichzeitig dargestellt werden können.

**CO<sub>2</sub>** zeigt den Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre an.

**O<sub>2</sub>** zeigt den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre an.

**CH<sub>4</sub>** zeigt den Methangehalt der Atmosphäre an.

**SEA TEMPERATURE** zeigt die Durchschnittstemperatur aller Ozeane an.

**AIR TEMPERATURE** zeigt die Durchschnittstemperatur der gesamten Atmosphäre an.

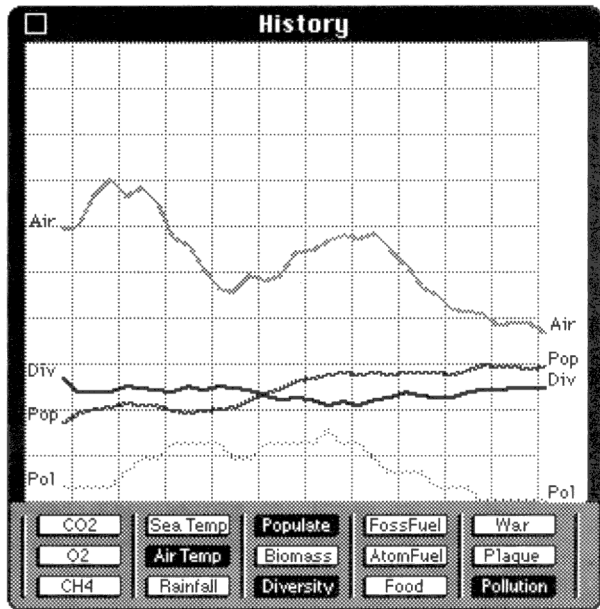
**RAINFALL** zeigt die durchschnittliche Niederschlagsmenge auf dem gesamten Planeten an.

**POPULATION** zeigt die Population der vernunftbegabten Art auf Ihrem Planeten an.

**BIOMASS** zeigt die Gesamtmasse aller pflanzlichen und tierischen Materie auf dem Planeten an. Die Biomasse der Erde besteht zu 99 % aus pflanzlicher Materie.

**DIVERSITY** zeigt die Anzahl der verschiedenen Lebensformen auf dem Planeten an. Wichtige ausgestorbene Arten werden hier sichtbar.

**FOSSIL FUELS** zeigt die noch auf dem Planeten vorhandenen Reserven an fossilen Brennstoffen an. Ihre Menge wächst während der Evolution, da Biomasse zerfällt, und wird von der Zivilisation verbraucht.



**ATOMIC FUEL** zeigt die Menge der auf dem Planeten vorhandenen Reserven an nuklearen Brennstoffen an.

**FOOD** zeigt die Gesamtmenge der auf dem Planeten erzeugten Nahrungsmittel an.

**WAR** zeigt das Ausmaß der auf dem Planeten stattfindenden bewaffneten Konflikte an.

**PLAGUE** zeigt die Anzahl der auftretenden Seuchen an.

**POLLUTION** zeigt die Gesamtmenge der von den vernunftbegabten Arten des Planeten abgegebenen toxischen Stoffe an.

Damit die Planetendatei nicht unhandlich groß wird, wird die gesamte Geschichte nicht gespeichert. Wenn die graphische Darstellung von der linken Seite des GESCHICHTSFENSTERS verschwindet, ist sie für immer verloren.

Es gibt eine Trennlinie, mit der das Ende bzw. der Anfang einer Epoche gekennzeichnet wird.

Die Länge der für jeden Bereich in diesem Fenster angezeigten Zeit ist je nach Epoche unterschiedlich. Die gesamte Breite des GESCHICHTSFENSTERS umfaßt ca.:

1 000 000 000 Jahre in der geologischen Epoche

70 000 000 Jahre in der Epoche der Evolution

2 500 Jahre in der Epoche der Zivilisation und

50 Jahre in der Epoche der Technik.

## REPORTFENSTER

Aus dem REPORTFENSTER können Sie in erster Linie erfahren, wie gut Sie und das Leben auf Ihrem Planeten vorankommen. Die Informationen im REPORTFENSTER ändern sich je nach Epoche, wobei Ihnen jeweils die für die entsprechende Epoche nützlichen Informationen angeboten werden. Für die Blumenwelt gibt es ein spezielles REPORTFENSTER.

### REPORTFENSTER IN DER GEOLOGISCHEN EPOCHE

In dieser Epoche erhalten Sie vom REPORTFENSTER vier Informationen.

#### VIABILITY

Diese Einstufung gibt an, wie gastlich Ihre Welt gegenüber mehrzelligen Tieren ist. Die Lebensfähigkeit beruht auf dem Sauerstoff- und Staubgehalt der Atmosphäre. Es gibt folgende Einstufungen:



Hier kann kein Leben existieren.



Hier kann Leben existieren, allerdings gerade so.



Hier kann Leben recht gut existieren.



Paradies.

#### BIOMASS

Biomasse ist die gesamte Masse aller Pflanzen und Tiere auf dem Planeten. In der geologischen Epoche gibt es keine Pflanzen, so daß die gesamte Biomasse nur aus Eukaryoten besteht. In dieser Epoche hat die Biomasse theoretisch einen Maximalwert von 40 960.

#### HIGHEST LIFE

Hier wird die am höchsten entwickelte Lebensform angezeigt.

#### CURRENT TASK

Dabei handelt es sich um die Aufgabe, die zu lösen ist, bevor Sie die nächste Epoche erreichen können.

☐ **Geologic Report**

Viability






Biomass: 8580

Highest Life: Eukaryotes

Current Task:  
Evolve Multicellular Life

## REPORTFENSTER IN DER EPOCHE DER EVOLUTION

In dieser Epoche gibt das REPORTFENSTER ein paar mehr Informationen an.

<input type="checkbox"/> Evolution Report	
No Civilization Present.	
-Highest-	-Intelligence-
36	 1st: Radiate
18	 2nd: Arthropod
6	 3rd: Mollusk
_ Biomass: 8279	
	Viability
	Growth
Current Task: Discover Fire	

### INTELLIGENCE

Hier wird die "Jagd nach Intelligenz" angezeigt. Es werden die drei am höchsten entwickelten Lebensformen aufgeführt, und ihre "Intelligenz" wird eingestuft (IQ). Bei dieser Einstufung wird nur grob geschätzt, wie fortgeschritten die jeweiligen Lebensformen sind. Mit dem menschlichen IQ hat das nichts zu tun.

Hier wird angezeigt, wer im Rennen um die Vernunft die Nase vorn hat. Wenn eine Lebensform einen IQ von 100 erreicht, wird sie vernunftbegabt.

### BIOMASS

Die Biomasse in der Epoche der Evolution besteht aus der Gesamtheit der Massen des tierischen Lebens und der Biome, des pflanzlichen Lebens. Der Urwald hat das reichhaltigste und höchste Biomaufkommen, während die Wüsten die geringste Biomasse aufweisen. Der theoretische Maximalwert für Biomasse beträgt 180 224.

Bei dem für die Biomasse angegebenen Piktogramm handelt es sich um das vorherrschende Biom.

### VIABILITY

Diese Einstufung gibt an, wie gastlich Ihre Welt gegenüber mehrzelligen Tieren ist. Die Lebensfähigkeit beruht auf dem Sauerstoff- und Staubgehalt der Atmosphäre. Die Einstufungen entsprechen denen im geologischen REPORTFENSTER.

### GROWTH

Zum Überleben und Wachsen braucht die Biomasse  $\text{CO}_2$ . Die Einstufung beruht hier auf dem  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre.

### CURRENT TASK

Dabei handelt es sich um die Aufgabe, die zu lösen ist, bevor Sie die nächste Epoche erreichen können.

## REPORTFENSTER IN DER EPOCHE DER ZIVILISATION UND DER TECHNIK

In diesen Epoche erhalten Sie wesentlich mehr Informationen.

### SENTIENT TYPE

Hier erfahren Sie, welche Klasse von Lebewesen die dominierende, intelligente Art auf Ihrem Planeten darstellt.

**HIGHEST TECHNOLOGY** informiert Sie über den Höchststand der Zivilisation auf Ihrem Planeten.

**MEDIAN TECHNOLOGY** informiert Sie über das durchschnittliche technische Niveau auf Ihrem Planeten.

**POPULATION** nennt Ihnen die aktuelle Population der vernunftbegabten Art auf Ihrem Planeten.

**LIFE QUALITY** zeigt an, wie die "Lebensqualität" der vernunftbegabten Art auf Ihrem Planeten ist. Bei den beiden zur Einschätzung herangezogenen Faktoren handelt es sich um die wöchentliche Arbeitszeit und um die von Ihnen für Medien und Künste bereitgestellten Mittel. Es ist schwierig, in technisch recht niedrig entwickelten Gesellschaften eine Lebensqualität zu erreichen, die mehr als "erträglich" ist.

Es existieren die nachfolgend aufgeführten Qualitätsstufen: himmlisch, wunderbar, gut, angenehm, erträglich, unangenehm, schlecht, miserabel und höllisch.

**HABITATS** zeigt die Fähigkeit Ihrer vernunftbegabten Art zum Überleben in verschiedenen Biomen sowie deren Anpassungsfähigkeit an ihren Lebensraum an. Dabei gibt es folgende Einstufungen:



Kann hier überhaupt nicht leben.



Kann hier leben, aber haßt dieses Leben.



Kann hier leben und mag das Leben.



Paradies.

**Civilization Report**

Sentient Type: Mammal

Highest Tech: Stone Age

Median Tech: Stone Age

Population: 12 million

Life Quality: Miserable

Habitats

Work \* Eff% = Energy

16 39% = 15

16 18% = 7

16 07% = 3

16 00% = 0

16 00% = 0

80hrs/wk      25

Allocation

5

5

5

5

5

Current Task:  
Reach Industrial Revolution

Reportfenster

Seite 85

☐ **Technology Report**

Sentient Type: Mammal  
 Highest Tech: Atomic Age  
 Median Tech: Atomic Age  
 Population: 1098 million  
 Life Quality: Tolerable

**Habitats**

Work * Eff% = Energy		Allocation	
16	69% = 2429	2251	
16	48% = 1692	2251	
16	49% = 1748	2251	
16	79% = 2790	2251	
16	73% = 2600	2251	

80hrs /wk      11259  
**Current Task:**  
Interstellar Migration

## ENERGIEABSCHNITT

Unter den Lebensräumen gibt es einen Abschnitt, der sich mit Energie beschäftigt. Um besser zu verstehen, was hier vor sich geht, schauen Sie sich bitte gleichzeitig das REPORTFENSTER und das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL an.

**WORK** ist die Anzahl der Stunden, die Ihre vernunftbegabten SimEarth-Bewohner pro Woche arbeiten müssen, um zu überleben. Bei SimEarth haben wir das Konzept der Arbeit folgendermaßen vereinfacht: sämtliche Arbeit erzeugt Energie.

Die von den intelligenten SimEarth-Bewohnern zu absolvierende Arbeitszeit wird auf fünf verschiedene Energiequellen aufgeteilt. Auf der linken Seite des KONTROLL-PANELS für das ZIVILISATIONSMODELL wird angegeben, wie lange gearbeitet wird, um Energie mit jeder der fünf Quellen zu erzeugen. Die Gesamtzahl der wöchentlich zu arbeitenden Stunden wirkt sich auf die Lebensqualität aus.

## ENERGIEARTEN

**BIOENERGIE** – Holzverbrennung, tierische Energie, pflanzliche Energie (Landwirtschaft), manuelle Tätigkeit vernunftbegabter Arten.

**SONNEN-/WINDENERGIE** – Trocknen von Nahrungsmitteln und Bekleidung an der Sonne, Windmühlen, Segelschiffe, Heizen mit Sonnenenergie, windkraftbetriebene Generatoren, Solarzellen, Satelliten, die Sonnenenergie speichern.

**HYDROENERGIE/ERDWÄRME** – Wasserräder, Staudämme, Dampfkraft, Wasserkraft, Energieerzeugung mittels Erdwärme.













**FOSSILE BRENNSTOFFE** – Kohle und Öl aus Überresten prähistorischer Tiere.

**KERNENERGIE** – Atomreaktoren, Atombomben usw.

**EFFICIENCY (NUTZEFFEKT)** schätzt ein, wieviel Energie durch wieviel Arbeit erzeugt wird. Der Nutzeffekt jeder Energiequelle hängt vom jeweiligen Stand der Technik ab.



## ENERGIEAUSNUTZUNG IM VERGLEICH ZUR ENTWICKLUNGSSTUFE

		Bioenergie	Sonne/Wind	Hydro/Geo	Foss. Brennst.	Atom energie <sup>c</sup>
						
Steinzeit		40%	20%	10%	0%	0%
Bronzezeit		40%	20%	30%	10%	0%
Eisenzeit		60%	20%	30%	30%	0%
Industriezeit		60%	30%	50%	80%	10%
Atomzeitalter		70%	50%	50%	80%	80%
Informationszeit		80%	60%	60%	90%	90%
Nanotech-Zeit		90%	80%	80%	90%	90%

Der im REPORTFENSTER angezeigte und verwendete Nutzeffekt ist der Mittelwert aus den auf dem Planeten existierenden Zeitaltern. Hat Ihr Planet beispielsweise eine Stadt im Nanotech-Zeitalter und eine in der Steinzeit, so werden für die Atomenergie 45 % angezeigt ( $1 \text{ Stadt} * 90 \% + 1 \text{ Stadt} * 0 \% / 2 \text{ Städte}$ ).

Die Verfügbarkeit der Ressourcen hat einen Einfluß auf die Einstufung. Mit dem Verschwinden von fossilen Brennstoffen und Kernbrennstoffen geht deren Ausnutzung auf 0 % zurück.

**ENERGY** ist die Menge der von jeder Art erzeugten Energie, wobei die Summe aus den einzelnen Energiequellen gebildet wird.

Sämtliche erzeugte Energie wird genutzt. Die gesamte erzeugte Energie entspricht ungefähr der Gesamtmenge der bereitgestellten Energie. Es gibt einen gewissen Energieverlust, und einige Werte werden für die Anzeige gerundet, aber es wird sämtliche Energie genutzt.

Unter **ALLOCATION** (Bereitstellung) versteht man, was Ihre vernunftbegabten Wesen mit der Energie anstellen. Sämtliche erzeugte Energie wird bereitgestellt und genutzt. **Allocation** finden Sie auf der rechten Seite des KONTROLL-PANELS für das ZIVILISATIONSMODELL.

Sie können die Energie für folgende Gebiete bereitstellen:



**PHILOSOPHIE** – Die Philosophie ist ein Mittel zur Kriegsverhinderung. Investiert man in die Philosophie, verringert man damit die Anzahl und Intensität bewaffneter Konflikte auf dem Planeten.



**WISSENSCHAFT** – Wenn Sie in die Wissenschaft investieren, helfen Sie Ihren Zivilisationen, sich in Richtung der nächsthöheren Entwicklungsstufe zu entwickeln. In die Wissenschaft muß investiert werden, um überhaupt eine Weiterentwicklung auszulösen. Geht die Entwicklung von einer Stufe zur nächsten zu schnell oder wurde nicht ausreichend in Philosophie, Landwirtschaft, Medizin und Kunst/Medien investiert, kann es zu keiner stabilen und dauerhaften Zivilisationsentwicklung kommen. Investieren Sie zu viel und zu schnell in die Wissenschaft, wird die Population an Krieg und Seuchen sterben.



**LANDWIRTSCHAFT** – Investitionen in die Landwirtschaft erhöhen die Nahrungsmittelproduktion, wodurch das Wachstum der Population Ihrer vernunftbegabten Art zunimmt.



**MEDIZIN** – Investitionen in die Medizin verringern die Anzahl und das Ausmaß von Seuchen.

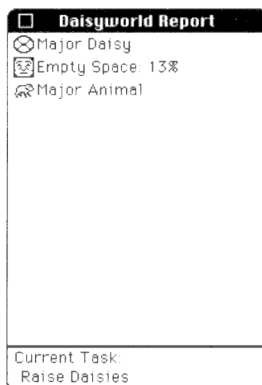


**KUNST/MEDIEN** – Investitionen in die Kunst/Medien verbessern die Lebensqualität des Sim-Earth-Weltbürgers.

Die **CURRENT TASK** nennt Ihnen die Aufgabe, die zu lösen ist, um die nächste Epoche zu erreichen.

## REPORTFENSTER IM BLUMENWELT-SZENARIUM

Im Blumenweltszenarium erhalten Sie nur vier Informationen.



### MAJOR DAISY

Hier wird die Schattierung des am häufigsten vertretenen Blümcens angezeigt.

### EMPTY SPACE

Hier erfahren Sie, wieviel freie Flächen der Planet noch hat, die mit Blumen bepflanzt werden können.

### MAJOR ANIMAL

Hier wird das auf dem Planeten am häufigsten vertretene Tier (sofern es überhaupt welche gibt) angezeigt.

### CURRENT TASK

Ihre Zielstellung bezüglich des Anbaus von Blumen.

## REPORTFENSTER IN DEN TERRAFORMIERUNGSSZENARIEN

In den Terraformierungsszenarien Venus und Mars erhalten Sie im wesentlichen die gleichen Informationen wie in den REPORTFENSTER für die EPOCHE DER ZIVILISATION bzw. die EPOCHE DER TECHNIK, wobei Sie hier allerdings eine Rückmeldung über die Fortschritte bei der Terraformierung erhalten.

### VIABILITY

Hier wird angezeigt, wie gastlich Ihr Planet für Formen des Lebens ist. Die Einstufung der Lebensfähigkeit basiert auf dem Sauerstoff- und Staubgehalt der Atmosphäre. Es existieren die gleichen Einstufungen wie in den REPORTFENSTERN für die GEOLOGISCHE, ZIVILISATIONS- und TECHNIKEPOCHE.

### GOAL BIOMASS

Dabei handelt es sich um die Biomasse, die Sie erreichen müssen, damit der Planet als terraformiert angesehen werden kann.

### BIOMASS

Hier wird die derzeitige Biomasse Ihres Planeten angezeigt. Bei dem für die Biomasse angezeigten Piktogramm handelt es sich um das vorherrschende Biom.

### GOAL POPULATION

Dabei handelt es sich um die Population, die Ihr Planet erreichen muß, um als kolonisiert zu gelten.

### POPULATION

Das ist Ihre derzeitige Population.

### HABITAT sowie ENERGY

Die Abschnitte HABITAT und ENERGY in diesem Fenster sind genauso gestaltet wie die im REPORTFENSTER der ZIVILISATIONS- und TECHNIKEPOCHE. Es gibt allerdings zwei Ausnahmen:

Solange Sie nicht mit der Kolonisation (mit der Ansiedlung vernunftbegabten Lebens auf dem Planeten) begonnen haben, werden diese Bereiche nicht im Fenster erscheinen.

Der HABITAT-Bereich wird stets Informationen für die vernunftbegabten Säugetiere anzeigen, da es sich bei der Mehrheit der SimEarth-Spieler um Säugetiere handelt.

### CURRENT TASK

Die von Ihnen zu lösende Ausgabe besteht in der Terraformierung und Kolonisation des Planeten.

☐ **Terraform Report**

Viability

Goal Biomass: 25000  
 Biomass: 8460

Goal Population: 1000  
 Population: 45 million

Habitats

Work	* Eff%	= Energy	Allocation
30	40%	= 108	30
20	20%	= 36	30
10	10%	= 9	30
00	00%	= 0	30
00	00%	= 0	30

60hrs/wk      153

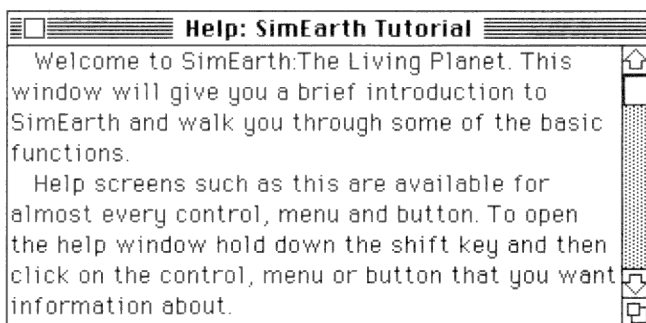
Current Task:  
Terraform & Colonize

## TUTORIAL-FENSTER

Das TUTORIAL-FENSTER ist ein Textfenster, das Ausschnitte aus dem Tutorial in diesem Handbuch anbietet. Der Zugriff erfolgt über das FENSTER-MENÜ.

Wie alle Hilfs- und Textfenster von SimEarth läßt es sich auf dem Bildschirm verschieben und vergrößern oder verkleinern. Um den Text zu scrollen, klicken Sie einfach den nach oben bzw. nach unten gerichteten Pfeil auf dem Scroll-Balken auf der rechten Seite des Fensters an.

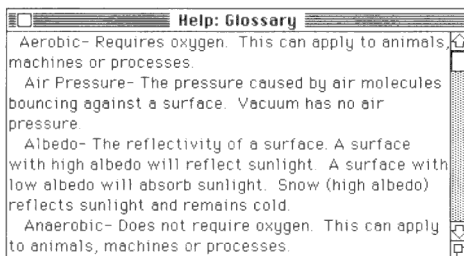
Ob Sie dieses Fenster gleichzeitig mit dem HILFSFENSTER öffnen können, hängt von Ihrem Computer ab.



## GLOSSAR-FENSTER

Bei dem GLOSSARFENSTER handelt es sich um ein spezielles HILFSFENSTER, auf das über das FENSTER-MENÜ zugegriffen werden kann. Es bietet Ihnen Definitionen für Wörter und Termini an, die das SimEarth-Programm verwendet.

Wie alle Hilfs- und Textfenster von SimEarth läßt es sich auf dem Bildschirm verschieben und vergrößern oder verkleinern. Um den Text zu scrollen, klicken Sie den nach oben bzw. nach unten gerichteten Pfeil auf der rechten Seite des Fensters an.



Es gibt vier Graphikfenster, die über die Piktogramme des GRAPHIKMENÜS oder des KARTENFENSTERS geöffnet werden können. Es kann nur jeweils ein GRAPHIKFENSTER angezeigt werden.

Diese Fenster können durch Anklicken der TITELLEISTE und Bewegen der Maus auf dem Bildschirm verschoben werden. Durch Anklicken der SCHLIESSBOX können sie geschlossen werden.

Zwei der Graphiken zeigen ihre Informationen als Funktion der Zeit sowie für die Gegenwart an. Die Informationen werden auf horizontal oder vertikal angeordneten Leisten angezeigt, wobei die Leiste mit den neuesten Informationen ganz vorn angeordnet ist.




Der Zugriff zu dieser Graphik erfolgt entweder über die LUFTPROBEN-Eintragung im GRAPHIKMENÜ oder durch doppeltes Anklicken des LUFTTEMPERATUR-Piktogramms im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER.

Die GRAPHIK FÜR ATMOSPHERENZUSAMMENSETZUNG zeigt nur die aktuelle Zusammensetzung der Atmosphäre an. Die Informationen werden als horizontale Balken dargestellt.

Die Graphik zeigt die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre Ihres Planeten an. Es werden die prozentualen Anteile von vier Gasen – Stickstoff ( $N_2$ ), Sauerstoff ( $O_2$ ), Kohlendioxid ( $CO_2$ ) und Methan ( $CH_4$ ) – sowie von Staubpartikeln und Wasserdampf ( $H_2O$ ) angezeigt. Weiterhin wird der Luftdruck in Atmosphären angegeben.

Die Plus- oder Minuszeichen am Ende der Balken zeigen an, ob die jeweiligen Werte zu- oder abnehmen. Balken ohne Plus- oder Minuszeichen deuten auf einen zeitweise stabilen Wert hin.

Die Schattierung bzw. das Muster der Balken sind ein Hinweis auf den prozentualen Anteil.

-  unter 1 %
-  zwischen 1 und 10 %
-  über 10 %.

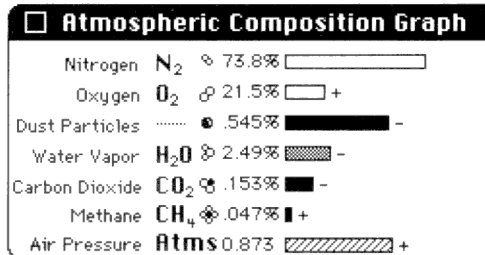
Diese Graphikeignet sich gut zur Verfolgung von Tendenzen in der Zusammensetzung der Atmosphäre:

- Zu wenig Sauerstoff – das Leben wird eingehen.
- Zu viel Sauerstoff – es wird zahlreiche Brände auf dem Planeten geben.
- Zu wenig Kohlendioxid – die Pflanzen werden sterben.
- Zu viel Kohlendioxid – die Tiere werden aussterben.

## GRAPHIKEN



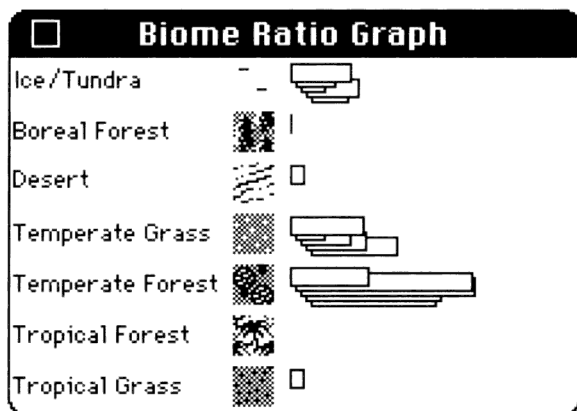
### GRAPHIK FÜR ATMOSPHEREN- ZUSAMMEN- SETZUNG



Zu viel Staub – das Sonnenlicht wird blockiert, Arten werden aussterben.  
Wasserdampf beeinflusst den Niederschlag.  
Wasserdampf, Kohlendioxid und Methan sind Treibhausgase – hohe Anteile verstärken den Treibhauseffekt.

## BIOMEVERHÄLT- NISGRAPHIK

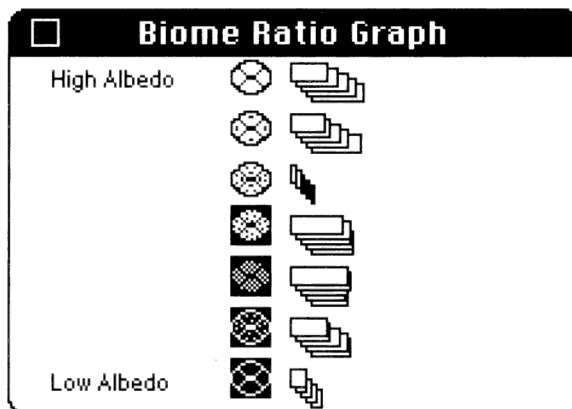
Der Zugriff auf diese Graphik erfolgt entweder über die BIOM-Eintragung im GRAPHIKMENÜ oder durch doppeltes Anklicken des BIOM-Piktogramms im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER.



Dargestellt wird die relative Häufigkeit der sieben Biome auf Ihrem Planeten in Abhängigkeit von der Zeit.

Mit der Graphik lassen sich Tendenzen bei den vorherrschenden Biomen aufspüren und verfolgen.

Im Blumenwelt-Szenarium zeigt die BIOMEVERHÄLT-  
NISGRAPHIK die acht Schattierungen der Blumen an.

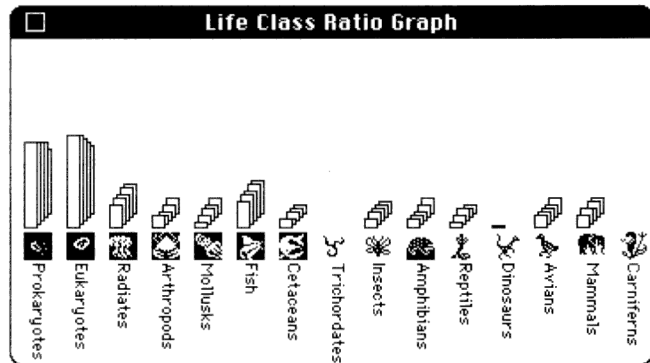


Der Zugriff auf diese Graphik erfolgt entweder über die LEBENSFORMEN-Eintragung im GRAPHIKMENÜ oder durch doppeltes Anklicken des LEBENS-Piktogramms im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER.

## GRAPHIK DES VERHÄLTNISSSES DER KLASSEN DER LEBEWESEN

Dargestellt wird die relative Häufigkeit der Lebensformen auf Ihrem Planeten in Abhängigkeit von der Zeit. Es werden die 14 Klassen vom Tool "ANSIEDLUNG VON LEBENWESEN" angezeigt. Dazu kommt noch der Carnifarn. Das ist eine mobile fleischfressende Pflanze, die vernunftbegabt sein kann.

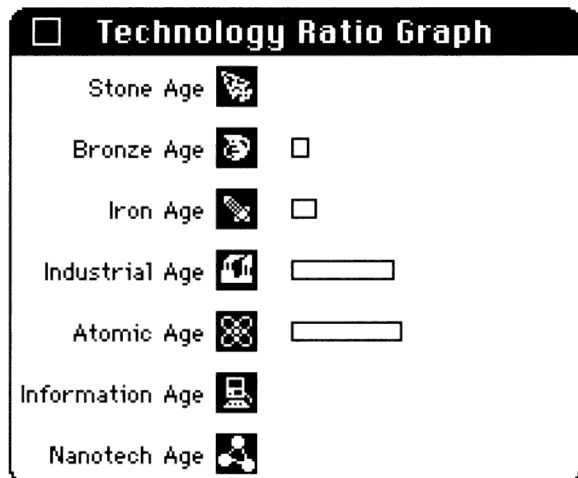
Mit der Graphik lassen sich Tendenzen bei der Entwicklung des Lebens auf Ihrem Planeten verfolgen.



Der Zugriff auf diese Graphik erfolgt entweder über die TECHNIK-Eintragung im GRAPHIKMENÜ oder durch doppeltes Anklicken des ZIVILISATION-Piktogramms im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER.

## TECHNIKVERHÄLT-NISGRAPHIK

Angezeigt wird der Anteil der Bevölkerung auf den unterschiedlichen Stufen der Zivilisation auf Ihrem Planeten.



# MODELL- KONTROLL- PANELS



Die vier MODELLKONTROLL-PANELS dienen der Kontrolle und Veränderung zahlreicher Variablen des Modells. Diese KONTROLL-PANELS sind die einzigen Stellen in SimEarth, die nur zur EINGABE benutzt werden.

Diese Fenster öffnet man entweder über das MODELLMENÜ oder das KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER.

Es kann jeweils nur ein MODELLKONTROLL-PANEL eingeblendet werden. Sie können vor- oder rückwärts von Panel zu Panel springen, indem Sie das NEXT- bzw. LAST-Feld in der rechten oberen Ecke anklicken.

Für jede Eintragung in jedem Kontroll-Panel gibt es 16 mögliche Einstellungen.

Um eine Einstellung zu verändern, klicken Sie zunächst die Eintragung an, die Sie verändern möchten. Dadurch erscheinen der Name der Eintragung sowie ein Indikator (gewöhnlich ein Pfeil) hervorgehoben. Um den Indikator herum erscheint ein gepunktetes Viereck. Der Indikator und der REGLER auf der rechten Seite des Panels zeigen die Einstellung der jeweils aktivierten Eintragung an.

Klicken Sie nun oberhalb oder unterhalb des Reglers an, um die Einstellung um einen Strich nach oben oder nach unten zu verändern. Sie können auch anklicken und die Einstellung durch Bewegen der Maus verändern.

Obwohl sich das Leben auf Ihrem Planeten selbständig reguliert und das Auswirkungen auf das Modell hat, werden diese Veränderungen nicht in den MODELLKONTROLL-PANELS angezeigt. Diese Panel zeigen ausschließlich Ihre Einstellungen und die von Ihnen vorgenommenen Veränderungen an.

Zwischen dem Zeitpunkt, da Sie ein MODELLKONTROLL-PANEL verändern, und dem Zeitpunkt, da Ihre Änderung wirksam wird, wird etwas Zeit vergehen.

Der in Energieeinheiten ausgedrückte Preis für das Verändern der Kontroll-Panels beträgt 30 EE je Klick und 150 EE je Mausbewegung. Verwenden Sie für kleine Veränderungen Klicks und für große Mausbewegungen.

Wenn Sie einen eingestellten Wert durch Klicken von ganz tief auf ganz hoch verändern wollen, so kostet Sie das  $30 \text{ EE} \times 15 \text{ Klick} = 450 \text{ EE}$ . Dieselbe Veränderung würde Sie, wenn Sie sie durch Bewegen der Maus ausführen, 150 EE kosten. Sie würden also eine Menge Energie sparen, wenn Sie die Maus bewegen, anstatt die einzelnen Werte anzuklicken.

Wenn Sie einen Wert jedoch nur um eine Einstellung verändern, so kostet Sie das beim Klicken 30 EE, aber die gleiche Veränderung kostet mit Mausbewegung 150 EE.



Das MODELLKONTROLL-PANEL arbeitet mit den variablen Faktoren, die die Geosphäre, den Meteoriteneinschlag und die axiale Neigung Ihres Planeten beeinflussen.

Der Zugriff kann über das MODELLMENÜ oder durch Anklicken des GEOSPÄREN-Piktogramms im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER erfolgen.

Sie können folgende Faktoren verändern:

**VOLCANIC ACTIVITY.** Die Vulkanaktivität steuert die Häufigkeit der periodischen Vulkanausbrüche. In frühen Entwicklungsstadien des Planeten hat dies Auswirkungen auf die Bildung von Kontinenten.

**EROSION** steuert die Geschwindigkeit der "Einebnung" des Geländes durch Erosion. Die Verstärkung der Erosion vergrößert auch den  $\text{CO}_2$ -Gehalt in der Atmosphäre.

**CONTINENTAL DRIFT.** Die Kontinentaldrift regelt die Geschwindigkeit, mit der sich die Kontinente auf der Magmaschicht bewegen.

**CORE HEAT.** Damit wird die Temperatur im Inneren des Planeten reguliert. Je größer dieser Wert ist, umso größer sind die Vulkane und umso heftiger deren Ausbrüche. Außerdem ändert sich die Richtung des Magmaflusses umso stärker, je heißer der Kern ist.

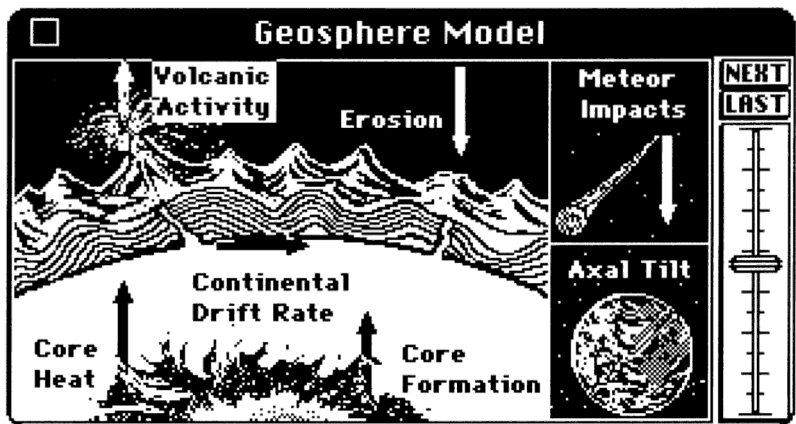
**CORE FORMATION.** Damit wird die Geschwindigkeit reguliert, mit der sich der Kern des Planeten bildet. Dabei wird der Kern größer. Die Größe des Kerns beeinflusst die Geschwindigkeit, mit der das Magma fließt. Je größer der Kern ist, umso langsamer fließt das Magma. Je langsamer das Magma fließt, umso kleiner sind die Vulkane und umso langsamer vollzieht sich die Kontinentalverschiebung.

**METEOR IMPACT.** Dadurch wird die Häufigkeit von Einschlägen von Meteoriten (oder Planetesimalen) gesteuert.

**AXIAL TILT.** Dadurch wird die Neigung der Rotationsachse des Planeten gesteuert. Das wiederum beeinflusst die Stärke der Jahreszeiten. Je stärker die Achse geneigt ist, umso ausgeprägter sind die Jahreszeiten. Das macht sich allerdings nur bei den beiden modernen Epochen bemerkbar. Die gegenwärtige Neigung der Erdachse beträgt ca. 22 Grad gegen die Ekliptikebene.

## KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPÄREN- MODELL

Geosphere



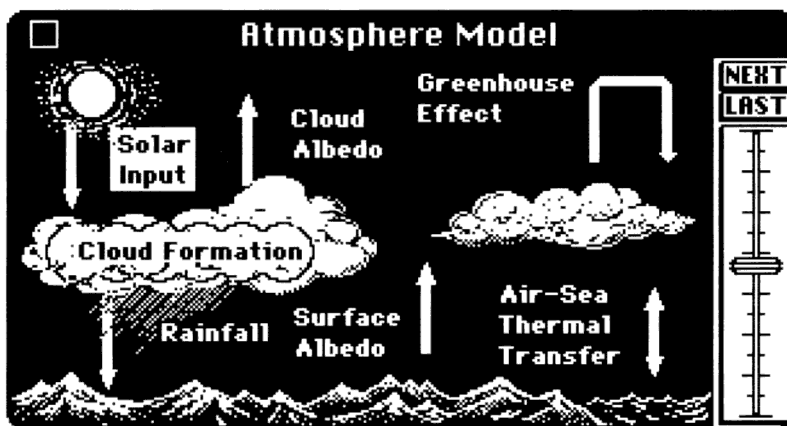
# KONTROLL-PANEL FÜR DAS ATMOSPÄREN- MODELL

## Atmosphäre

Das MODELLKONTROLL-PANEL arbeitet mit den Variablen, die die Atmosphäre Ihres Planeten beeinflussen.

Der Zugriff kann entweder über das MODELLMENÜ oder durch Anklicken des ATMOSPÄREN-Piktogramms im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER erfolgen.

Sie können folgende Faktoren verändern:



**SOLAR INPUT.** Damit wird die Sonneneinstrahlung (Wärme) reguliert. Es handelt sich dabei um die auf Ihren Planeten auftreffende Sonnenwärme. Wenn Sie den Regler ganz nach unten stellen, schalten Sie die Sonne ab.

**CLOUD ALBEDO.** Damit wird das Rückstrahlvermögen der Wolken gesteuert, d.h. die Menge an Sonnenlicht (Wärme), die durch die Wolken hindurch auf den Planeten gelangt.

**GREENHOUSE EFFECT.** Damit wird die Intensität des zur Erwärmung führenden Treibhauseffekts gesteuert. Der Treibhauseffekt wird durch bestimmte Gase bewirkt, die die Abgabe infraroter Strahlung verhindern. Bei SimEarth gibt es die folgenden Treibhausgase: Wasserdampf ( $H_2O$ ), Methan ( $CH_4$ ) sowie Kohlendioxid ( $CO_2$ ).

**CLOUD FORMATION.** Damit wird die Menge der aus einer bestimmten Kondensationsmenge gebildeten Wolken reguliert.

**RAINFALL.** Damit wird die Niederschlagsmenge auf dem Planeten gesteuert.

**SURFACE ALBEDO.** Damit wird das Rückstrahlvermögen der Oberflächenbiome gesteuert. Je höher die Albedo ist, umso mehr Sonnenstrahlung wird in den Weltraum reflektiert.

**AIR-SEA THERMAL TRANSFER.** Damit wird die Geschwindigkeit des Wärmeaustauschs zwischen Luft und Ozeanen reguliert.

Das MODELLKONTROLL-PANEL arbeitet mit den Variablen, die die Biosphäre Ihres Planeten beeinflussen.

Der Zugriff kann über das MODELLMENÜ oder durch Anklicken des BIOSPHÄREN-Piktogramms im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER erfolgen.

Sie können folgende Faktoren verändern:

**THERMAL TOLERANCE.** Damit wird der Temperaturbereich reguliert, in dem Leben möglich ist. Je höher der eingestellte Wert ist, umso größer ist der für das Leben akzeptable Temperaturbereich.

**REPRODUCTION RATE.** Damit wird gesteuert, wie schnell sich das Leben insgesamt reproduziert.

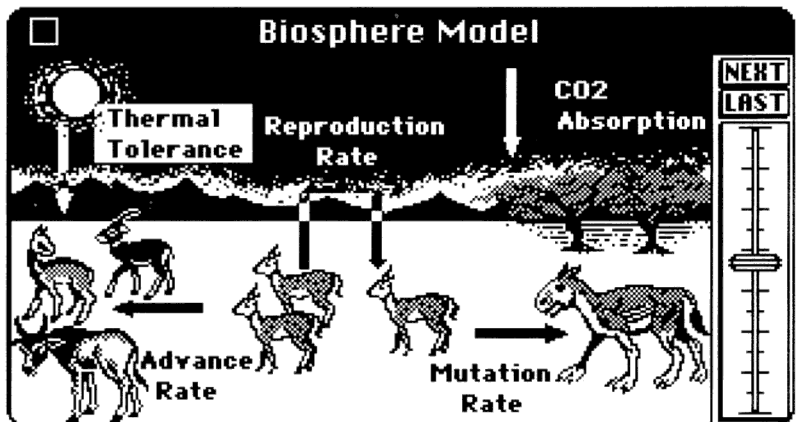
**CO<sub>2</sub> ABSORPTION.** Damit wird reguliert, wieviel Kohlendioxid die Pflanzen aus der Luft entnehmen.

**ADVANCE RATE.** Damit wird die Geschwindigkeit gesteuert, mit der sich die verschiedenen Lebensformen auf die nächsthöhere Stufe in Richtung Intelligenz entwickeln. Gewöhnlich handelt es sich um eine Veränderung einer Art.

**MUTATION RATE.** Damit wird die Geschwindigkeit gesteuert, mit der Lebensformen mutieren. Mutationen können in Sprüngen erfolgen, wobei auch Arten ganz und gar übersprungen werden können.

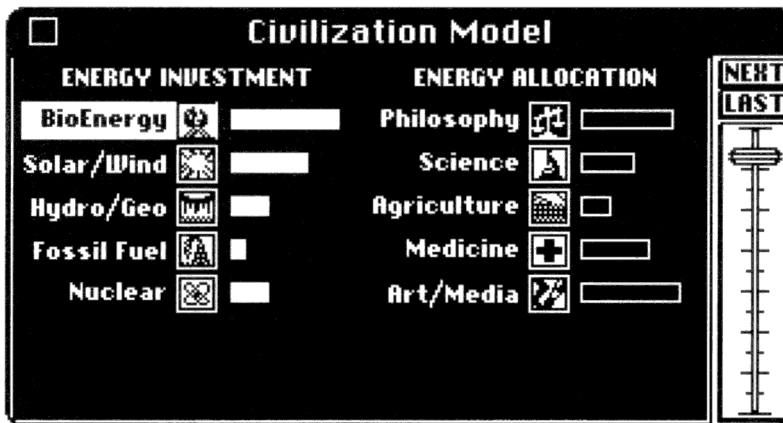
## KONTROLL-PANEL FÜR DAS BIOSPHÄREN- MODELL

Bio



## KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONS- MODELL

Civ



Mit diesem Panel wird die zivilisierte, vernunftbegabte Art auf Ihrem Planeten definiert und gesteuert. Es ist in der Epoche der Zivilisation und der Epoche der Technik von Nutzen.

Der Zugriff kann über das MODELLMENÜ oder durch Anklicken des ZIVILISATIONS-Piktogramms im KONTROLL-PANEL FÜR DAS KARTENFENSTER erfolgen.

Das KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL ist eine der echten Heerausforderungen von SimEarth. Sie müssen hier einige wichtige Entscheidungen treffen sowie Prioritäten bezüglich der Energiearten, in die Sie investieren wollen, und hinsichtlich der von Ihnen bevorzugten Energieeinsatzgebiete setzen.

Dieses Kontroll-Panel hat einen wesentlichen Einfluß auf das REPORTFENSTER. Es ist daher ratsam, sich beide gleichzeitig auf dem Bildschirm anzeigen zu lassen.

### ENERGY INVESTMENT


Auf der linken Seite des Kontroll-Panels legen Sie fest, in welche Energiearten Sie in welchem Umfang investieren wollen.


Je größer Ihre geplante Investition ist, umso länger sollte der Balken hinter der dazugehörigen Energieart sein. Wollen Sie in eine


Energieart überhaupt nicht investieren, so lassen Sie den Balken schrumpfen, bis er verschwindet.

Die Gesamtmenge der Investitionen in alle Energiearten entscheidet darüber, wie lange Ihr Planetenbewohner pro Woche zu arbeiten hat. Die Länge der Arbeitswoche ist ein Faktor, der die Lebensqualität nachhaltig beeinflusst.

Sie können in folgende Energiearten investieren:

 **BIOENERGIE** – Holzverbrennung, tierische Energie, pflanzliche Energie (Landwirtschaft), manuelle Tätigkeit vernunftbegabter Arten.

 **SONNEN-/WINDENERGIE** – Trocknen von Nahrungsmitteln und Bekleidung an der Sonne, Windmühlen, Segelschiffe, Heizen mit Sonnenenergie, windkraftgetriebene Generatoren, Solarzellen, Satelliten, die Sonnenenergie speichern.

 **HYDROENERGIE/ERDWÄRME** – Wasserräder, Staudämme, Dampfkraft, Wasserkraft, Energieerzeugung mittels Erdwärme.



**FOSSILE BRENNSTOFFE** – Kohle und Öl aus Überresten prähistorischer Organismen.



**KERNENERGIE** – Atomreaktoren, Atombomben usw.

### **ENERGY ALLOCATION**

Auf der rechten Seite des Kontroll-Panels sind die Bereiche angegeben, für die Sie die Energie verwenden können. Sämtliche erzeugte Energie wird auch genutzt.

Die für die einzelnen Verwendungszwecke vorgesehenen Mengen werden nicht absolut sondern ebenfalls relativ eingegeben. Das bedeutet, daß Sie die Balken für jeden Verwendungszweck entsprechend Ihrer Wahl gestalten sollten, wobei der längste Balken dem Bereich mit der größten Energiezuweisung vorbehalten ist.

Sind alle Balken gleich lang, ganz gleich ob ganz lang oder ganz kurz, interpretiert das Modell die Einstellungen als gleich. Es geht nicht um die tatsächlichen Längen, sondern um die Längenunterschiede.

Es ist günstig, keinen der Werte ganz auf Null zu stellen, da die Energiezuweisung auf die Energieinvestition zurückwirkt. Niedrige Zuweisungen können die Effektivität, mit der die einzelnen Stufen Energie produzieren, verringern. Dies wiederum kann dazu führen, daß sich die Gesellschaft zurückentwickelt.

Sie können die Energie für folgende Gebiete bereitstellen:



**PHILOSOPHIE** – Die Philosophie ist ein Mittel zur Kriegsverhinderung. Investiert man in die Philosophie, verringert man damit die Anzahl und Intensität bewaffneter Konflikte auf dem Planeten.



**WISSENSCHAFT** – Wenn Sie in die Wissenschaft investieren, helfen Sie Ihren Zivilisationen, sich in Richtung der nächsthöheren Entwicklungsstufe zu entwickeln. In die Wissenschaft muß investiert werden, um überhaupt eine Weiterentwicklung auszulösen. Geht die Entwicklung von einer Stufe zur nächsten zu schnell oder wurde nicht ausreichend in Philosophie, Landwirtschaft, Medizin und Kunst/Medien investiert, kann es zu keiner stabilen und dauerhaften Zivilisationsentwicklung kommen. Investieren Sie zu viel und zu schnell in die Wissenschaft, wird die Population an Krieg und Seuchen sterben.



**LANDWIRTSCHAFT** – Investitionen in die Landwirtschaft erhöhen die Nahrungsmittelproduktion, wodurch das Wachstum der Population Ihrer vernunftbegabten Art zunimmt.



**MEDIZIN** – Investitionen in die Medizin verringern die Anzahl und das Ausmaß von Seuchen.



**KUNST/MEDIEN** – Investitionen in die Kunst/Medien verbessern die Lebensqualität des Sim-Weltenbewohners.

## EPOCHEN EINFÜHRUNG IN DIE EPOCHEN

SimEarth kann in vier verschiedenen Epochen angesiedelt werden: der geologischen Epoche, der Epoche der Evolution, der Zivilisation und der Technik. Jede Epoche simuliert eine andere Gruppe von Faktoren auf dem Planeten. Sie können einen Planeten in jeder beliebigen Epoche beginnen, Sie können aber auch in der ersten (geologischen) Epoche beginnen, und im Verlaufe des Spiels erreicht der Planet die anderen Epochen.





In der Epoche der Zivilisation und in der Technikepoche können Sie die Entwicklung des intelligenten SimEarth-Bewohners durch Modellmanipulation oder mit Hilfe des Monolithen beschleunigen.

Eine zu starke Beschleunigung muß nicht unbedingt gut sein. Wenn Sie zu wenig Zeit für die geologische Epoche und die Epoche der Evolution lassen, so gibt es später nicht ausreichend fossile Brennstoffe. Außerdem brauchen Sie für die permanente Weiterentwicklung eine breite Populationsgrundlage. Wenn Sie die Entwicklung einer kleinen Gruppe beschleunigen, bevor deren Population ausreichend groß ist, wird sie stagnieren und aussterben.

Name your Planet:

Gaia World

Select a Time Scale:

	<p><input checked="" type="checkbox"/> <b>Geologic</b></p> <p>LAST 4.5 B YEARS</p>	<p>-CONTINENTAL DRIFT -ATMOSPHERE -SINGLE CELL LIFE</p>
	<p><input type="checkbox"/> <b>Evolution</b></p> <p>LAST 600 M YEARS</p>	<p>-CLIMATE/DRIFT -COMPLEX LIFE -BIOMES</p>
	<p><input type="checkbox"/> <b>Civilized</b></p> <p>LAST 10,000 YEARS</p>	<p>-CLIMATE -LIFE/BIOMES -CIVILIZATION</p>
	<p><input type="checkbox"/> <b>Technology</b></p> <p>LAST 100 YEARS</p>	<p>-CLIMATE/WEATHER -LIFE/BIOMES -TECHNOLOGY IMPACT</p>

Begin

Cancel

Die geologische Epoche beginnt unmittelbar, nachdem sich der Planet gebildet hat und sich abzukühlen beginnt. Sie endet mit der Entwicklung mehrzelliger Lebens. Auf der richtigen Erde umfaßt diese Epoche den Zeitraum von vor 4,5 Milliarden Jahren bis vor 570 Millionen Jahren.

## GEOLOGISCHE EPOCHE



In dieser Epoche verändert sich der Planet nur sehr langsam, deshalb wird die Simulationszeit beschleunigt, damit sich etwas tut. Der Zeit-/Simulationszyklus für diese Epoche beträgt zehn Millionen Jahre. Das bedeutet, daß immer, wenn das Programm einen Simulationszyklus durchläuft, auf dem Planeten zehn Millionen Jahre vergehen.

Ihre verfügbare Energie vergrößert sich um 1 EE je Zeit-/Simulationszyklus.

Die in dieser Epoche simulierten Faktoren sind in der Reihenfolge ihres Einflusses: Kontinentalverschiebung, Zusammensetzung der Atmosphäre, extraterrestrische Kollisionen, einzelliges Leben und Klima.

Das Ziel dieser Epoche besteht darin, sämtliche simulierten Faktoren so zu manipulieren, daß sich mehrzelliges Leben entwickelt, woraufhin Sie in die nächsthöhere und langsamere Epoche, die Evolution, aufsteigen.

In dieser Epoche vergeht die Zeit sehr schnell, und Ihrem Planeten stehen insgesamt nur zehn Milliarden Jahre zur Verfügung. Wenn Sie sämtliche Epochen vor dem Ende Ihres Planeten absolvieren wollen, sollten Sie versuchen, die nächste Epoche zu erreichen, wenn Ihr Planet zwischen drei und vier Milliarden Jahren alt ist. Schreiten Sie nicht zu schnell voran, sonst könnten spätere Zivilisationen nicht ausreichend fossile Brennstoffe zur Verfügung stehen.

## ZUSAMMENFASSUNG – GEOLOGISCHE EPOCHE

<b>Zeit-/Simulations-Zyklus</b>	10 Millionen Jahre
<b>Energiezuwachs/Zyklus</b>	1 EE
<b>Zeit auf der Erde</b>	vor 4,5 bis 0,570 Milliarden Jahren
<b>Simulierte Faktoren</b>	Kontinentalverschiebung Zusammensetzung der Atmosphäre Extraterrestrische Kollisionen Einzelliges Leben Klima
<b>Bedingungen für die Weiterentwicklung</b>	Mehrzellige Organismen
<b>Optimales Alter für die Weiterentwicklung</b>	zwischen 3 und 4 Milliarden Jahre

## AUFGABEN

Entwerfen Sie Kontinente.

Schreiben Sie Ihren Namen mit Hilfe der Landmassen.

Verbrennen Sie Ozeane.

Machen Sie auf verschiedene Art das Leben unmöglich.

Erschaffen Sie Gebirgszüge mit Hilfe von Erdbeben.

Verwenden Sie Meteore, um Seen entstehen zu lassen.

Verwenden Sie Meteore und Hurrikane, um die Niederschlagsmenge zu erhöhen.

Verwenden Sie Erdbeben, Vulkane und Meteoriten, damit der Staubgehalt so groß wie möglich wird.

Versuchen Sie, mit solchen Mitteln (ohne das Tool "HÖHENLAGEN" zu verwenden) die Kontinente der heutigen Erde neu zu erschaffen.

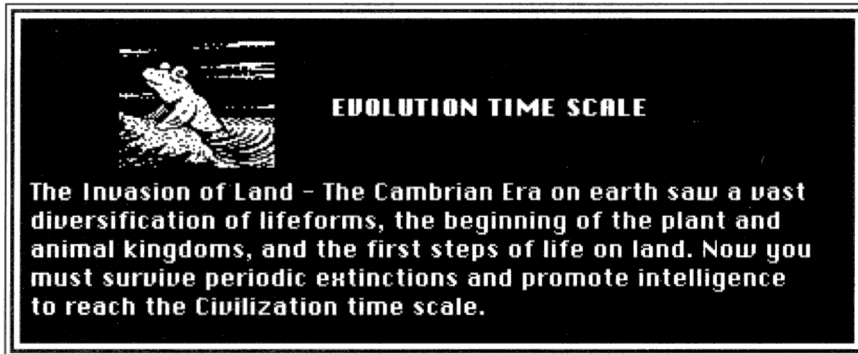
(Hinweis: Sie könnten vielleicht die Simulation unterbrechen oder wenigstens die Kernwärme ganz zurückdrehen, um die Kontinentalverschiebung zu stoppen oder zu verlangsamen.)

Spielen Sie Kontinent-Zusammenstoßen. Dazu suchen Sie sich zwei oder drei Freunde. Jeder entwickelt sich einen kleinen Kontinent. Lösen Sie nun abwechselnd Erdbeben aus, damit sich die Kontinente schneller aufeinander zubewegen.



Auf die geologische Epoche folgt die Epoche der Evolution. Sie beginnt mit der Entwicklung mehrzelliger Organismen und endet mit der Herausbildung der Intelligenz.

## EPOCHE DER EVOLUTION



In dieser Epoche verändern sich die Dinge etwas schneller als in der geologischen Epoche. Der Zeit-/Simulationszyklus hat sich auf 500 000 Jahre verringert.

Ihre verfügbare Energie vergrößert sich um 1 EE je Zeit-/Simulationszyklus.

Diese Epoche umfaßt den Zeitraum von vor 570 Millionen Jahren bis vor 0,01 Millionen Jahren auf der tatsächlichen Erde.

In dieser Epoche werden in der Reihenfolge ihres Einflusses folgende Faktoren simuliert: Leben, Biome, Klima, Zusammensetzung der Atmosphäre sowie Kontinentalverschiebung.

Das Ziel dieser Epoche besteht darin, die Simulationsfaktoren so zu manipulieren, daß Intelligenz entsteht. Daraufhin gelangen Sie in die Epoche der Zivilisation.

Ihrem Planeten stehen insgesamt nur zehn Milliarden Jahre zur Verfügung. Wenn Sie sämtliche Epochen vor dem Ende Ihres Planeten absolvieren wollen, sollten Sie versuchen, die nächste Epoche zu erreichen, wenn Ihr Planet zwischen fünf und sechs Milliarden Jahren alt ist. Schreiten Sie nicht zu schnell voran, sonst könnten späteren Zivilisationen nicht ausreichend fossile Brennstoffe zur Verfügung stehen.

## ZUSAMMENFASSUNG – EPOCHE DER EVOLUTION

<b>Zeit-/Simulations-Zyklus</b>	500 000 Jahre
<b>Energiezuwachs/Zyklus</b>	1 EE
<b>Zeit auf der Erde</b>	vor 570 bis 0,01 Millionen Jahren
<b>Simulierte Faktoren</b>	Leben Biome Klima Zusammensetzung der Atmosphäre Kontinentalverschiebung
<b>Bedingungen für die Weiterentwicklung</b>	Entwicklung von Intelligenz
<b>Optimales Alter für die Weiterentwicklung</b>	zwischen 5 und 6 Milliarden Jahre

## AUFGABEN

- Wählen Sie eine bestimmte Klasse von Lebewesen aus und helfen Sie ihr, Intelligenz zu entwickeln.
- Hindern Sie bestimmte Arten daran, Intelligenz zu entwickeln.
- Manipulieren Sie den Fortgang der Evolution.
- Versuchen Sie, ohne Zuhilfenahme des Monolithen die Carnifarne zu veranlassen, Intelligenz zu entwickeln.
- Versuchen Sie, die größtmögliche Biomasse zu entwickeln.
- Versuchen Sie, inmitten einer zivilisierten Welt ein Tal oder eine Insel zu erhalten, in dem bzw. auf der Saurier leben.
- Spielen Sie mit der Atmosphäre, und achten Sie auf die Folgen.
- Heben Sie das gesamte Gelände des Planeten an und achten Sie darauf, was passiert.
- Stellen Sie fest, wieviel oder wie wenig Landmasse Ihr Planet ohne wesentliche Beeinflussung des Lebens darauf haben kann.

Auf die Epoche der Evolution folgt die der Zivilisation. Sie beginnt mit dem Auftreten intelligenter Organismen und endet mit der industriellen Revolution.

## EPOCHE DER ZIVILISATION



In dieser Epoche vollziehen sich die Veränderungen schnell. Der Zeit-/Simulationszyklus wurde daher auf zehn Jahre verringert.

Ihre verfügbare Energie wächst in Abhängigkeit von der jeweils erreichten höchsten Entwicklungsstufe unterschiedlich schnell:

- 2 EE je Zeit-/Simulationszyklus in der Steinzeit,
- 3 EE je Zeit-/Simulationszyklus in der Bronzezeit und
- 4 EE je Zeit-/Simulationszyklus in der Eisenzeit.

Diese Epoche entspricht dem Zeitraum von vor 10 000 bis vor 100 Jahren auf der richtigen Erde.

In diese Epoche werden folgende Faktoren in der Reihenfolge ihres Einflusses simuliert: Zivilisation, Leben, Biome, Klima sowie Zusammensetzung der Atmosphäre.

Das Ziel dieser Epoche besteht darin, die Simulationsfaktoren so zu manipulieren, daß die technische Entwicklung fortschreitet. Daraufhin können Sie in die Epoche der Technik eintreten.

Ihrem Planeten stehen insgesamt nur zehn Milliarden Jahre zur Verfügung. Wenn Sie sämtliche Epochen vor dem Ende Ihres Planeten absolvieren wollen, sollten Sie versuchen, die nächste Epoche zu erreichen, wenn Ihr Planet 9,5 Milliarden Jahre alt ist.

## **ZUSAMMENFASSUNG – EPOCHE DER ZIVILISATION**

<b>Zeit-/Simulationszyklus</b>	10 Jahre
<b>Energiezuwachs/Zyklus</b>	2 EE – Steinzeit
<b>Energiezuwachs/Zyklus</b>	3 EE – Bronzezeit
<b>Energiezuwachs/Zyklus</b>	4 EE – Eisenzeit
<b>Zeit auf der Erde</b>	vor 10 000 bis 100 Jahren
<b>Simulierte Faktoren</b>	Zivilisation Leben Biome Klima Zusammensetzung der Atmosphäre
<b>Bedingungen für die Weiterentwicklung</b>	Technische Höherentwicklung
<b>Optimales Alter für die Weiterentwicklung</b>	Weniger als 9,5 Milliarden Jahre

## **AUFGABEN**

- Verursachen oder verhindern Sie Kriege.
- Eliminieren Sie unerwünschte Technikarten.
- Fördern oder eliminieren Sie verschiedene Energiequellen.
- Modellieren Sie mit Hilfe des KONTROLL-PANELS für das ZIVILISATIONSMODELL die vernunftbegabte Art entsprechend Ihren Wünschen.
- Verbessern Sie die Lebensqualität für Ihre vernunftbegabte Art.
- Bilden Sie äquivalente Zivilisationen auf verschiedenen Kontinenten und lassen Sie diese den Wettlauf in die Epoche der Technik antreten.
- Verändern Sie für die beiden Zivilisationen die Höhenlage, die Biome und andere Faktoren und stellen Sie fest, was der Entwicklung dient und was sie behindert.
- Versuchen Sie, die Umweltverschmutzung unter Kontrolle zu bringen.

Auf die Epoche der Zivilisation folgt die Epoche der Technik. Sie beginnt mit einem hohen Entwicklungsstand der Technik und endet, wenn die Technik einen Stand erreicht hat, der es Ihrem Planeten ermöglicht, sich durch interstellare "genetische Aussaat" – die Fähigkeit, andere Planeten zu besiedeln – zu reproduzieren.

## EPOCHE DER TECHNIK



### TECHNOLOGY TIME SCALE

**The industrial revolution has occurred! Civilization grows rapidly now as breakthroughs are made in energy production, medicine and agriculture. But beware, civilization is also beginning to have a significant impact on the planet.**

Wenn Sie diese Epoche beenden und die Stufe der interstellaren Migration erreichen, wird die gesamte Zivilisation den Planeten verlassen. Danach wird der Planet in ein Tier- und Pflanzenreservat verwandelt und kehrt in die Epoche der Evolution zurück.

In dieser Epoche gehen die Veränderungen sehr schnell vonstatten, so daß der Zeit-/Simulationszyklus auf ein Jahr verkürzt wurde.

Ihre verfügbare Energie wächst in Abhängigkeit von der jeweils erreichten höchsten Entwicklungsstufe unterschiedlich schnell:

- 5 EE je Zeit-/Simulationszyklus im Industriezeitalter
- 6 EE je Zeit-/Simulationszyklus im Atomzeitalter
- 7 EE je Zeit-/Simulationszyklus im Informationszeitalter
- 8 EE je Zeit-/Simulationszyklus im Nanotech-Zeitalter.

Diese Epoche entspricht dem Zeitraum von vor 100 Jahren bis in die Zukunft auf der richtigen Erde.

In dieser Epoche werden in der Reihenfolge ihres Einflusses folgende Faktoren simuliert: Zivilisation, Leben, Biome, Ausbreitung der Intelligenz, Klima und Zusammensetzung der Atmosphäre.

Das Ziel dieser Epoche besteht darin, die Simulationsfaktoren so zu manipulieren, daß die Technik einen Stand erreicht, der es ermöglicht, andere Planeten zu kolonisieren.

Die Lebenszeit Ihres Planeten beträgt nur zehn Milliarden Jahre. Sie sollten versuchen, diese Epoche vor dem Ende Ihres Planeten abzuschließen.

## ZUSAMMENFASSUNG – EPOCHE DER TECHNIK

<b>Zeit-/Simulationszyklus</b>	1 Jahr
<b>Energiezuwachs/Zyklus</b>	5 EE – Industriezeitalter
<b>Energiezuwachs/Zyklus</b>	6 EE – Atomzeitalter
<b>Energiezuwachs/Zyklus</b>	7 EE – Informationszeitalter
<b>Energiezuwachs/Zyklus</b>	8 EE – Nanotech-Zeitalter
<b>Zeit auf der Erde</b>	vor 100 Jahren bis in die Zukunft
<b>Simulierte Faktoren</b>	Zivilisation Leben Biome Klima Zusammensetzung der Atmosphäre
<b>Bedingungen für die Weiterentwicklung</b>	Technische Höherentwicklung, die es ermöglicht, andere Planeten zu kolonisieren.
<b>Optimales Alter für die Weiterentwicklung</b>	Weniger als 10 Milliarden Jahre (bevor der Planet stirbt)

## AUFGABEN

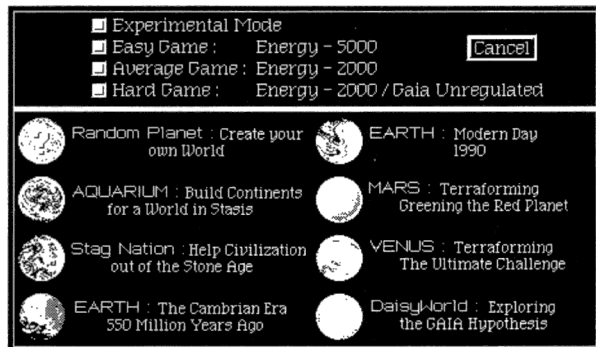
Hindern Sie die vernunftbegabten Wesen daran, sich selbst zu zerstören.  
Verursachen oder verhindern Sie Kriege.  
Eliminieren Sie unerwünschte Technikarten.  
Führen Sie den Planeten in einen Zustand der seligen Unwissenheit zurück.  
Bringen Sie Städte mit unterschiedlichem technischem Niveau näher zusammen und beobachten Sie die Konsequenzen.  
Beherrschen Sie die Umweltverschmutzung.  
Testen Sie den Treibhauseffekt.

Es gibt bei SimEarth sechs vorgegebene Szenarien für Planeten plus das Blumenwelt-Szenarium. Sie lassen sich alle mit niedrigem, mittlerem und hohem Schwierigkeitsgrad sowie im Experimentalmodus spielen.

In jedem Szenarium müssen Sie eine Aufgabe erfüllen. Doch wenn Sie wollen, spielen Sie einfach mit den Welten herum.

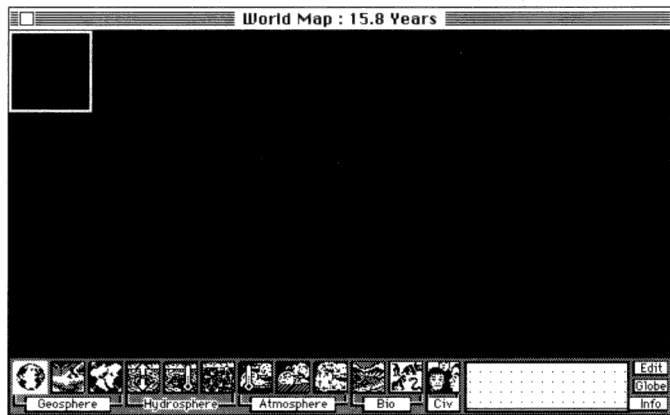
Die Auswahl und der Start der Szenarien erfolgt im FENSTER FÜR NEUE PLANETEN.

## SZENARIEN



Aquarium ist eine Welt, in der sich niemals vernunftbegabtes Leben entwickeln wird. Bei SimEarth können nur an Land lebende Tiere Vernunft entwickeln. Wir hoffen, daß wir keine ausschließlich im Wasser lebenden vernunftbegabten Wesen fremder Welten irgendwo im Universum damit beleidigen, aber soweit uns bekannt ist, kann sich eine Zivilisation nur entwickeln, wenn sie das Feuer kennt und fossile Brennstoffe verbrennt.

Die intelligenten Wesen bei SimEarth brauchen das Land, weil sie Feuer, Werkzeuge und Schmieden benötigen. Wasserlebewesen können Vernunft erlangen, doch sie müssen zur Herstellung von Werkzeugen an Land gehen.



**Problem:** Keine Kontinente

**Epoche:** Evolution

**Ihre Aufgabe:** Erschaffen Sie Kontinente auf diesem Planeten, so daß sich eine Zivilisation entwickeln kann.

**Methoden:** Am einfachsten geht das mit dem Tool "FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE". Der Einsatz von Ereignissen ist eine kreativere Methode. Am elegantesten macht man das allerdings durch Manipulationen mit den MODELLKONTROLL-PANELS.

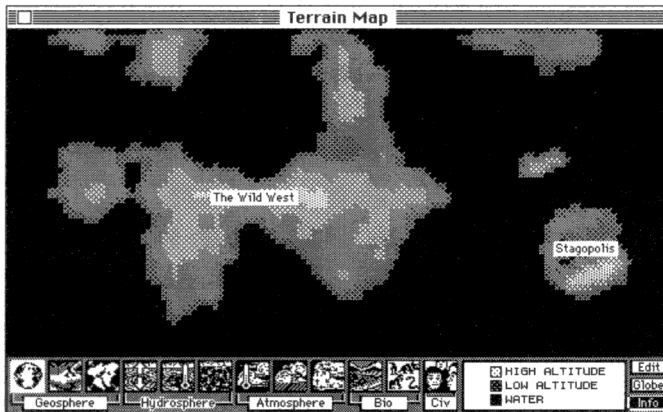
**Hinweise:** Achten Sie darauf, daß Ihre Ozeane über ausreichend Schelfgebiete (flaches Wasser) verfügen. Die Mehrzahl der Meereslebewesen lebt nahe der Oberfläche.

**Anmerkungen:** Aquarium ist ein guter Ausgangspunkt für Leute, die gern ihre eigenen Kontinente entwerfen.



## STAG NATION

Die Zivilisation dieser Welt sitzt in der Steinzeit fest. Alle vernunftbegabten Säugetiere befinden sich auf einer kleinen Insel. Sie haben keinen Platz, um sich auszubreiten, und können keine Energie für einen technischen Sprung entwickeln oder aufwenden.



**Problem:** Population sitzt in der Steinzeit fest.

**Epoche:** Zivilisation

**Ihre Aufgabe:** Helfen Sie der Population bei der Wanderung zu größeren Landmassen, und erhöhen Sie den Wissensstandsstand der Population.

**Methoden:** Für einen wissenschaftlichen Fortschritt ist der Einsatz des KONTROLL-PANELS FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL erforderlich. Die Wanderung lässt sich auf verschiedene Art und Weise ausführen: Aufgreifen der Population und Verlegung auf eine größere Landmasse mit Hilfe des Tools "BEWEGEN", Errichtung einer Landbrücke für die Population mit dem Tool "FESTLEGEN DER HÖHENLAGE", oder Verwendung von Ereignissen.

**Hinweise:** Wenn Sie Ereignisse zur Errichtung einer Landbrücke verwenden, achten Sie darauf, daß Sie dabei Ihre vernunftbegabte Population nicht versehentlich auslöschen.

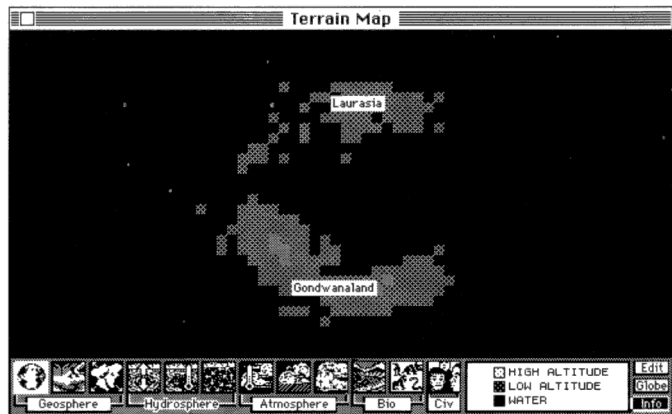
**Anmerkungen:** Wenn Sie keine intelligenten Säuger mögen, können Sie die von ihnen bewohnte Insel auch zerstören und versuchen, eine andere Klasse von Lebewesen mit Vernunftbegabung auszustatten.

## ERDE: DAS KAMBRIUM

Dieses Szenarium spielt sich auf der Erde zu Beginn des Kambriums vor 550 Millionen Jahren ab. Zu jener Zeit entwickelte das Leben auf der Erde explosionsartig eine ungeheure Vielfalt. Pflanzen siedelten sich an Land an, gefolgt von Insekten und anderen Tieren.

In diesem Szenarium folgt die Kontinentaldrift der entsprechenden Kontinentaldrift der Erde. Ausgangspunkt ist der Superkontinent namens Pangäa, der sich in die Urkontinente Gondwanaland und Laurasia aufspaltet.

Schließlich sind die Erdteile zu erkennen, wie sie heute erscheinen. Danach setzt sich die vorprogrammierte Drift anhand wissenschaftlicher Voraussagen für die kommenden ca. 200 Millionen Jahre fort, bis dann die Simulation einsetzt und die weitere Drift steuert.



**Problem:** Leben in der Vergangenheit

**Epoche:** Evolution

**Ihre Aufgabe:** Helfen Sie der Evolution bei der Entwicklung intelligenten Lebens und erleben Sie dabei einen Schnelldurchlauf der Kontinentaldrift unseres Planeten.

**Methoden:** Diesmal können Sie entweder einfach zuschauen oder sich an den einzelnen planetaren Prozessen beteiligen. Die Kontinente driften auf jeden Fall, egal, ob irgendwelche Lebensformen anwesend sind und sie dabei beobachten oder nicht.

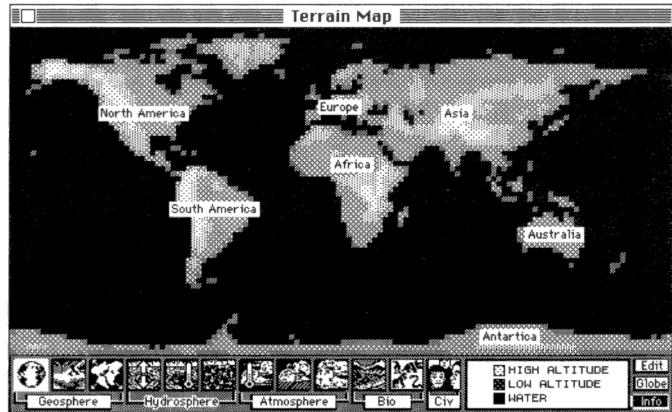
**Hinweise:** Nach mehr als 200 Millionen Jahren in der Zukunft wird die Drift von wissenschaftlichen Voraussagen abweichen und sich in die Abhängigkeit von unserem Simulationsprogramm begeben.

Wenn Sie einen besonders schnellen Ablauf der Kontinentaldrift sehen wollen, klicken Sie die INFOBOX an, und schieben Sie die Maus bei gedrückter Taste langsam hin und her.

Von Ihnen mit Hilfe von Ereignissen ausgelöste Veränderungen der Kontinente werden wieder verschwinden, und die Kontinentaldrift folgt ihrem vorprogrammierten Weg unabhängig davon, was Sie tun.

**Anmerkungen:** Versuchen Sie, Intelligenz/Zivilisation bei Ihrer vernunftbegabten Art zu entwickeln, wenn die Kontinente gerade die Erdneuzeit erreichen. Probieren Sie doch, ob Sie eine Erde mit intelligenten Sauriern schaffen können.

Dieses Szenarium spielt sich auf der heutigen Erde ab. Wir leben in einer Welt mit Umweltverschmutzung, Krieg, Hunger, dem Treibhauseffekt, Energieverknappung und der Möglichkeit eines nuklearen Winters.



**Probleme:** Zu viele, um sie alle hier aufzuführen. Schauen Sie in die Zeitung.

**Epoche:** Technik

**Ihre Aufgabe:** Lösen Sie alle Probleme der Welt und führen Sie uns in eine Zukunft, die sich auszeichnet durch Frieden, Nahrung in Hülle und Fülle, saubere Luft und reichlich vorhandene Energiereserven.

**Methoden:** Wenn ich wüßte, wie alle diese Probleme zu lösen sind, wäre ich Chef der UNO und nicht Autor von Computerspielen.

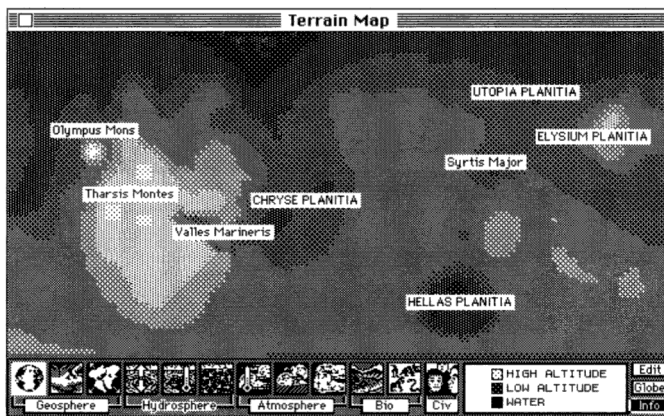
**Hinweise:** Ein Krieg läßt sich bei SimEarth am besten verhindern, wenn man der Philosophie im KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL Energie zuweist. Bei verstärkter Zuweisung an die Landwirtschaft erhöht sich die Nahrungsmittelversorgung. Wird dem Bereich Kunst/Medien Energie zugeteilt, verbessert sich die Lebensqualität. Kriege und Seuchen haben in diesem Szenarium größere Auswirkungen als in der wirklichen Welt.

**Anmerkungen:** Zwar kann dieses Szenarium schwierig sein, doch macht es immer noch mehr Spaß als die Wirklichkeit. Wenn Sie das Geländekartenpiktogramm im KARTENFENSTER anklicken und die Maustaste gedrückt halten, erscheinen die Namen der gerade dargestellten Kontinente. Wenn Sie das Kontinentaldriftpiktogramm im KARTENFENSTER anklicken und die Maustaste gedrückt halten, werden die Namen der wichtigsten tektonischen Platten angezeigt.

# MARS

Für dieses Szenarium sind Sie Bürger einer Gesellschaft auf Nanotech-Niveau. Ihr Heimatplanet ist überbevölkert, und die Bevölkerungszahl nimmt ständig zu.

Als Sie zu Ihrer Arbeitsstelle kommen, finden Sie eine Notiz vom Chef, wonach Sie die Leitung für ein neues Projekt übernehmen sollen. Mit dieser Beförderung verbindet sich auch eine kleine Gehaltserhöhung, aber: Sie werden umziehen müssen, und zwar auf den Mars. Ihre neue Arbeitsaufgabe besteht darin, den Mars in einen für Menschen bewohnbaren Planeten umzuwandeln. Wenn Sie das Projekt nicht innerhalb von 500 Jahren abschließen, werden Sie gefeuert.



**Problem:** Kein Wasser, fast kein Luftdruck, kein Sauerstoff, keine Pflanzen, keine Tiere, nichts – außer Gestein. Die Durchschnittstemperatur beträgt -53 °C.

**Epoche:** Technik

**Ihre Aufgabe:** Terraformieren Sie den Mars und verwandeln Sie ihn so, daß er für eine menschliche Besiedlung geeignet ist. Kolonisieren Sie dann den Planeten.

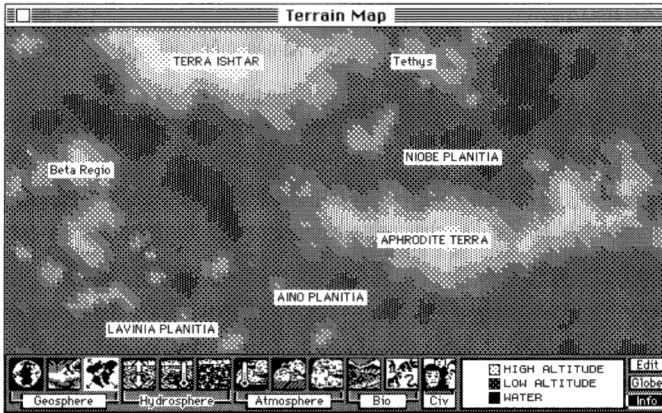
**Methoden:** Um die Aufgabe anspruchsvoller zu machen, wurden die MODELLKONTROLL-PANEL (mit Ausnahme des KONTROLL-PANELS FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL) außer Betrieb gesetzt. Sie benötigen die über das Tool "ANSIEDLUNG VON LEBEWESSEN" zugänglichen TERRAFORMER. Auch die Gaia-Regelung wurde abgeschaltet – kein Leben entsteht spontan. Im REPORTFENSTER erhalten Sie spezielle Informationen über den Fortgang Ihrer Terraformierung.

**Hinweise:** Fangen Sie mit ein paar Eismeteoriten zur Schaffung von Ozeanen an. Beginnen Sie dann mit der Erzeugung von  $\text{CO}_2$  und anderen Treibhausgasen zum Aufbau eines Luftdrucks und lassen Sie den Planeten erwärmen. Nutzen Sie dazu den  $\text{CO}_2$ -Generator, oder noch besser, pflanzen Sie einige Einzeller in den Ozeanen an, denn die sind beim Aufbau einer Atmosphäre effektiver als Terraformer.

**Anmerkungen:** Durch Anklicken und Halten der Maustaste auf der GELÄNDEKARTE im KARTENFENSTER werden verschiedene Punkte auf dem Mars angezeigt. Dabei bezeichnen Namen in Versalien große Regionen, andere dagegen kleinere Regionen oder einzelne Punkte.

## VENUS

Die Venus stellt den höchsten Anspruch bei der Terraformierung in SimEarth. Während der Mars viel zu kalt ist, ist die Venus zum Leben viel zu heiß. Die Durchschnittstemperatur liegt bei 477°C.



**Problem:** Zum Leben zu heiß

**Epoche:** Technik

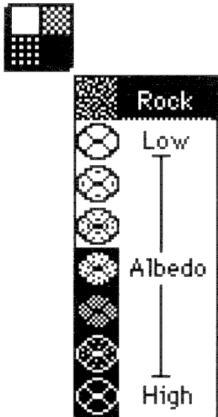
**Ihre Aufgabe:** Lassen Sie diesen Planeten abkühlen und gestalten Sie ihn bewohnbar für Lebensformen der Erde.

**Methoden:** Die MODELLKONTROLL-PANEL (mit Ausnahme des KONTROLL-PANELS FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL) wurden außer Betrieb gesetzt. Sie benötigen die über das Tool "ANSIEDLUNG VON LEBEWESSEN" zugänglichen TERRAFORMER. Auch die Gaia-Regelung wurde abgeschaltet – kein Leben entsteht spontan. Im REPORTFENSTER erhalten Sie spezielle Informationen über den Fortgang Ihrer Terraformierung.

**Hinweise:** Als erstes müssen Sie den Planeten abkühlen. Eismeteore nutzen dabei nichts, aber versuchen Sie es ruhig, wenn Sie möchten. Es ist nämlich so heiß, daß Eismeteore sofort schmelzen und verdampfen. Da Wasserdampf ein Treibhausgas ist, wird es dadurch nur noch heißer.

Zum Abkühlen muß man den Treibhauseffekt verringern. Der Oxygenator entfernt CO<sub>2</sub> (ein Treibhausgas) aus der Atmosphäre. Sobald es kühl genug ist, beginnen Sie mit dem Anlegen von Biomen auf der Venus, die ebenfalls den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft senken helfen. Denken Sie beim Anlegen von Biomen daran, je höher die Erhebung, desto niedriger die Temperatur.

**Anmerkungen:** Durch Anklicken und Halten der Maustaste auf der GELÄNDEKARTE im KARTENFENSTER werden verschiedene Geländennamen und -punkte auf der Venus angezeigt. Dabei bezeichnen Namen in Versalien große Regionen, andere dagegen kleinere Regionen oder einzelne Punkte.



Im Gegensatz zu den anderen Planeten mit vorgegebenem Szenarium wird das Gelände von Blumenwelt nach dem Zufallsprinzip jedesmal neu erzeugt, wenn Sie den Programmteil laden.

Nach der Gaia-Theorie bilden das Leben und die Umwelt zusammen ein System, in dem sich Klima und Zusammensetzung der Atmosphäre selbst regulieren.

Dieses Szenarium beruht auf dem ursprünglichen Blumenwelt-Programm (Daisyworld) von James Lovelock, das von ihm zur Prüfung der Gaia-Theorie entwickelt wurde.

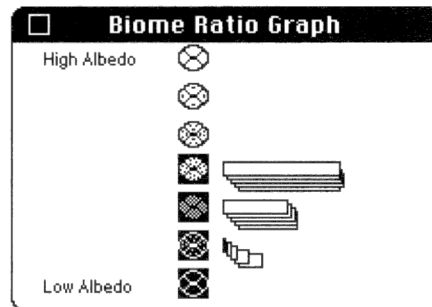
In den letzten 3,6 Milliarden Jahren hat sich die Wärmeabgabe der Sonne um 25 % erhöht, doch blieb die Durchschnittstemperatur der Erde im selben Zeitraum nahezu unverändert.

Der Theorie zufolge hat Gaia die Temperatur geregelt, um die Erde kühl genug zum Leben zu halten. Blumenwelt testet die Fähigkeit Gaias zur Temperaturregulierung.

In der Blumenwelt steigt wie bei allen SimEarth-Planeten und Szenarien (und im wirklichen Leben) die Wärmeabgabe der Sonne ständig an. Wenn die Gaia-Regulierung funktioniert, müßte die Durchschnittstemperatur auf dem Planeten trotz zunehmender Sonneneinstrahlung weitgehend konstant bleiben.

Die Biome haben sich zu acht Schattierungen von Gänseblümchen verändert. Die verschiedenen Schattierungen von weiß bis schwarz bringen die unterschiedlichen Licht- und Wärmemengen zum Ausdruck, die die Temperatur des Planeten regulieren.

Im Tool "BIOM ANLEGEN" stehen Gänseblümchen zur Verfügung. Das Verhältnis der einzelnen Gänseblümchen-Schattierungen läßt sich in der BIOMVERHÄLTNIS-GRAPHIK verfolgen.





**Problem:** Die Sonnenwärme nimmt ständig zu. Wenn es zu keiner Regulierung kommt, verdampfen die Ozeane, und das Leben auf diesem Planeten geht zugrunde.

**Epoche:** Nicht zutreffend.

**Ihre Aufgabe:** Testen Sie die Fähigkeit Gaias zur Temperaturregulierung, und füllen Sie die Welt mit Gänseblümchen.

**Methoden:** Behalten Sie die Temperaturkarte und die Lufttemperaturgraphik im GESCHICHTSFENSTER im Auge, um die Regulierungszyklen zu beobachten.

Im REPORTFENSTER erhalten Sie spezielle Informationen über den Fortgang Ihrer Gänseblümchenzucht.

**Hinweise:** Siedeln Sie Lebensformen auf dem Planeten an, von denen die Gänseblümchen verzehrt werden. Beobachten Sie, wie diese Komplikation die Regulierung beeinflusst.

**Anmerkungen:** An einem bestimmten Punkt kommt es schließlich dazu, daß die inzwischen zu große Sonnenwärme nicht mehr von Gaia reguliert werden kann. Durch Hinzufügen oder Wegnehmen von Landgebieten, auf denen Gänseblümchen leben können, läßt sich dieser Punkt nach vorn oder hinten verschieben.

Achten Sie auch auf die Farbänderungen der Gänseblümchen bei zu- bzw. abnehmender Landmasse.

Versuchen Sie, durch Abtöten eines Großteils der Gänseblümchen die Stabilität des Systems zu testen. Wieviele kann man töten, bevor das System zusammenbricht? Wieviel von der Oberfläche des Planeten muß mit Gänseblümchen bedeckt sein, damit die Regulierung einsetzen kann?

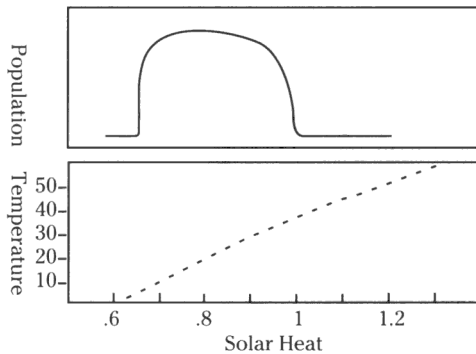
## SO FUNKTIONIERT DIE BLUMENWELT

Die Blumenwelt ist ein Planet wie die Erde, jedoch mit wenigen Wolken und einer konstant niedrigen Konzentration von Treibhausgasen. Die Wärmeabgabe der Sonne dieses Planeten steigt ständig an.

Die Temperatur des Planeten ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der empfangenen Sonnenwärme und dem Wärmeverlust durch Abstrahlung vom Planeten in den Weltraum. Dieses Verhältnis nennt man Albedo.

Der Planet ist ausreichend mit Gänseblümchen besät, deren Wachstumsrate eine Funktion der Temperatur bildet. Vorhanden sind Gänseblümchen in zwei Farben, schwarz und weiß, die nur bei Temperaturen zwischen 5 und 40 °C wachsen, wobei die optimale Wachstumstemperatur 22,5 °C beträgt. Ausgehen kann man davon, daß ausreichend Wasser und Nährstoffe für die Pflanzen vorhanden sind.

Unter Berücksichtigung der Sonnenwärme und der Albedo des Planeten ergeben sich folgende Diagramme.



Das untere Diagramm zeigt die zunehmende Sonnenwärme (Punktlinie). Die Temperatur des Planeten steigt also in direktem Verhältnis zur Sonnenwärme. Im oberen Diagramm ist das Leben auf dem Planeten (Gänseblümchen) im gleichen Zeitraum dargestellt.

Wenn die Temperatur 5 °C erreicht, beginnen die Gänseblümchen zu wachsen. Erreicht sie 40 °C, sterben alle ab.

Nun fügen wir dem System die Albedo der Gänseblümchen (Verhältnis zwischen auftreffender und zurückgeworfener Wärme bzw. auftreffendem und zurückgeworfenem Licht) hinzu.

Wenn die Temperatur des Planeten 5 °C erreicht, beginnen die Gänseblümchen zu wachsen. In der ersten Wachstumsperiode werden die schwarzen Blumen besser wachsen, da sie nämlich wärmer sind als die Planetenoberfläche (dunkle Farben absorbieren Wärme). Die weißen Gänseblümchen wachsen nicht so gut, da sie Wärme reflektieren und damit kälter als die Oberfläche des Planeten sind.

Am Ende der ersten Periode befinden sich dann viel mehr Samen von schwarzen Blumen im Boden, die dann bald wachsen. Mit der Ausbreitung der schwarzen Gänseblümchen erwärmen diese nicht nur sich selbst, sondern den gesamten Planeten.

Mit der Zeit steigt die Temperatur des Planeten aufgrund der Erwärmung sowohl durch die schwarzen Gänseblümchen als auch durch die Sonne auf 22,5 °C. Da die schwarzen Blumen wärmer sind als der Planet, liegen sie über ihrer optimalen Lebenstemperatur, und ihre Wachstumsrate wird sich verlangsamen.

Aufgrund der Tatsache, daß die weißen Gänseblümchen kühler sind als der Planet, beginnen sie bei zunehmender Temperatur besser zu wachsen. Sind ausreichend weiße Blumen vorhanden, reflektieren sie genug Wärme, um den Planeten abzukühlen.

Das Ergebnis ist in den beiden folgenden Diagrammen zu sehen.

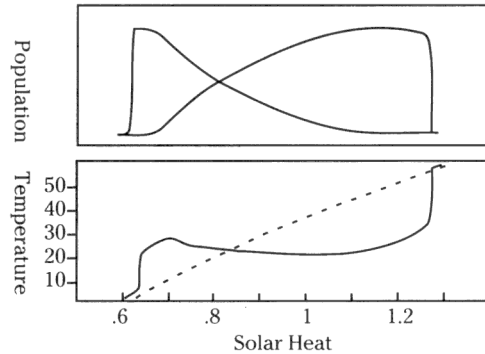
Dabei zeigt das untere Diagramm weiterhin dieselbe Zunahme der Sonnenwärme (Punktlinie). Ferner dargestellt sind die von der Anwesenheit der Gänseblümchen beeinflussten Planetentemperaturen (durchgehende Linie).

Das obere Diagramm zeigt die Population der beiden Typen von Gänseblümchen. Ist es kälter, wachsen die schwarzen besser, und wenn es wärmer wird, wachsen die weißen besser.

Am Ende wird die Sonnenwärme so groß, daß die weißen Blumen nicht mehr genug Wärme zur Abkühlung des Planeten reflektieren können.

Wichtig ist hier die Feststellung, daß das Leben auf dem Planeten dessen Klima so beeinflusst, daß es dem Leben zum Vorteil gereicht. Es hat die Temperatur reguliert, und dadurch hat sich die Überlebenszeit für das gesamte Leben fast verdoppelt.

Zwar handelt es sich hierbei nur um eine einfache Demonstration, die sich nur mit einer Lebensform und einem Klimafaktor befaßt, doch zeigt sich deutlich die zweiseitige Beziehung zwischen Leben und Umwelt.



# SIMULATION KONKRET EREIGNISSE

Als Ereignisse werden erwähnenswerte Geschehnisse auf Ihrem Planeten bezeichnet. Sie treten von der Simulation gesteuert willkürlich ein, und Sie können die meisten von ihnen mit dem Tool "EREIGNISSE AUSLÖSEN" im EDITIERFENSTER in Gang setzen.

Die Energiekosten für das Auslösen eines Ereignisses betragen 50 EE.

Bei SimEarth können 11 Ereignisse manuell ausgelöst werden:



**HURRIKAN** – Ein Hurrikan ist ein tro-

pischer Wirbelsturm mit Windstärken von 119 km/h und darüber, gewöhnlich mit Regen und Gewitter. Hurrikane können Flutwellen auslösen.

Sie können Städte auslöschen und sehr viel Leben vernichten. Bei SimEarth werden Hurrikane durch warme Ozeane bewirkt. Die einzige Möglichkeit, sich vor ihnen zu schützen, besteht darin, die Ozeane kühl zu halten.

Sie können Hurrikane zur Erhöhung der Niederschlagsmenge in bestimmten Regionen Ihres Planeten verwenden.



**FLUTWELLE** – Ungewöhnlich hohe

Meereswelle, die durch Erdbeben, starke Winde, Hurrikane, Vulkane oder Meteoreinschlag ausgelöst werden kann.

Flutwellen können Küstenstädte und Landlebewesen vernichten. Im allgemeinen verlaufen sie von tieferen zu flacheren Gewässern.

Flutwellen sind nützlich für die Eliminierung unerwünschter Küstenstädte.



**METEOR** – Meteore sind riesige

Gesteinsbrocken aus dem Weltraum, die auf dem Planeten aufschlagen, großen Schaden anrichten sowie an Land zu Kratern und auf See zu Flutwellen führen.

An Land einschlagende Meteore senden Staub in die Luft. Zuviel Staub verdeckt die Sonne und führt zur Vernichtung von Leben. In Wasser einschlagende Meteore schicken Wasserdampf in die Luft, wodurch sich die Regenmenge erhöht. Meteoriten haben auch Auswirkungen auf den Magmafluß.

Meteore sind nützlich für das Auffüllen der Atmosphäre mit Wasserdampf (erhöhter Niederschlag), die Schaffung von Seen in großen Landmassen und die Vernichtung unbeliebter Lebensformen.



**VULKAN** – Ein Vulkan ist eine Öffnung in

der Planetenkruste, durch die ein Fluß aus geschmolzenem Gestein an die Oberfläche gelangt. Durch Vulkane kommt es zur Anhebung von Geländeabschnitten, und es entstehen Berge an Land und Inseln im Meer. Ozeanvulkane können Flutwellen auslösen. Weniger folgenreiche Auswirkungen haben Vulkane auf einem jungen Planeten mit großem Kern.

In SimEarth handelt es sich bei Vulkanausbrüchen um riesige Eruptionen, die wirkliche Naturereignisse auf der Erde aus der jüngsten Zeit wie z.B. Krakatau wie einen Knallfrosch erscheinen lassen.

Durch Vulkane gelangen große Staubmengen in die Luft, die die Sonne verdecken und zur Vernichtung von Leben führen. Außerdem geben sie sehr viel Kohlendioxid an die Luft ab, was zwar für Pflanzen gut ist, ab einem bestimmten Punkt jedoch den Tieren schadet.

Vulkane sind nützlich für die Schaffung von Inseln und Bergen und für die allgemeine Schädigung von Lebensformen.



**ATOMTEST** – “Atomtest” wird hier

allgemein das Abfeuern von Atombomben genannt. Dazu kommt es auf “natürliche” Weise bei Kriegen zwischen einzelnen Gruppen Ihrer vernunftbegabten Art.

Atomtests verursachen große Schäden, setzen radioaktive Strahlung frei und bringen große Staubmengen in die Atmosphäre. Zu viele Atomtests können einen nuklearen Winter auslösen, der zu einer Massenvernichtung von Leben führt.



Radioaktiv verseuchte Gebiete sind mit

diesem Symbol gekennzeichnet.

Atomtests lassen sich als Zerstörungsinstrument und zum Testen der Auswirkungen eines nuklearen Winters einsetzen.



## **BRAND** – Brände entstehen, wenn der

Sauerstoffgehalt Ihrer Atmosphäre zu hoch ist. Halten Sie also Ihren Sauerstoffpegel niedrig, um sich vor Bränden zu schützen.

Brände sind nützlich für die Regulierung des Sauerstoffs in Ihrer Atmosphäre und für die Auslösung allgemeiner Zerstörungen.



## **ERDBEBEN** – Große Erschütterung eines

Gebietes auf dem Planeten. Wenn Sie auf die Option "Erdbeben auslösen" gehen, erscheint ein Untermenü, mit dem Sie die Richtung der vom Erdbeben aufgewandten Energie auswählen können. Dadurch können Sie die Kontinentaldrift beeinflussen. Erdbeben unter Wasser führen zu Flutwellen.

Wenn Erdbeben auf natürliche Weise bei SimEarth stattfinden, treten sie an Plattengrenzen (Nahtstellen von zwei Landmassen) auf. Um Erdbebenschäden zu vermeiden, siedeln Sie Städte nicht in der Nähe von Plattengrenzen an. Sie finden diese Grenzen auf dem MAGMA-Display im EDITIERFENSTER. Wenn in verschiedene Richtungen weisende Pfeile nebeneinander liegen, befindet sich an dieser Stelle eine Plattengrenze.

Bei SimEarth sind Erdbeben recht nützliche Ereignisse. Sie lassen sich zur Beeinflussung der Bewegung von Landmassen und zur Veränderung des Magmaflusses einsetzen. Wenn man zwei Landmassen sich aufeinander zubewegen läßt, kann man damit ein prima Gebirge erschaffen.

Um die Auswirkungen Ihres Erdbebens auf den Planeten vorher leicht bestimmen zu können, schalten Sie vor dem Auslösen die MAGMA-Schicht im EDITIERFENSTER an und beobachten Sie, wie sich die Richtung der Magmaflußpfeile ändert.

Dabei handelt es sich eigentlich um einen Ablauf, der genau umgekehrt ist wie in der richtigen Welt. Wir haben Ursache und Wirkung vertauscht. In Wirklichkeit entstehen Erdbeben durch die Bewegung der Plattengrenzen und führen zu keiner Entstehung oder Veränderung des Magmaflusses. Die Sache ist also nicht ganz exakt, aber trotzdem macht es Spaß, damit Gebirge entstehen zu lassen.



## SEUCHE – Seuchen sind äußerst

gefährliche Krankheiten, die ganze Städte auslöschen können und auf nahegelegene Städte übergreifen. Sie treten häufiger in Gebieten mit niedrigem Technikstand auf, können sich jedoch, wenn sie erst einmal dort in Erscheinung treten, auf nahegelegene Gebiete mit hohem Technikstand ausbreiten.

Zur Verhinderung von Seuchen müssen Sie in die Medizin im KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL investieren.

Mit Seuchen läßt sich ausschließlich eine Vernichtung bewirken.



## KRIEG – Kriege können nicht mit dem

Piktogramm "EREIGNISSE AUSLÖSEN" ausgelöst werden. Bei SimEarth sind Kriege sowohl Schlachten zwischen Städten als auch Aufstände und Revolutionen innerhalb von Städten.

Ursache von Kriegen ist oft der Kampf um Ressourcen wie fossile und atomare Brennstoffe. Dabei handelt es sich um einen sich selbst regulierenden Prozeß: Städte werden zu groß, zu eng und zu schnell für die städtische Energieversorgung. Also führen sie Krieg um Brennstoffe. Sie bringen einander so lange um, bis nur noch so viele übrig sind, die von den noch vorhandenen Brennstoffreserven leben können. Dann wird Frieden geschlossen.

Manchmal kommt es einfach so zu Kriegen. SimEarth-Bewohner können nämlich genauso dumm sein wie Erdbewohner.

Weltkriege treten bei höherem Technikstand auf und bestehen aus zahlreichen Schlachten überall auf dem Planeten.

Kriege lassen sich nur verhindern bzw. in ihrer Zahl und Wirkung einschränken, wenn man Energie für die Philosophie im KONTROLL-PANEL FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL einsetzt.



## UMWELTVERSCHMUTZUNG – Ereignisse

im Zusammenhang mit Umweltverschmutzung sind warnende Anzeichen, daß die Verschmutzung in einem Gebiet Ihres Planeten lebensbedrohende Ausmaße erreicht hat.

Ursache für diese Ereignisse sind vorrangig industrielle Abfallprodukte und Schadstoffe, und sie lassen sich nur durch Investitionen in umweltfreundliche Energiequellen verhindern und eindämmen.

Ereignisse im Zusammenhang mit Umweltverschmutzung können nicht mit dem Tool "EREIGNISSE AUSLÖSEN" ausgelöst werden, wenn Sie jedoch eines herbeiführen möchten, investieren Sie einfach in großem Umfang in fossile Brennstoffe.



**VERLASSEN DES PLANETEN** – Wenn die

vernunftbegabten SimEarth-Bewohner ein ausreichend hohes Entwicklungsniveau erreichen, verlassen sie den Planeten, um andere Welten zu kolonisieren. Der Planet wird dann "in den Ruhestand versetzt" und erhält den Status eines Naturschutzgebietes, das man besuchen kann und das gepflegt wird.



## THE EXODUS

**With the advent of nano-technology, all levels of society gain access to scientific benefits. The stars are now only a short step away. Whole cities are fitted with engines to launch them skyward, and the Exodus begins. The home world becomes a nature preserve, allowing evolution to continue.**

An diesem Punkt kehrt der Planet zur Evolutionsepoche zurück, und der Wettlauf um die Vernunftbegabung beginnt erneut.

Das Ereignis "Verlassen des Planeten" bei SimEarth kommt vergleichsweise einem "Spielgewinn" am nächsten.



Die Geosphäre bei SimEarth simuliert Planetenbildung, Planetenabkühlung, Kontinentaldrift, vulkanische Aktivität und Erosion. Eine Erläuterung der Geologie und der Atmosphäre auf der wirklichen Erde vermittelt der Abschnitt "Einführung in die Erdwissenschaften" des vorliegenden Handbuchs.

## GEOSPHERE

### PLANETENBILDUNG

SimEarth simuliert einen Planeten von dem Zeitpunkt an, nachdem sich interstellarer Staub zu einem massiven Klumpen mit geschmolzenem Kern verdichtet hat. Die Oberfläche ist zwar fest, doch ist die Oberflächentemperatur noch sehr hoch. Die Atmosphäre besteht größtenteils aus Dampf.

Durch die Fließströme im geschmolzenen Kern kommt es zu einer Bewegung von Teilen der festen Oberfläche des Planeten, die dann aufeinanderprallen. Dabei entstehen riesige Berge und tiefe Gräben.

### ABKÜHLUNG DES PLANETEN

Mit der Zeit verfestigt sich der Planetenkern zu einer plastischen Konsistenz und vergrößert sich mit zunehmendem Alter des Planeten. Die Geschwindigkeit der Kernbildung lässt sich im KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPHERENMODELL einstellen.

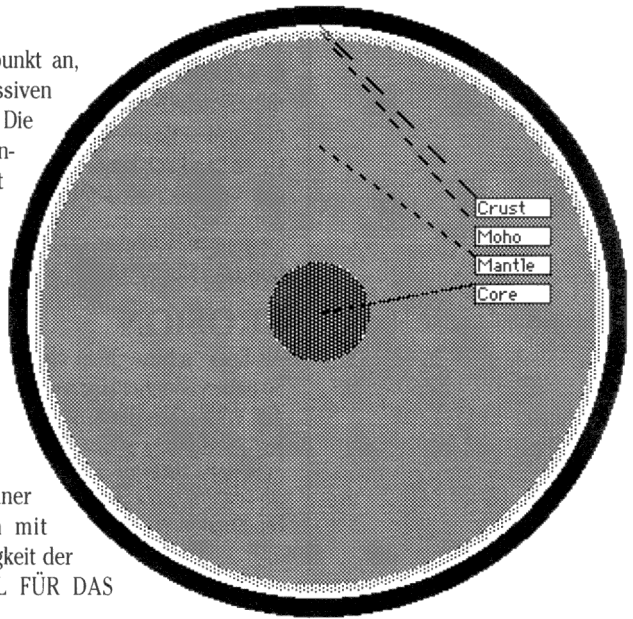
Je größer der Kern, desto kleiner die Magmaschicht. Je kleiner die Magmaschicht, desto langsamer die Magmaströme und desto langsamer die Kontinentaldrift.

### KONTINENTALDRIFT

Als Kontinentaldrift bezeichnet man die Bewegung der festen Kruste des Planeten auf dem flüssigen Magma im Planeteninneren. Je schneller und stärker die Magmaströme, desto schneller die Drift. Außerdem wird die Kontinentaldrift von der Kernwärme beeinflusst. Die Geschwindigkeit der Kontinentaldrift lässt sich im KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPHERENMODELL einstellen.

### KERNWÄRME

Die Kernwärme ist die Temperatur des Planetenkerns. Je größer die Kernwärme, desto größer und folgenreicher die Vulkane. Und je wärmer der Kern, desto stärker ändert sich die Richtung des Magmaflusses. Die Kernwärme lässt sich im KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPHERENMODELL einstellen.



## **OZEANBILDUNG**

Der Planet kühlt schließlich soweit ab, daß der in der Atmosphäre befindliche Dampf kondensieren und Ozeane bilden kann. Nach der Ozeanbildung ist Ihr Planet bereit, Leben zu entwickeln.

## **VULKANISCHE AKTIVITÄT**

Vulkane sind Öffnungen in der Planetenoberfläche, durch die Magma an die Oberfläche fließen kann. In SimEarth handelt es sich bei Vulkanausbrüchen um riesige Eruptionen, die vulkanische Aktivitäten der jüngsten Zeit wie z.B. Krakatau wie einen Knallfrosch erscheinen lassen. Im Wasser befindliche Vulkane können Inseln schaffen. Treten sie an Land auf, können sie große Berge entstehen lassen. Häufigkeit und Intensität von Vulkanen werden unmittelbar von der Kernwärme beeinflusst.

Sie können Häufigkeit und Intensität von Vulkanen auch mit dem KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPHERENMODELL steuern.

## **EROSION**

Als Erosion bezeichnet man die "Glättung" des Geländes durch Wind und Wasser. So haben neuere Planeten mehr höhere und stärker gezackte Gebirge als ältere, die den Wirkungen der Erosion schon länger ausgesetzt sind. Zudem führt die Erosion zur Entstehung großer Festlandsöckel. Die Erosionsgeschwindigkeit läßt sich im KONTROLL-PANEL FÜR DAS GEOSPHERENMODELL einstellen.

Die Erosion vergrößert den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre.

# ATMOSPÄRE

Die Atmosphäre bei SimEarth besteht aus vier Gasen – Stickstoff ( $N_2$ ), Sauerstoff ( $O_2$ ), Kohlendioxid ( $CO_2$ ) und Methan ( $CH_4$ ) – sowie Wasserdampf ( $H_2O$ ) und Staubteilchen.

## STICKSTOFF

Stickstoff, das am häufigsten vorkommende Gas in der Atmosphäre, wird durch geochemische Reaktionen mit der Luft aus dem Boden freigesetzt und in den Boden durch Mikroben absorbiert. Auch Vulkane geben Stickstoff in die Atmosphäre ab.

## SAUERSTOFF

Sauerstoff wird bei der Photosynthese von Pflanzen und Mikroben in die Atmosphäre abgegeben und von Tieren und Feuer aufgebraucht. Befindet sich zu wenig Sauerstoff in der Atmosphäre (<15 %), kann die Fauna nicht überleben. Bei zu viel Sauerstoff (>25 %) brechen überall auf dem Planeten Brände aus. Brände wirken als Sauerstoff-Regulator.

## KOHLENDIOXID

Kohlendioxid wird durch geochemische Reaktionen und Erosion in die Atmosphäre freigesetzt und von Pflanzen und Mikroben absorbiert. Bei zu wenig Sauerstoff (<0,1 %) können Pflanzen nicht überleben. Kohlendioxid ist ein Treibhausgas und führt auf der Grundlage des Treibhauseffekts zur globalen Erwärmung. Dazu kommt es, wenn Ihr  $CO_2$ -Gehalt 1 % übersteigt.

## METHAN

Methan wird von Bakterien (Prokaryoten) in die Atmosphäre abgegeben. Es ist ein Treibhausgas und trägt zur globalen Erwärmung durch den Treibhauseffekt bei.

## WASSERDAMPF

Wasserdampf – ein Treibhausgas – entsteht warmen Ozeanen und Seen und kehrt als Niederschlag auf Land und Meere zurück. Durch Hurrikane und in die Ozeane einschlagende Meteore erhöht sich der Wasserdampfanteil in der Atmosphäre.

## STAUBTEILCHEN

Staub gelangt durch vulkanische Aktivität, Brände, Kernexplosionen und Meteoreinschläge in die Luft. Zu viel Staub in der Atmosphäre blockiert die Sonneneinstrahlung und führt zu einer Abkühlung des Planeten und zur Massenvernichtung von Leben.

## **LUFTDRUCK**

Der Luftdruck ist ein Maß dafür, wieviel Atmosphäre sich dem Gewicht nach um den Planeten herum befindet. Auf der wirklichen Erde beträgt der Luftdruck 1,0 Atmosphären. Bei höherem Luftdruck kann ein Planet die Wärme besser zurückhalten.

## **VERFOLGUNG DER ATMOSPHÄRE**

Sie können die Zusammensetzung Ihrer Atmosphäre in der GRAPHIK FÜR ATMOSPHÄRENZUSAMMENSETZUNG verfolgen.

## **KLIMA**

Das Klima ist bei SimEarth viel einfacher gestaltet als das auf der wirklichen Erde. Bei der Klimamodellgestaltung werden bei SimEarth vor allem Luftströmungen, die Lufttemperatur und der Niederschlag berücksichtigt.

Beeinflussende Faktoren für Luftströmungen, Lufttemperatur und Niederschlag sind Meerestemperatur, Ozeanströmungen, Sonneneinstrahlung, Wolkenbildung, Wolkenalbedo, Oberflächenalbedo, Treibhauseffekt, Wärmeübertragung Luft-See und Luftdruck.

Außerdem haben Gletscher aufgrund ihrer Fähigkeit, den Planeten zu kühlen, einen indirekten Einfluß auf das Klima. Zur Bildung von Gletschern sind kalte Ozeane erforderlich.

Wie auf der richtigen Erde nimmt auch bei SimEarth die Sonnenwärme langsam zu.

### **LUFTSTRÖMUNGEN**

Die Winde auf dem Planeten.

### **LUFTTEMPERATUR**

Lufttemperatur im Jahresdurchschnitt. Die hier dargestellte Wärme stammt in erster Linie von der Sonne, und in zweiter Linie von warmen Ozeangebieten.

### **NIEDERSCHLAG**

Niederschlagsmenge auf dem Planeten (alle Arten von Niederschlag).

### **MEERESTEMPORATUR**

Ozeantemperatur im Jahresdurchschnitt. Meistens entspricht sie in etwa der Lufttemperatur, verändert sich aber wesentlich langsamer.

### **OZEANSTRÖMUNGEN**

Die Oberflächenströmungen der Ozeane.

### **SONNENEINSTRALHUNG**

Energiemenge, die den Planeten von der Sonne erreicht.

### **WOLKENBILDUNG**

Die aus einer bestimmten Verdunstungsmenge gebildete Wolkenmenge.

### **WOLKENALBEDO**

Reflektionsfähigkeit der Wolken, welche die durch die Wolken auf den Planeten gelangende Sonnenlichtmenge (Wärme) bestimmt.

### **OBERFLÄCHENALBEDO**

Reflektionsfähigkeit von Oberflächenbiomen, und damit die von ihnen nicht durchgelassene Sonnenlichtmenge (Wärme).

## **TREIBHAUSEFFEKT**

Führt zur Erwärmung des Planeten. Der Treibhauseffekt wird von bestimmten Gasen verursacht, die eine Infrarotabstrahlung verhindern. Dadurch verbleibt ein größerer Anteil der Sonnenwärme in der Atmosphäre und erwärmt so den gesamten Planeten. Bei SimEarth sind die Treibhausgase Wasserdampf ( $H_2O$ ), Methan ( $CH_4$ ) und Kohlendioxid ( $CO_2$ ).

## **WÄRMEÜBERTRAGUNG LUFT-MEER**

Geschwindigkeit, mit der Luft und Ozean Wärme austauschen können.

## **LUFTDRUCK**

Maß dafür, wieviel Atmosphäre sich dem Gewicht nach um den Planeten herum befindet. Auf der wirklichen Erde beträgt der Luftdruck 1,0 Atmosphären. Bei höherem Luftdruck kann ein Planet die Wärme besser zurückhalten.

## **KLIMABEEINFLUSSUNG**

Sie können die Klimamodellgestaltung von SimEarth durch Veränderung der Einstellungen auf dem KONTROLL-PANEL FÜR DAS ATMOSPÄRENMODEL beeinflussen.

In bezug auf das SimEarth-Modell umfaßt "Leben" jede Art von Pflanze oder Tier auf Ihrem Planeten.

Zwar wurden Anzahl und Vielfalt von Pflanzen, Tieren, Nischen und Biomen bei SimEarth beschränkt, damit das Modell auf einen Heimcomputer paßt, doch reichen sie aus, um die Prinzipien einer Planetengestaltung zu demonstrieren.

## ENTSTEHUNG VON LEBEN BEI SIMEARTH

Einziger notwendiger Faktor für die Bildung von Leben bei SimEarth ist ein tiefes Meer (tiefer als 2500 m) oder ein Ozean (1000 bis 2500 m tief). Wir gehen davon aus, das alle erforderlichen chemischen Stoffe und Elemente vorhanden sind.

Ozeane bilden sich, sobald der Planet abkühlt, und wenn es einen tiefen Ozean gibt, entsteht Leben.

Auf der wirklichen Erde ist die Entstehung des Lebens viel komplizierter und noch immer sehr umstritten.



## LEBEN BEI SIMEARTH

Das Leben bei SimEarth ist viel einfacher und weniger mannigfaltig als auf der richtigen Erde. Bei SimEarth gibt es 15 Klassen von Lebewesen mit je 16 Arten. Die wirkliche Erde besitzt Millionen von Arten.

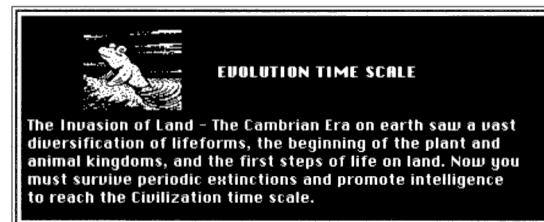
Bei SimEarth gibt es sieben Biome, auf der wirklichen Erde viele mehr.

## EVOLUTION BEI SIMEARTH

Die Evolution ist bei SimEarth von vielen Faktoren abhängig. So müssen für die Entwicklung von Leben im Meer flache Küstensockel vorhanden sein. Voraussetzung für Landlebewesen ist eine entsprechende Atmosphäre mit genügend Kohlendioxid und Sauerstoff sowie ausreichendem Luftdruck. Die Luft- und Wassertemperatur muß sich in für die Lebensfähigkeit erforderlichen Grenzen bewegen, und es müssen genügend geeignete Biome vorhanden sein, in denen sich die Lebewesen entwickeln.

Das Leben entwickelt sich von einfachen zu komplizierteren und, hoffentlich, intelligenten Formen.

Die evolutionäre Entwicklung hängt auch von der Populationsgröße ab. Je mehr Exemplare einer Lebensform Sie auf Ihrem Planeten haben, desto wahrscheinlicher ist es, daß sich diese Lebensform auf ein höheres Niveau entwickelt.



SimEarth-Bewohner können in zwei unterschiedlich großen Schritten auf dem Weg zur Intelligenz voranschreiten, und zwar durch AUFSTIEG und durch MUTATION.

**AUFSTIEG** ist ein kleiner Schritt nach oben, zwar zu einer komplexeren Art, aber innerhalb derselben Klasse. Die AUFSTIEGSGESCHWINDIGKEIT läßt sich im KONTROLL-PANEL FÜR DAS BIOSPHÄRENMODELL einstellen.

Eine **MUTATION** ist ein großer Schritt und ein Sprung in eine neue Klasse von Lebewesen.

## KONKURRENZ

Innerhalb des Evolutionsprozesses gibt es Konkurrenzkämpfe. Wenn zwei Lebensformen an derselben Stelle landen, tötet die höherentwickelte Form die andere. Bei der Feststellung, welche Lebensform eine höhere Entwicklungsstufe aufweist, spielen neben weiteren kleineren Faktoren die Klasse, die Art und der IQ jeder Lebensform eine Rolle. Einige dieser Faktoren verändern sich mit der Zeit und mit dem Planeten, so daß es keine feste Rangeinteilung für die einzelnen Lebensformen geben kann.

Wenn eine neue, höhere Klasse von Lebenswesen mutiert, erhält sie Vorrang über alle niederen Formen.

## BIOME BEI SIMEARTH

Bei SimEarth stehen sieben Biome zur Verfügung. Hinzu kommt GESTEIN, wodurch das Fehlen eines Bioms an einem bestimmten Standort angezeigt wird. Zum Überleben und zur Ausbreitung benötigen Biome Kohlendioxid und Niederschlag.



**GESTEIN** – Kein Biom.



**ARKTIS** – Kann in einem kalten und trockenen Klima überleben.



**TAIGA** – Kann bei niedrigen Temperaturen und mäßigem bis hohem Niederschlag überleben.



**WÜSTE** – Kann bei gemäßigten bis hohen Temperaturen und sehr wenig Niederschlag überleben.





**GEMÄSSIGTES GRASLAND** – Kann in Gebieten mit gemäßigten Temperaturen und mäßigem Niederschlag überleben.



**WALD** – Kann bei gemäßigten Temperaturen und hohem Niederschlag überleben.



**URWALD** – Kann bei hohen Temperaturen und hohem Niederschlag überleben.



**SUMPF** – Kann bei hohen Temperaturen und mäßigem Niederschlag überleben.

#### ÜBERSICHT BEVORZUGTE LEBENSBEDINGUNGEN FÜR BIOME

	<b>TROCKEN</b> (<30 cm/Jahr)	<b>MÄSSIG</b> (30-90 cm/Jahr)	<b>FEUCHT</b> (>90 cm/Jahr)
<b>KALT</b> (<0 °C)	Arktis	Taiga	Taiga
<b>GEMÄSSIGT</b> (0-25 °C)	Wüste	Gem. Grasland	Wald
<b>HEISS</b> (>25 °C)	Wüste	Sumpf	Urwald

Die bevorzugten Lebensbedingungen für Biome werden außerdem von der Höhenlage und vom CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre beeinflusst.

#### LEBENSFORMEN BEI SIMEARTH

Bei SimEarth sind 15 Klassen von Lebewesen vertreten, und zwar acht Klassen von Landbewohnern und 7 Klassen von Meeresbewohnern. Im Tool "ANSIEDLUNG VON LEBEWESEN" stehen jedoch nur 14 davon zur Verfügung. Die 15. Klasse, nämlich Carnifarne – das sind mobile, fleischfressende Pflanzen, die eine gewisse Intelligenz entwickeln können, – entstehen manchmal durch Evolution.

Jede Klasse besteht aus 16 Arten. Insgesamt gibt es bei SimEarth 240 Arten. Wenn eine Klasse von Lebewesen die 16. Art erreicht, wird sie vernunftbegabt. Von vielen Klassen werden Sie nie die 16. Art erleben, es sei denn, Sie können dieser Klasse helfen, Intelligenz zu entwickeln.

Nachfolgend eine Erläuterung der einzelnen Klassen von Lebewesen sowie jeweils eine Graphik mit allen 16 Arten der jeweiligen Klasse. Ebenfalls dargestellt sind die möglichen evolutionären Aufstiege und Mutationen. Der Aufstieg erfolgt in Schritten von links nach rechts über alle Arten der Klasse, d.h., von der einfachsten zur am höchsten entwickelten (intelligenten) Art. Bei einer Mutation, die als Schritt nach oben dargestellt ist, kommt es zu einem Sprung in eine neue Klasse.

Mutieren können nur bestimmte Arten innerhalb einer Klasse von Lebewesen, und es gibt viele evolutionäre Sackgassen.

## KLASSEN VON MEERESBEWOHNERN



**PROKARYOTEN** – Einfache einzellige Lebewesen ohne ausgeprägten Zellkern. Dazu gehören Bakterien und Blaualgen. Prokaryoten geben Methan an die Atmosphäre ab. Bei SimEarth werden alle Prokaryoten als anaerobe, Methan verbrauchende Organismen behandelt, was eine extreme Vereinfachung ist.

Die acht am höchsten entwickelten Prokaryoten-Arten können zu Eukaryoten mutieren.



**EUKARYOTEN** – Einzellige Lebewesen mit Zellkern. Dazu gehören alle Einzeller mit Ausnahme der Prokaryoten. Bei SimEarth werden alle Eukaryoten als aerobe, Photosynthese betreibenden Organismen behandelt, was eine extreme Vereinfachung ist.

Eukaryoten entstehen aus Prokaryoten. Die vier am höchsten entwickelten Arten von Eukaryoten können zu Radiaten mutieren.





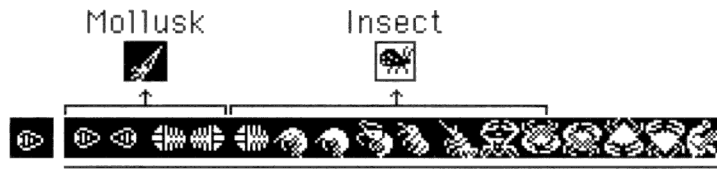
**RADIATEN** – Einfache, radialsymmetrische Mehrzeller mit eindeutigen Gewebeschichten (höchstens drei), aber ohne ausgeprägte innere Organe, Kopf oder Zentralnervensystem. Dazu gehören Quallen und Seeanemonen.

Radiaten entstehen aus Eukaryoten. Die ersten acht Arten von Radiaten können zu Arthropoden und die folgenden vier Arten zu Trichordaten mutieren.



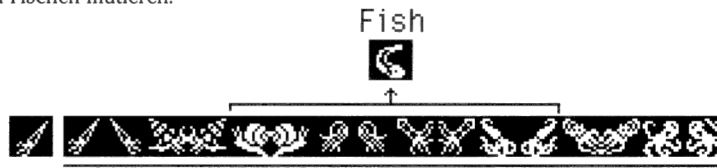
**ARTHROPODEN** – Tiere mit Gliederfüßen und hartem Außenskelett. Dazu gehören Krabben, Hummer und Krebse. (Spinnen, Skorpione, Hundertfüßler, Tausendfüßler und Insekten sind zwar auch Arthropoden, leben aber an Land.)

Arthropoden entstehen aus Radiaten. Die ersten vier Arten von Arthropoden können zu Mollusken und die nächsten acht zu Insekten mutieren.



**MOLLUSKEN** – Recht komplexe Tiere, meist mit Schale. Dazu gehören Schnecken, Venusmuscheln, Austern, Kammuscheln, Kraken und Kalmare.

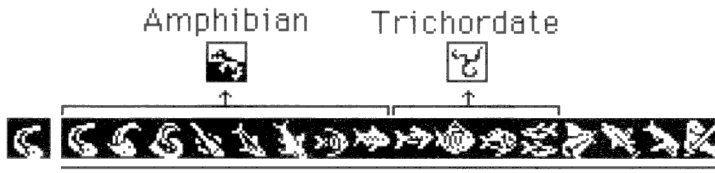
Mollusken entstehen aus Arthropoden. Die mittleren acht Arten von Mollusken können zu Fischen mutieren.





**FISCHE** – Hochentwickelte und komplexe Meeresbewohner mit innerem Knochenskelett.

Fische entstehen aus Mollusken. Die ersten acht Fischarten können zu Amphibien und die nächsten vier Arten zu Trichordaten mutieren.



**ZETAZEEN** – Meeressäuger mit hochentwickeltem Nervensystem. Dazu gehören Wale, Delphine und Tümmler. Zetazeen leben sehr gut in Urwald-Biomen, wie in der Übersicht der Klasse der Lebewesen und ihrer bevorzugten Biome dargestellt. Eigentlich leben sie natürlich in den Flüssen und Nebenflüssen des Urwalds, die aber so klein sind, daß sie im EDITIERFENSTER nicht gezeigt werden können.

Zetazeen entstehen aus Säugetieren. Die letzten vier Arten von Zetazeen können wieder zu Säugetieren zurückmutieren.

Zetazeen entstehen aus Säugetieren. Die letzten vier Arten von Zetazeen können wieder zu Säugetieren zurückmutieren.

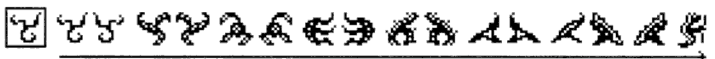


## KLASSEN VON LANDLEBEWESEN



**TRICHORDATEN** – Trichordaten waren eine Tierklasse mit drei Wirbelsäulen. Auf der richtigen Erde sind sie schon vor langer Zeit ausgestorben. Uns taten sie leid, und so geben wir ihnen bei SimEarth eine Chance zum Überleben.

Trichordaten entstehen aus Radiaten und/oder Fischen. Sie können zu keiner anderen Lebensform mutieren.





**INSEKTEN** – Zahlreichste Lebensform auf der Erde. Sie besitzen sechs Beine und drei Körpersegmente.

Insekten entstehen aus Arthropoden. Sie entwickeln sich zu keiner anderen Lebensform weiter, doch wie die Graphik zeigt, gibt es eine Art Koevolution mit den Carnifarnen. Dabei entstehen Carnifarne zwar nicht aus Insekten, aber aus Pflanzen aufgrund des Vorhandenseins von Insekten.



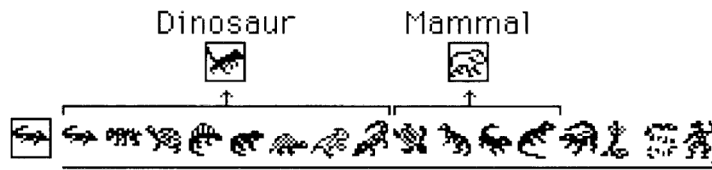
**AMPHIBIEN** – Kaltblütige Wirbeltiere irgendwo zwischen Fischen und Reptilien. Dazu gehören Frösche, Kröten und Molche.

Amphibien entstehen aus Fischen. Die ersten acht Amphibienarten können zu Reptilien mutieren.



**REPTILIEN** – Kaltblütige Wirbeltiere. Dazu gehören Alligatoren, Krokodile, Echsen, Schlangen und Schildkröten.

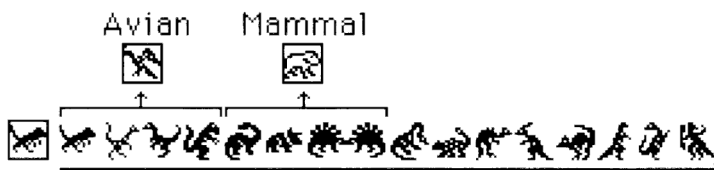
Reptilien entstehen aus Amphibien. Die ersten acht Reptilienarten können zu Sauriern, und die nächsten vier Arten zu Säugetieren mutieren.





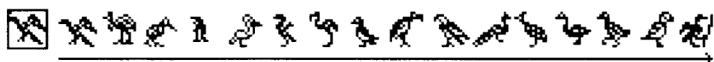
**SAURIER** – Sehr große Reptilien, die auf der wirklichen Erde schon vor langer Zeit ausgestorben sind. SimEarth schenkt ihnen ein neues Leben.

Saurier entstehen aus Reptilien. Die ersten vier Saurierarten können zu Vögeln und die nächsten vier Arten zu Säugetieren mutieren.



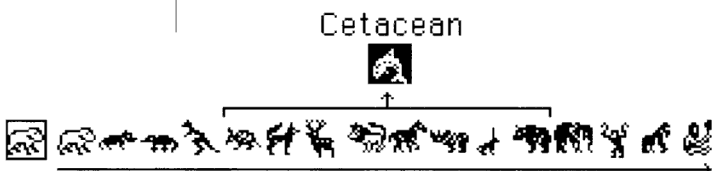
**VÖGEL** – Warmblütige Wirbeltiere, deren Körper mehr oder weniger vollständig von einem Federkleid bedeckt ist und die als vordere Gliedmaßen Flügel besitzen.

Vögel entstehen aus Sauriern. Sie können zu keiner anderen Lebensform mutieren.



**SÄUGETIERE** – Höchste Form der Wirbeltiere. Dazu gehören der Mensch, Menschenaffen, Nager, Hunde, Katzen usw. Säuger ernähren ihre Jungen mit Milch, die von Brustdrüsen abgesondert wird, und haben eine mehr oder weniger mit Haaren bedeckte Haut.

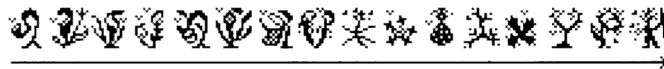
Säugetiere entstehen aus Zetazeen, Reptilien und/oder Sauriern. Die mittleren acht Säugerarten können sich zu Zetazeen entwickeln.





**CARNIFARNE** – Carnifarne können zwar durch Evolution entstehen, jedoch nicht mit Hilfe des Tools “ANSIEDLUNG VON LEBEWESSEN” auf den Planeten gebracht werden. Es sind mobile, fleischfressende Pflanzen, die zum Zwecke der Simulation wie Tiere behandelt werden. In ihrer evolutionären Komplexität liegen sie knapp über den Insekten, und sie sind aus Pflanzen entstanden, die sich Insekten zur Nahrungsquelle gemacht haben. Sie können, wenn auch selten, Intelligenz erlangen.

Carnifarne entstehen in Koevolution mit Insekten. Eigentlich entwickeln sie sich aus Pflanzen, aber ihre Existenz hängt vom Vorhandensein von Insekten ab.



	Shelf	Ocean	Deep Sea	Rock	Arctic	Boreal	Desert	Grass	Forest	Jungle	Swamp
Prokaryote											
Eukaryote											
Radiate											
Arthropod											
Mollusk											
Fish											
Cetacean											
Trichordate											
Insect											
Amphibian											
Reptile											
Dinosaur											
Avian											
Mammal											
Carnifern											

## ÜBERSICHT DER KLASSEN DER LEBEWESSEN UND IHRER BEVORZUGTEN BIOME

- Klasse kann hier nicht existieren.
- Kann hier gerade so existieren.
- Kann hier recht gut existieren.
- Paradies.

### ZIVILISATIONEN BEI SIMEARTH

Bei SimEarth sind sieben Zivilisationsebenen vertreten – von der Steinzeit unserer Vergangenheit bis zum Nanotech-Zeitalter unserer Zukunft. Eine ausführliche Beschreibung dieser Zivilisationen, wie sie auf der wirklichen Erde aufgetreten sind, können Sie dem Abschnitt "Einführung in die Erdwissenschaften" im vorliegenden Handbuch entnehmen.

Zivilisationen werden durch Städte und wandernde Populationen repräsentiert. Jede Stadt hat drei verschiedene Bevölkerungsdichten. Je dunkler das Stadtpiktogramm, desto größer die Bevölkerung. Wandernde Populationen stellen Expansion, Kommunikation, Handel und Reisen zwischen den Städten dar.

Im Nanotech-Zeitalter gibt es vier Dichtestufen und keine wandernde Bevölkerung. Wir gehen davon aus, daß man für Handel und Reisen Transporter verwendet.

Der technische Fortschritt ist ein zweischneidiges Schwert. Zwar ermöglicht eine höherentwickelte Technik einen effektiveren Energieeinsatz, kürzere Arbeitswochen und eine höhere Lebensqualität, sie bringt jedoch auch Umweltverschmutzung, Kampf um Brennstoffressourcen, Kriege, Weltkriege, Atomkriege und andere Nebenprodukte fortgeschrittener Zivilisationen hervor.

Im folgenden eine Beschreibung der SimEarth-Zivilisationen mit den entsprechenden Graphiken für die drei (oder vier) Dichteniveaus und für die wandernden Populationen, soweit vorhanden, wie sie über Land oder Wasser erscheinen.



**STEINZEIT** – Die Steinzeit bezieht sich bei SimEarth auf Zivilisationen der wirklichen Erde, wie sie wahrscheinlich vor einer Million Jahren entstanden sind und an einigen Stellen der Erde noch immer bestehen. Charakteristisch für die Steinzeit ist die Verwendung von Steinwerkzeugen.



**BRONZEZEIT** – In der Bronzezeit begann die ständige Verwendung von Metallen für Werkzeuge und Waffen. Die ersten Belege für die Bronzezeit stammen aus der Zeit um 3500 v.u.Z., und zwar im Nahen Osten.



**EISENZEIT** – Die Eisenzeit begann vor etwa 2000 Jahren und existiert noch heute an einigen Stellen. Kennzeichen der Eisenzeit ist die Verwendung von Eisen für Werkzeuge und Waffen.





**INDUSTRIEZEITALTER** – Das Industriezeitalter bei SimEarth bezieht sich auf die Zeit von der industriellen Revolution Mitte des 18. Jahrhunderts bis zum Beginn des Atomzeitalters. Kennzeichnet ist sie durch den Einsatz moderner Werkzeuge und Maschinen.



**ATOMZEITALTER** – Das Atomzeitalter beginnt mit der Nutzung der Atomenergie. Es handelt sich um den gegenwärtig höchsten Technikstand auf der richtigen Erde.



**INFORMATIONSZETTALTER** – Bei SimEarth ist das Informationszeitalter der nächste Schritt der Technikentwicklung nach dem Atomzeitalter. In dieser Epoche ist die Information das wichtigste Werkzeug.



**NANOTECH-ZEITALTER** – Der höchste Stand der Technik wird bei SimEarth im Nanotech-Zeitalter erreicht. Es liegt in so ferner Zukunft, daß wir nur davon träumen und vermuten können, wie es aussieht. Charakterisiert ist es durch ein wissenschaftlich-technisches Niveau, das eine Terraformierung und die Kolonisierung anderer Planeten ermöglicht.

Das Nanotech-Zeitalter besitzt vier Dichtestufen und keine wandernde Bevölkerung. Wir gehen davon aus, daß man Transporter für Handel und Reisen verwendet.

## ANDERE INTELLIGENTE ARTEN

Bei SimEarth sind die intelligenten Arten nicht nur auf Menschen, und noch nicht mal nur auf Säuger beschränkt. Jede Klasse von Lebewesen – mit Ausnahme der Prokaryoten und Eukaryoten – kann Intelligenz entwickeln.

Zur Herausbildung einer Zivilisation bei SimEarth muß wegen der Notwendigkeit von Feuer, Werkzeugen und Schmieden Land vorhanden sein. Wasserbewohner können zwar zivilisiert werden, benötigen jedoch zur Werkzeugherstellung Zugang zum Land.

Am wahrscheinlichsten ist die Herausbildung von Intelligenz in SimEarth bei folgenden Klassen: Reptilien, Saurier, Vögel und Säugetiere.

In der Wahrscheinlichkeit folgen dann Zetazeen, Insekten, Amphibien und Carnifarne.

Am wenigsten wahrscheinlich ist es, daß Radiaten, Mollusken, Arthropoden und Fische Intelligenz entwickeln.





Abgesehen von den eben aufgelisteten Arten wird die Herausbildung von Intelligenz durch die Größe des Bioms einer Art auf dem Planeten beeinflusst. Außerdem wird eine höher entwickelte Lebensform bei ihrem Erscheinen einer entwickelten niederen Lebensform überlegen sein. Alle intelligenten, vernunftbegabten SimEarth-Bewohner verhalten sich bei der Entwicklung von Zivilisation, Städten, Industrien, etc. ähnlich wie Menschen.

## DER MONOLITH

Der MONOLITH ist ein Tool, mit dem die Entwicklung intelligenter Arten beschleunigt werden kann – also ein “Evolutionsbeschleuniger” (unseren Dank an Arthur C. Clark). Hat man sich für den Einsatz des Monolithen entschieden und eine Lebensform angeklickt, so besteht eine Chance von 1 zu 3, daß diese Lebensform plötzlich durch Mutation auf eine höhere Stufe gelangt; damit kommt man sofort in die nächste Epoche. Der Monolith funktioniert aber nicht bei allen Tieren. Benutzt man ihn beim falschen Tier, so ertönt ein Piepsignal, doch es kommt nicht zur Energieentladung. Die Benutzung des Monolithen kostet 2 500 EE – und zwar unabhängig vom Erfolg.

Ein Nachteil des Monolitheneinsatzes besteht darin, daß man unverhofft in die Zivilisations-Epoche springen kann, ehe sich genügend fossile Brennstoffe gebildet haben. In diesem Falle kommt es zum Zusammenbruch der Zivilisation. Um zur nächsthöheren Stufe der Technik fortzuschreiten, benötigt man eine breite Populationsgrundlage. Hasten Sie nicht auf Kosten Ihrer Population zu einer neuen Epoche weiter!

## BEEINFLUSSUNG DER ZIVILISATION

Die vernunftbegabten Lebensformen beeinflussen Sie vor allem durch den Hinweis darauf, in welche Energiequellen sie investieren und wie sie die Energie verwenden sollen. Dies geschieht mit Hilfe des KONTROLL-PANELS FÜR DAS ZIVILISATIONSMODELL.

## ENERGIE

Bei SimEarth gibt es zwei Arten der Energieanwendung. Sie als Spieler nutzen die Energie, um den Planeten zu erschaffen, zu gestalten, zu verändern und zu manipulieren, und die zivilisierten SimEarth-Bewohner produzieren und nutzen die Energie für ihr tägliches Leben.

Die Energie wird bei SimEarth in Energieeinheiten bzw. EE gemessen. Als Symbol für eine Energieeinheit wird das Omega verwendet.

Die intelligenten SimEarth-Bewohner produzieren und nutzen Energie. Der Spieler kann zwar steuern, für welche Energiequellen sie sich entscheiden und wie sie die selbst produzierte Energie nutzen, doch es ist ihm nicht möglich, *ihre* Energie durch *direkten* Zugriff für *seine* eigenen Zwecke zu nutzen.

In Abhängigkeit davon, mit welchem Schwierigkeitsgrad gespielt wird, stehen Ihnen unterschiedliche Mengen an Energie für die Gestaltung des Planeten und die Simulation zur Verfügung. Bei den Mengenangaben handelt es sich um Ihren jeweiligen Startvorrat an Energie bzw. um das Maximum an Energie, das auf einmal aufgenommen werden kann.

Im Experimentalmodus steht Ihnen ein unbegrenzter Energievorrat zur Verfügung.

EXPERIMENTALMODUS	Unbegrenzte Energie
NIEDRIGER SCHWIERIGKEITSGRAD	5 000 EE
MITTLERER SCHWIERIGKEITSGRAD	2 000 EE
HOHER SCHWIERIGKEITSGRAD	2 000 EE

Die Energie für ein Spiel bezieht man vom Planeten selbst in Form von Erdwärme, Wind- und Sonnenenergie sowie aus fossilen Brennstoffen. Im Verlaufe des Spiels verbraucht man zwar nach und nach seinen Energievorrat, doch baut sich dieser allmählich wieder auf, da auf dem Planeten mehr Energie aus obigen Quellen zur Verfügung steht. Das ständige Anzapfen der Energiequellen des Planeten geht automatisch vonstatten.

Wieviel Energie Ihnen zur Verfügung steht, ist im EDITIERFENSTER unter der Anzeige VERFÜGBARE ENERGIE zu sehen.

Jede Handlung, mit der Sie den Planeten bzw. die Simulation beeinflussen, kostet Sie Energie. Im Laufe der Zeit entsteht auf dem Planeten neue verfügbare Energie, die aus verschiedenen Quellen stammt, auf die weiter unten noch eingegangen wird. Ein Teil dieser neuen Energie kommt Ihnen zugute. Er wird Ihrem Energievorrat bei jedem Zeit-/Simulationszyklus automatisch zugeschlagen.

Im Zuge der technischen Entwicklung beginnen Ihre vernunftbegabten SimEarth-Bewohner, Energie für den Eigenbedarf zu produzieren. Je höher das technische Niveau auf dem Planeten ist, desto höher und desto effektiver ist die Energieproduktion.

Zwar haben Sie keinen direkten Zugang zur Energie der SimEarth-Bewohner, doch wird ein Teil davon automatisch auf Ihren Energievorrat angerechnet. Die Energiemenge, die Ihnen bei jedem Zeit-/Simulationszyklus automatisch gutgeschrieben wird, wächst mit steigendem technischem Niveau auf Ihrem Planeten immer weiter an. Das Wachstum Ihrer Energievorräte geht wie folgt vonstatten:

GEOLOGISCHE EPOCHE		1 EE pro Zyklus
EVOLUTIONSEPOCHE		1 EE pro Zyklus
EPOCHE DER ZIVILISATION	Steinzeit	2 EE pro Zyklus
	Bronzezeit	3 EE pro Zyklus
	Eisenzeit	4 EE pro Zyklus
EPOCHE DER TECHNIK	Industriezeitalter	5 EE pro Zyklus
	Atomzeitalter	6 EE pro Zyklus
	Zeitalter der Information	7 EE pro Zyklus
	Nanotech-Zeitalter	8 EE pro Zyklus

## ENERGIEQUELLEN

Bei SimEarth gibt es fünf Energiequellen.



**BIOENERGIE** – Holzverbrennung, tierische Energie, pflanzliche Energie (Landwirtschaft), manuelle Tätigkeit vernunftbegabter Arten. Im Laufe der Zeit wird die Bioenergie wirksamer genutzt, da es bessere landwirtschaftliche Geräte und umwälzende wissenschaftliche Neuerungen wie z.B. die Wiederverwertung biologischer Abfallstoffe als Brennstoffe gibt. Die Nutzung von Bioenergie führt in geringem Maße zur Luftverschmutzung, da dabei  $\text{CO}_2$  in die Atmosphäre abgegeben wird.



**SONNEN-/WINDENERGIE** – Trocknen von Nahrungsmitteln und Kleidung an der Sonne, Windmühlen, Segelschiffe, Heizung mit Sonnenenergie, windkraftgetriebene Generatoren, Solarzellen, Satelliten, die Sonnenenergie speichern. Mit steigendem technischen Niveau höhere Effektivität.



**HYDROENERGIE/ERDWÄRME** – Wasserräder, Staudämme, Dampfkraft, Wasserkraft, Energieerzeugung mittels Erdwärme. Mit steigendem technischem Niveau höhere Effektivität.



**FOSSILE BRENNSTOFFE** – Kohle aus Überresten prähistorischer Pflanzen. Eine Nebenerscheinung der Verbrennung fossiler Brennstoffe ist die Abgabe von Treibhausgasen in die Atmosphäre.



**ATOMENERGIE** – Atomreaktoren, Atombomben usw. Durch Atomexplosionen gelangen Staub und Strahlung in die Atmosphäre.

## ENERGIEKOSTEN

Umsonst bekommen Sie nichts bei SimEarth; und Zahlungsmittel für alles ist die Energie. Nachstehend die Preisliste:

PROKARYOTEN ANSIEDELN	35	EE
EUKARYOTEN ANSIEDELN	70	EE
RADIATEN ANSIEDELN	105	EE
ARTHROPODEN ANSIEDELN	140	EE
MOLLUSKEN ANSIEDELN	175	EE
FISCHE ANSIEDELN	210	EE
ZETAZEEN ANSIEDELN	245	EE
TRICHORDATEN ANSIEDELN	280	EE
INSEKTEN ANSIEDELN	315	EE
AMPHIBIEN ANSIEDELN	350	EE
REPTILIEN ANSIEDELN	385	EE
SAURIER ANSIEDELN	420	EE
VÖGEL ANSIEDELN	455	EE
SÄUGETIERE ANSIEDELN	490	EE
STEINZEIT EINSTELLEN	500	EE
BRONZEZEIT EINSTELLEN	1000	EE
EISENZEIT EINSTELLEN	1500	EE
INDUSTRIEZEITALTER EINSTELLEN	2000	EE
ATOMZEITALTER EINSTELLEN	2500	EE
INFORMATIONENZEITALTER EINSTELLEN	3000	EE
NANOTECH-ZEITALTER EINSTELLEN	3500	EE
BIOM-FABRIK EINSETZEN	500	EE
OXYGENATOR EINSETZEN	500	EE
NO <sub>2</sub> -GENERATOR EINSETZEN	500	EE
VERDUNSTER EINSETZEN	500	EE
CO <sub>2</sub> -GENERATOR EINSETZEN	500	EE
MONOLITHEN EINSETZEN	2500	EE
EIS-METEOR EINSETZEN	500	EE
BELIEBIGES EREIGNIS AUSLÖSEN	50	EE
BELIEBIGES BIOM ANLEGEN	50	EE
HÖHENLAGE EINSTELLEN	50	EE
ETWAS BEWEGEN	30	EE
ETWAS UNTERSUCHEN	5	EE
KONTROLL-PANEL WECHSELN	30	EE pro Klick
	150	EE pro Zug



## **SIMULATION- FLUSS- DIAGRAMM**

---

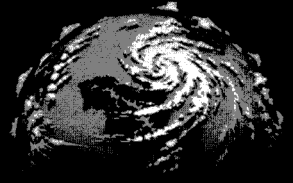
Auf der dritten Umschlagseite dieses Handbuches finden Sie ein Flußdiagramm, in dem die interne Funktionsweise des SimEarth-Programms beschrieben wird.

Ein Blick in dieses Diagramm hilft bei der Lösung auftretender Probleme und verdeutlicht Ihnen das Wie und Warum der Simulation.

# EINFÜHRUNG IN DIE ERDWISSEN- SCHAFTEN

“Die Leistung eines Pro(fi)Karyoten  
ist der eines Amateur karyoten weit  
überlegen.”

*Maxwell Maxis*



*SimEarth*

# SimEarth

## EINFÜHRUNG

SimEarth ist eine Computersimulation der Erde als lebendiges System, die im Sinne der Gaia-Hypothese von James Lovelock entwickelt wurde. Wer die Möglichkeiten von SimEarth voll ausschöpfen will, benötigt einige Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Erdwissenschaften.

Der folgende Abschnitt unseres Handbuches soll Ihnen einen Einblick in die Vorgänge auf unserem Planeten vermitteln. Sie werden mit zahlreichen Zusammenhängen von Ursache und Wirkung vertraut gemacht, die der Schlüssel zu dem dynamischen Spiel sind, das SimEarth Ihnen bietet.

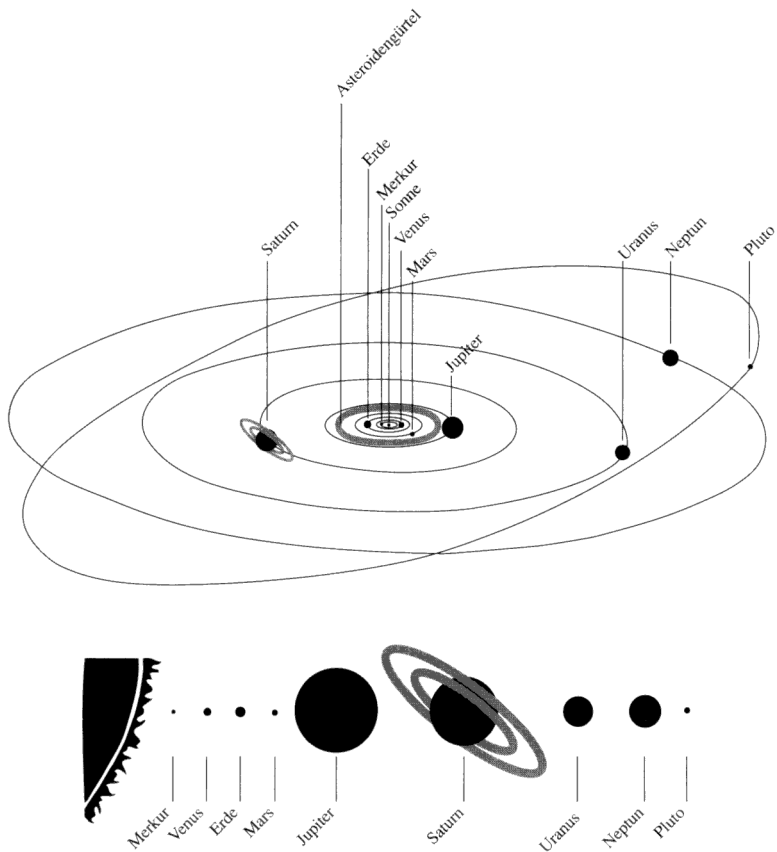


Abbildung 1 Unser Sonnensystem



In den vergangenen 30 Jahren konnten mehr als 200 Männer und Frauen aus 18 Ländern bei Kosmosflügen die Erde aus der Entfernung betrachten. Dabei entstanden wunderbare Aufnahmen, die uns eine neue Sicht auf unseren Planeten ermöglichen.

Der Anblick der Erde vom Weltall aus hat unsere Kultur nachhaltig beeinflusst – wir sehen die Welt und unseren Platz in ihr nunmehr aus einer anderen Perspektive. Besonders überraschend kam diese Sichtweise für die Wissenschaftler der westlichen Hemisphäre, wo das Studium der Erde in verschiedene Bereiche unterteilt war und die Erde als "toter" Planet angesehen wurde.

Die Erdwissenschaften beruhen auf einem relativ neuen Herangehen. Sie umfassen alle Wissenschaften, bei denen es um das Verständnis unseres Planeten geht; so z.B. Physik, Chemie, Biologie, Astronomie, Psychologie, Soziologie und andere Forschungsbereiche. Die Gaia-Hypothese von James Lovelock bildet die Grundlage für unsere Darstellung des Planeten als lebendiges System.

---

Die Erde unterscheidet sich von allen anderen Planeten in unserem Sonnensystem.

Die Erde ist der größte der vier inneren Planeten (Abbildung 1). Sie verfügt als einziger Planet über eine Atmosphäre, die für sauerstoffatmende Lebensformen geeignet ist. Außerdem hat die Erde gemessen an ihrer eigenen Größe den größten Mond im Sonnensystem; er ist sogar so groß, daß mancher ein Doppelplanetensystem vermutet.

Kein anderer Planet hat eine Plattentektonik, eine dynamische Atmosphäre und eine Hydrosphäre. Kein anderer Planet weist eine vergleichbare Atmosphäre oder Lebenssysteme auf, die mit denen in unserer Biosphäre vergleichbar sind. Damit soll nicht gesagt sein, daß es auf den anderen Planeten kein Leben im weitesten Sinne des Wortes gibt – doch Leben, wie wir es auf der Erde kennen, existiert dort nicht.

Die Erdwissenschaften gliedern die Erde in vier zusammenhängende Bestandteile auf:

die **Lithosphäre** – die feste Gesteinshülle der Erde: Kontinente und Meeresboden;  
die **Hydrosphäre** – der flüssige Teil der Erde: Ozeane, Seen und Flüsse;  
die **Atmosphäre** – der gasförmige Teil der Erde: Luft und Wolken;  
die **Biosphäre** – der lebendige Teil der Erde: Menschen, Pflanzen und Tiere.

Der Merkur ist der sonnennächste Planet und so klein, daß sich die leichten Gase wie z.B. Sauerstoff ( $O_2$ ) und Kohlendioxid ( $CO_2$ ) bei der Entstehung des Planeten verflüchtigten.

## DIE ERDE UND DIE ANDEREN PLANETEN

**ZUR  
VORLIEGENDEN  
EINFÜHRUNG IN  
DIE ERDWISSEN-  
SCHAFTEN**

Auf der Venus gibt es so viel Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), daß ihre Oberflächentemperatur über  $700^\circ\text{C}$  beträgt, eine Erscheinung, die als "unkontrollierbarer Treibhauseffekt" bezeichnet wird. Eventuell gab es früher auf der Venus eine Plattentektonik, heute jedenfalls nicht mehr.

Beim Mars dagegen steht fest, daß es in der Vergangenheit eine Plattentektonik, Vulkane und Berge gab, doch da er kleiner ist als die Erde, kühlte er rascher ab und ist jetzt geologisch tot. Die Marsatmosphäre ist so dünn, daß kein Mensch in ihr überleben könnte.

Die übrigen Planeten des Sonnensystems, also Jupiter, Neptun, Saturn, Uranus und Pluto, sind entweder so groß oder so weit von der Sonne entfernt, daß es für die Entstehung von Leben zu kalt ist. Im Unterschied zu den festen, felsigen inneren Planeten sind sie zum größten Teil gasförmig.

---

Unsere *Einführung in die Erdwissenschaften* umfaßt fünf Abschnitte:

- Geologie (Lithosphäre)
- Klima (Atmosphäre und Hydrosphäre)
- Leben (Biosphäre)
- Menschen und Kulturen (Biosphäre)
- Theorien über die Erde

In diesem Abschnitt wird die Lithosphäre – die feste Gesteinshülle der Erde – behandelt. Folgende Themen gehören dazu:

- der Ursprung der Erde
- die Entwicklungsgeschichte der Erde
- Zusammensetzung und Aufbau der Erde
- besondere Merkmale der Erde
- Abteilungen der Erde.

Wie ist unser Sonnensystem eigentlich entstanden? Gegenwärtig neigt die Wissenschaft dazu, die **Solarnebel-Theorie** zu befürworten.

Nach dieser Theorie ereignete sich folgendes:

Ein Nebel – eine Urwolke aus Gas und Staub – rotierte einst im Weltall.

Die Anziehungskraft der Bestandteile des Nebels verursachte die Kontraktion der Urwolke, wodurch deren Rotation beschleunigt wurde.

Durch die beschleunigte Rotation nahm die Urwolke eine flache, scheibenartige Form an.

Die Materie wanderte zum Zentrum der Wolke und bildete eine sogenannte **Protosonne**.

Die Bildung der Protosonne und der mögliche Ausbruch einer in der Nähe befindlichen Supernova führten zum Kollaps des Nebels und lösten die Entstehung des Sonnensystems aus.

Durch den Kollaps erhöhte sich die Temperatur der **Protosonne** aufgrund einer thermonuklearen Kettenreaktion (bei hohen Temperaturen Fusion von Wasserstoffatomen und Bildung von Heliumatomen).

Die Protosonne begann zu scheitern.

Aus dem im Raum vorhandenen Material begann sich Materie zu bilden.

Die heiße Protosonne und die nach dem Kollaps übriggebliebene zirkumsolare Gas-Staub-Wolke begannen sich abzukühlen.

Das gasförmige Material fing an zu kondensieren.

Kleine Materiestücken – Planetesimale genannt – blieben aneinander haften.

Die größten von ihnen zogen aufgrund ihrer höheren Gravitation die meiste Materie an. Befanden sich die **Planetesimale** zu dicht an der Sonne, so wurden die leichtesten Bestandteile (Wasserstoff, Helium usw.) durch den Sonnenwind weggeblasen.

Die Planetesimale, die der Sonne am nächsten waren, bestanden aus den Materialien mit der größten Dichte (und dem höchsten Schmelzpunkt), so z.B. Eisen. Ein gutes Beispiel dafür ist der Merkur, dessen Dichte mehr als das Fünffache der Dichte von Wasser beträgt.

Indem sich die Planetesimale weiter von der Sonne entfernten und damit kälter wurden, kondensierten die leichteren Bestandteile wie Silizium und Sauerstoff und bildeten die von einer Gesteinshülle umgebenen Silikatplaneten (Venus, Mars, Erde).

# GEOLOGIE

## DER URSPRUNG DER ERDE

## DIE ENTWICKLUNGS- GESCHICHTE DER ERDE

Die größten und sonnenfernsten Planetesimale, aus denen schließlich die Riesenplaneten Jupiter und Saturn entstanden, konnten die sehr leichten Bestandteile wie Wasserstoff, Methan und Ammoniak halten.

Diese Theorie, die allerdings noch nicht völlig durchgeprüft wurde, erklärt die Grundlagen der Planetenentstehung und ermöglicht uns die Entwicklung von Theorien über die Evolution der Erde vom kondensierten, homogenen Planetesimal hin zum differenzierten, aus Schichten bestehenden Körper.

---

### DIE ERSTE JAHRMILLIARDE

Aus Altersbestimmungen bei Meteoriten und bei den ältesten Gesteinen wissen wir, daß die ältesten Gesteine auf der Erde etwa vier Milliarden Jahre alt sind und daß die Erde selbst etwa 4,7 Milliarden Jahre alt ist.

Vor fünf Milliarden Jahren war die spätere Erde noch ein homogenes Konglomerat aus Siliziumverbindungen, einem Teil Eisen, Magnesium und Sauerstoffverbindungen sowie kleineren Mengen anderer Elemente.

Die vorgeologische Erde war nicht so groß wie der Planet, den wir heute kennen. Ihre heutige Größe erlangte sie durch allmähliche Anlagerung anderer Planetesimale und Meteoritenbeschuß.

Durch den ständigen Meteoritenhagel wurde der Planet zum einen größer, zum anderen wurde er aufgeheizt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit führte der durch Aufprall und Gravitationsverdichtung hervorgerufene Temperaturanstieg zusammen mit dem radioaktiven Zerfall schwerer Elemente (der ebenfalls Wärme produziert) zu einem teilweisen Schmelzen der Ur-Erde. Die teilweise geschmolzene Erde wurde dann von der sogenannten **Eisenkatastrophe** betroffen, die die Bildung des Kerns zur Folge hatte.

### ENTSTEHUNG DES ERDKERNS

In der teilweise geschmolzenen Ur-Erde begannen Eisentröpfchen, die dichter waren als die sie umgebende Flüssigkeit, zur Mitte hin zu fallen, wo sie einen Kern aus flüssigem Eisen bildeten. Es folgten andere dichte Elemente (wie z.B. Nickel und Gold). Seit jener Zeit besteht der Erdkern hauptsächlich aus Eisen und Nickel. Zuerst ganz und gar flüssig, kühlte er langsam vom Zentrum her ab, so daß die Erde jetzt einen festen inneren und einen flüssigen äußeren Kern besitzt. Der flüssige äußere Kern mit seinen sehr hohen Temperaturen unterliegt konvektiven Bewegungen (wie kochendes Wasser in einem Tiegel), wodurch das einzigartige starke Magnetfeld der Erde erzeugt wird. Durch die Eisenansammlung im Zentrum der Erde wurde eine große Energiemenge freigesetzt, die die übrige Erde zum Schmelzen brachte.

## DIE DIFFERENTIATION UND DIE ENTSTEHUNG DER ATMOSPHÄRE UND DER OZEANE

Die inzwischen fast vollständig geschmolzene Erde begann einen raschen Differenzierungsprozeß zu durchlaufen.

Da die geschmolzenen Bestandteile leichter waren als ihr festes Ausgangsmaterial, stiegen sie an die Erdoberfläche und bildeten eine einfache Kruste. Später erfolgte die Trennung in eine leichtere Kontinentalkruste und eine dichtere ozeanische Kruste. Das zwischen dem dichten Eisenkern im Erdinnern und der Kruste befindliche Material wurde zum Erdmantel.

Die Differentiation war auch der Grund für die Entgasung, das Entweichen von Gasen aus dem Innern, das schließlich zur Entstehung der Atmosphäre und der Ozeane führte.

Die Erde besteht aus drei Hauptschalen: Erdkruste, Erdmantel und Erdkern, wie in Abbildung 2A und B.

### ERDKRUSTE

Die **Erdkruste** ist die oberste Schicht der Erde. Es gibt zwei Krustentypen: die aus Basalt bestehende **ozeanische Kruste** und die größtenteils aus Granit bestehende **Kontinentalkruste**. Das ozeanische Gestein ist dicht, von tiefen Gräben durchzogen (der Marianengraben im Pazifik und der Puerto-Rico-Graben im Atlantik) und sechs bis zehn Kilometer dick. Die Kontinentalkruste hat eine durchschnittliche Dicke von 35 Kilometern. Die Erdkruste ist starr und gleichzeitig elastisch.

### ERDMANTEL

Der **Erdmantel** unterteilt sich in mehrere Schichten und ist von der Kruste durch die sogenannte **Mohorovicic-Diskontinuität** (kurz "Moho" genannt) getrennt. Der **obere Erdmantel** reicht unter der **Moho**, unter der ozeanischen und der Kontinentalkruste, etwa 100 km tief. Dieser Teil des Erdmantels besteht hauptsächlich aus zwei Mineralien (Olivin und Pyroxen) und weist dieselben rheologischen (Verformungs-) Eigenschaften wie die Erdkruste auf: Er ist sowohl starr als auch elastisch.

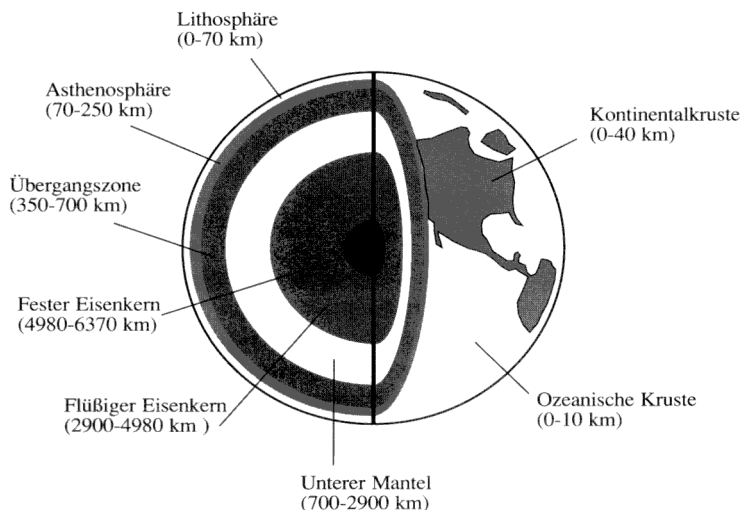


Abbildung 2A Aufbau der Erde

## ZUSAMMEN-SETZUNG UND AUFBAU DER ERDE

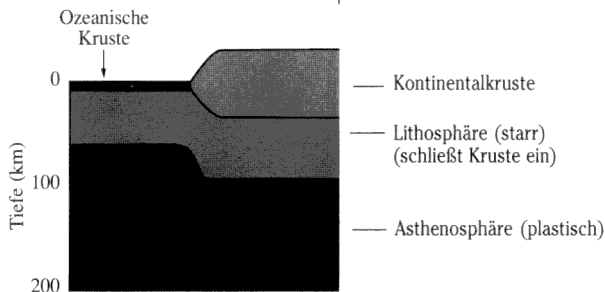


Abbildung 2B Aufbau der Erdkruste

Da sie dieselben rheologischen Eigenschaften haben, weisen die Erdkruste und der oberste Bereich des Erdmantels auch ein einheitliches Verhalten auf.

Zusammen bilden die Kruste und der oberste Teil des Erdmantels die **Lithosphäre**, die sich unter der Oberfläche bis in eine Tiefe von 150 km erstreckt. Das Verhalten der Lithosphäre erklärt sich aus der **Plattentektonik** der Oberfläche, auf die wir später noch eingehen werden.

Unterhalb der Lithosphäre befindet sich die **Asthenosphäre**. Diese Schicht erstreckt sich bis in eine Tiefe von 300 km unter der Erdoberfläche.

Die Asthenosphäre hat zwar die gleiche Zusammensetzung wie der oberste Teil des Erdmantels, weist jedoch ein anderes Verhalten als die Lithosphäre auf und wird daher als separate Schicht betrachtet. Die Asthenosphäre ist heißer, schwächer und **plastisch**: unter Druck macht sie eine ständige Verformung durch. Je heißer ein Material wird, desto mehr verliert es an Elastizität und gewinnt an Plastizität.

Um dies an einem Beispiel aus dem täglichen Leben zu erläutern, stellen wir uns ein Gummiband und ein Sahnebonbon vor. Das Gummiband lässt sich bis zu einem bestimmten Punkt dehnen und reißt dann abrupt entzwei. Lassen wir es vor dem Zerreißpunkt los, nimmt es wieder seine ursprüngliche Form an. Das Sahnebonbon aber macht unter Einwirkung derselben Kräfte eine plastische Verformung durch. Zieht man es, so dehnt es sich genau wie das Gummiband, lässt man es jedoch vor dem Zerreißpunkt los, bleibt die Dehnung bzw. Deformation bestehen; es schnell nicht in die ursprüngliche Form zurück. Die Lithosphäre verhält sich wie das Gummiband, die Asthenosphäre wie das Sahnebonbon.

Auf die Asthenosphäre folgt 300 bis 700 km unterhalb der Erdoberfläche die **Übergangszone**. Die Übergangszone ist heißer als die Asthenosphäre, jedoch nicht teilweise geschmolzen.

Die Bezeichnung "Übergangszone" rührt daher, daß die Mineralien (vor allem Olivin und Pyroxen, doch zum Teil auch Granat) innerhalb dieses Bereichs durch Hitze und Druck zu Formen mit größerer Dichte umgewandelt werden. Ihre größtmögliche Dichte erreichen sie bei 700 km, also im Grenzbereich zwischen dem oberen Erdmantel (Lithosphäre, Asthenosphäre und Übergangszone) und **unterem Erdmantel**.

Der untere Erdmantel beginnt 700 und endet 2700 km unter der Erdoberfläche. Im Bereich zwischen 2700 und 2900 km folgt dann eine weitere Übergangszone, die den Erdmantel vom Erdkern trennt.

## ERDKERN

Der Mittelpunkt der Erde wird **Erdkern** genannt und besteht aus zwei Schichten. Der äußere Erdkern, bestehend aus Eisen und Nickel, beginnt 2900 und endet 5120 km unter der Erdoberfläche. Er ist flüssig und heiß. Durch die Bewegung der Flüssigkeit in diesem Bereich wird das einmalige starke Magnetfeld der Erde erzeugt.

Der innere Erdkern beginnt 5120 km unter der Erdoberfläche und reicht bis zum Mittelpunkt der Erde in 6400 km Tiefe. Die Temperatur im Mittelpunkt der Erde beträgt etwa 10 000 °C und ist damit höher als die Temperatur an der Sonnenoberfläche.

Die Erde weist etliche Merkmale auf, durch die sie sich von den übrigen Planeten unterscheidet: ihr starkes Magnetfeld; das Vorhandensein einer Plattentektonik, durch die sich die Oberflächenstruktur im Laufe der Zeit wesentlich verändert hat; ihre Atmosphäre, die Ozeane und nicht zuletzt die Existenz von Leben.

## DAS MAGNETFELD

Durch langsame Konvektionsbewegungen im flüssigen Eisenkern entstehen im Erdkern elektrische Ströme, die das Magnetfeld der Erde erzeugen und aufrechterhalten.

Dem Magnetfeld haben wir es zu verdanken, daß wir die Meere befahren und uns mit dem Kompaß im dichtesten Urwald zurechtfinden können. Stark vereinfacht könnte man das Magnetfeld der Erde als einen Riesenmagneten mit einem Nord- und einem Südpol bezeichnen. Der magnetische Nordpol stimmt mit dem geographischen Nordpol überein.

In bestimmten Abständen kehrt sich das Magnetfeld um – der magnetische Nordpol wird zum magnetischen Südpol und umgekehrt. Durch die Bestimmung sehr alten Gesteins mit einem Gehalt an magnetischen Mineralien, in denen die zur Zeit ihrer Entstehung herrschende Richtung des Magnetfelds erhalten geblieben ist, konnten die Geologen eine **Zeitskala der magnetische Polarität** aufstellen, die den Ausgangspunkt für die Theorie von der **Verbreiterung der Ozeanräume** und der Plattentektonik bildete. Die letzte Umkehrung des Erdmagnetfeldes erfolgte vor mehr als einer Million Jahren.

## PLATTENTEKTONIK UND KONVEKTION

Ein weiteres spezifisches Merkmal der Erde besteht darin, daß ihre oberste Schicht, die Lithosphäre, in Platten bzw. Tafeln gebrochen ist, die sich bewegen und verformen. Diese Bewegung und Verformung der Platten – die Plattentektonik – ist verantwortlich für die Gebirgsbildung, für Erdbeben und Vulkane. Auf unserem Planeten gibt es 12 Haupttafeln (siehe Abbildung 3).

## BESONDERE MERKMALE DER ERDE

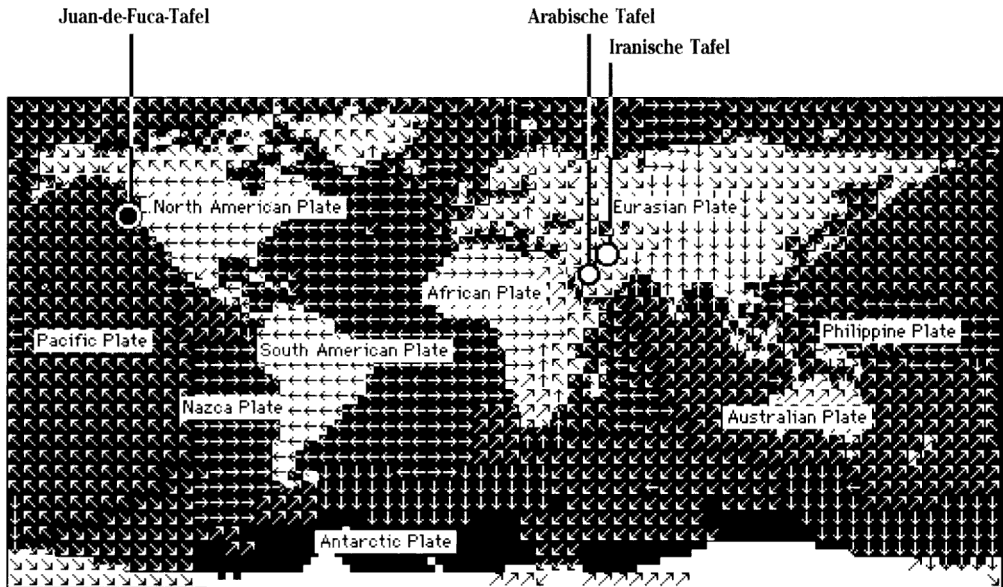


Abbildung 3 Tektonische Weltkarte

Die Bewegung der Platten ist eine Reaktion auf die Konvektion im darunterliegenden Mantel. Unter Konvektion versteht man eine Wärmeübertragung, bei der heißes Material nach oben aufsteigt (das heißere Material hat eine geringere Dichte und wiegt daher weniger), während das kühlere Oberflächenmaterial abwärts sinkt. Die Konvektion ist die effektivste Form des Wärmetransports.

## ATMOSPÄRE, OZEANE UND LEBEN

Ein weiteres bedeutendes Merkmal der Erde ist ihre flüssige Sphäre – die Atmosphäre und die Weltmeere. Die Erde ist der einzige Planet, dessen Oberfläche zu zwei Dritteln mit Wasser bedeckt ist und der von einer Atmosphäre umgeben ist, die größtenteils aus Sauerstoff und Stickstoff besteht. Aufgrund dieser beiden Merkmale konnte sich auf der Erde eine erstaunliche Vielfalt von Organismen entwickeln.

Was den Ursprung der Atmosphäre und der Ozeane anbelangt, so gibt es zahlreiche Theorien. Die meisten Befürworter finden jene Theorie, wonach die Erde ganz zu Anfang noch keine gasförmige Atmosphäre hatte. Sie war zu klein, und ihre Schwerkraft reichte nicht aus, um die damals vorhandenen gasförmigen Elemente zu halten.

Im Verlaufe ihrer Entwicklung nahm die Erde an Größe und Masse zu. Große Meteoriten und Planetesimale stießen mit ihr zusammen und brachten so ihre



Masse mit ein; und durch die Gravitation wurden kleinere Materieteilchen angezogen. Schließlich war die Erde groß genug, um eine Atmosphäre halten zu können.

Die ursprünglichen atmosphärischen Gase (mit der heutigen Sauerstoff-Stickstoff-Atmosphäre nicht zu vergleichen) entstanden aller Wahrscheinlichkeit nach durch Entgasung (das Entweichen von Gasen aus dem Innern der festen Planetenmasse) im Verlaufe der ursprünglichen Differentiation.

Die Atmosphäre der noch jungen Erde muß in ihrer Zusammensetzung jenen Gasen geähnelt haben, die heute bei Vulkanausbrüchen freigesetzt werden; sie bestand wahrscheinlich aus Wasserdampf, Wasserstoff, Chlorwasserstoffen, Kohlendioxid und -monoxid sowie Stickstoff. Schon damals reichte wahrscheinlich die Schwerkraft der Erde nicht aus, um die leichten Wasserstoffverbindungen zu halten, so daß diese – wie auch heute noch – entwichen. Während der Planet abkühlte, kondensierte der in der Atmosphäre enthaltene Wasserdampf zu Wasser, aus dem die Ozeane entstanden.

Ihre heutige Zusammensetzung nahm die Atmosphäre erst später an. Sie ist die Folge verschiedener chemischer Reaktionen und der Evolution des Lebens auf der Erde.

## DER EINFLUSS VON SONNE UND MOND

Die größte sichtbare Auswirkung des Mondes auf die Erde sind bekanntlich die Gezeiten. Jeden Tag hebt und senkt sich der Meeresspiegel infolge der Schwerkraft von Mond und Sonne. Gravitationseffekte sind übrigens nicht nur bei den Weltmeeren zu beobachten, sondern auch auf dem Festland; dort allerdings nur mit hochempfindlichen Instrumenten.

Die Gezeiten kann man sehen, präzise messen und vorausberechnen. Die Flut tritt auf der dem Mond zugewandten Seite der Erde ein, auf der anderen Seite herrscht Ebbe. Indem sich die Erde dreht, wechseln die Gezeiten. Obwohl die Sonne weiter entfernt ist, hat sie die gleiche Wirkung. Die Sonnengezeiten und die Mondgezeiten sind phasenverschoben, und bei ersteren beträgt die Fluthöhe nur die Hälfte. Sonnengezeiten treten alle 24 Stunden auf; Mondgezeiten alle sechs Stunden (Flut, Ebbe, Flut, Ebbe).

Befinden sich Erde, Mond und Sonne auf einer Linie, so treten sehr starke Fluten auf – die sogenannten Springfluten. Dies geschieht alle zwei Wochen, nämlich bei Vollmond und bei Neumond. Bilden Mond und Sonne mit der Erde einen rechten Winkel, so kommt es zu den schwächsten Fluten, den sogenannten Nippfluten. Diese treten zwischen dem ersten und dem dritten Viertel des Mondes auf.

Die Gezeiten verursachen durch die Reibung zwischen Wasser und Meeresboden einen Energieverlust. Dieser ist sogar so stark, daß sich die Rotation der Erde ein ganz kleines bißchen verlangsamt. Dadurch wird der Tag effektiv länger. All diese Vorgänge werden in Abbildung 4 illustriert.

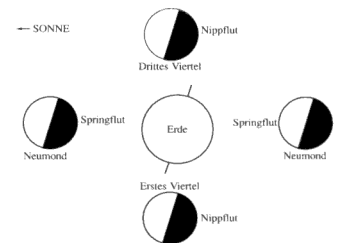


Abbildung 4A Gezeiten

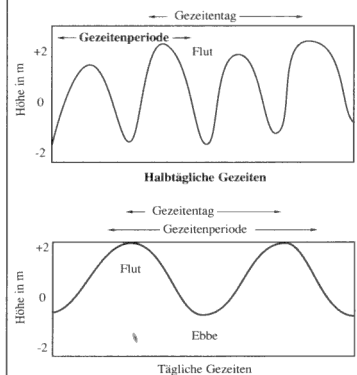


Abbildung 4A

## ABTEILUNGEN DER ERDE

Wir können das Verhalten der Erde ziemlich kurz zusammenfassen, wenn wir alle Vorgänge in zwei Kategorien unterteilen: die mit der äußeren Wärmekraftmaschine im Zusammenhang stehenden Prozesse an der Erdoberfläche und die mit der inneren Wärmekraftmaschine im Zusammenhang stehenden Prozesse im Erdinnern.

Eine Wärmekraftmaschine ist ein Mechanismus, der Wärme (Energie) in Arbeit umsetzt. Er setzt sich aus vier Haupt "bestandteilen" zusammen:

- 1) Hochtemperatur-Wärmequelle
- 2) Treibmittel
- 3) zu leistende Arbeit
- 4) Wärmeaufnehmer mit niedriger Eigentemperatur (ein Medium, das durch Wärmebindung kühlend wirkt).

Wie diese Bestandteile bei der inneren bzw. äußeren Wärmekraftmaschine konkret aussehen, können Sie nachstehender Tabelle entnehmen.

	ÄUSSERE WÄRME- KRAFTMASCHINE	INNERE WÄRME- KRAFTMASCHINE
QUELLE	Sonnenstrahlung	Wärme durch radioaktiven Zerfall latente Wärme durch Fusion des Kerns
TREIBMITTEL	Atmosphäre und Ozeane	Deckgebirge
ARBEIT	Erosion, Verwitterung usw.	Plattentektonik
ABNEHMER	Weltraum	Weltraum

### DIE ÄUSSERE WÄRMEKRAFTMASCHINE

Die Vorgänge an der Erdoberfläche sind zum großen Teil eine direkte Folge der Arbeit, die von der äußeren Wärmekraftmaschine geleistet wird. Von diesen Vorgängen werden zwar nicht alle, aber doch viele kurz- und langfristige Veränderungen des Antlitzes unseres Planeten bestimmt.

Die Vorgänge, die zur Wirkungsweise der äußeren Wärmekraftmaschine gehören, lassen sich in vier Gruppen unterteilen:

**Erosion:** diejenigen Prozesse, die zur Auflockerung von Boden und Gestein führen und bewirken, daß diese talwärts bzw. in Windrichtung abgetragen werden.

**Verwitterung:** diejenigen chemischen oder physikalischen Prozesse, die zur Auflockerung und Zersetzung von Muttergestein führen. Von den vier genannten Vorgängen ist dieser für den Menschen heute am wichtigsten. Durch Verwitterung wird Muttergestein aufgelockert und chemisch verändert; so entsteht der für die Landwirtschaft unentbehrliche Ackerboden. Durch unsere rücksichtslosen landwirtschaftlichen Methoden wird guter Boden schneller ausgewaschen, als er durch Verwitterung gebildet werden kann.

**Transport:** diejenigen Vorgänge, durch die das gelockerte Material von einem Ort zum anderen bewegt wird.

**Ablagerung:** diejenigen Prozesse, die die Ablagerung des transportierten Sediments bewirken.

Für diese vier Vorgänge sind drei Hauptkräfte verantwortlich: **Wind, Wasser und Gletscher.**

### **WIND**

Der Wind ist eine wichtige Erosions- und Ablagerungskraft. In Wüsten zum Beispiel ist die ganze Erosion, der Transport und die Ablagerung des Sandes ausschließlich Sache des Windes. Normale Winde können nur kleinste Teilchen befördern, doch die starken Winde, die bei den Sandstürmen in der Sahara herrschen, bewältigen wesentlich schwerere Lasten.

### **WASSER**

Wasser in seiner flüssigen Form ist auf der ganzen Erdoberfläche die wichtigste Kraft im Hinblick auf Erosion, Transport und Ablagerung. Wasser ist auch für die chemische und physikalische Verwitterung von Bedeutung, da diese Flüssigkeit viele der chemischen Reaktionen bei der Lockerung des Muttergesteins erst ermöglicht; außerdem werden durch das Gefrieren und Auftauen Risse im Gestein vergrößert.

Das Wasser trägt auch zur Erosion des Bodens bei: durch Abfluß nach starken Regenfällen, in Flußbetten von der Quelle aus in Richtung Mündung (größtenteils jedoch an der Quelle) und in den Weltmeeren durch Strömungen sowohl entlang der Küsten als auch auf dem Meeresgrund. Die Flüsse sind ein außerordentlich wichtiger Faktor bei der Landschaftsgestaltung; man denke nur an den Grand Canyon und den Colorado River.

Der Transport von Sedimenten durch das Wasser erfolgt in Abflußrinnen, Flüssen und Strömungen im Ozean oder entlang der Küste.

Durch das Wasser wird die Ablagerung von Sedimentgestein in Flußbetten und Flußdeltas möglich. Am deutlichsten zeigt sich dies an der Innenseite von Flußbiegungen, in Flußdeltas und an solchen Stellen, wo ein Fluß ins Meer mündet und dort das mitgeführte Sedimentgestein ablädt – auch auf dem Meeresboden.

Natürliche Wasserreservoir auf dem Festland sind Flüsse, Seen und das Grundwasser. Auch Gletscher bilden ein Wasserreservoir, doch ihnen ist ein gesonderter Abschnitt gewidmet.

### **GLETSCHER**

Große Wasseransammlungen, die zu Eis gefroren sind, werden gewöhnlich als Gletscher bezeichnet. Es gibt verschiedene Gletschertypen: Gebirgsgletscher wie z.B. derjenige, der das Yosemite-Gebiet in Kalifornien bedeckte; große Festlandgebiete bedeckende Gletscher wie in Grönland oder in der Antarktis, die man als Inlandeis bezeichnet, und andere.

Gletscher sind ein sehr starker Faktor in bezug auf Erosion, Transport und Ablagerung. Kein Fluß kann so schnell ein Tal herausarbeiten wie ein Gletscher. Gletscher können Sedimente vom Sandkorn bis hin zum Felsblock von der Größe eines Hauses befördern.

Während Flußtäler V-förmig sind, erkennt man Gletscherlandschaften an ihren U-förmigen Tälern. Die Talsohlen weisen Riefungen auf, die dadurch entstanden sind, daß Felsblöcke über das Muttergestein schabten; an den Seiten und Enden der Täler finden sich Ansammlungen von Gesteinsschutt, die generell als Moränen bezeichnet werden.

## ANDERE OBERFLÄCHENPROZESSE

Ein heftig diskutiertes Thema sind die **globale Erwärmung** und die **Luftverschmutzung** sowie ihre Auswirkungen. Um einen Einblick in dieses Thema zu ermöglichen, wollen wir im folgenden Abschnitt die Grundlagen des **Kohlenstoffkreislaufes** und den durch Flüsse erfolgenden **Transport chemischer Elemente** ins Meer behandeln.

## DER KOHLENSTOFFKREISLAUF

Organismen wie z.B. die Pflanzen, die **Photosynthese** betreiben (d.h. ihre Nahrung selbst herstellen), nutzen Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) zur Herstellung der komplexen Kohlehydrate und der Energie, die sie zum Leben benötigen. Dabei wird Kohlenstoff in Molekülkomplexen gebunden und Sauerstoff an die Atmosphäre abgegeben.

Organismen, die keine Photosynthese betreiben, also der Mensch und andere Tiere, atmen Sauerstoff und geben  $\text{CO}_2$  an die Atmosphäre ab. Wenn ein Organismus egal welcher Art stirbt, zerfällt die organische Substanz, und der in den Molekülkomplexen enthaltene Kohlenstoff wird im allgemeinen in Form von  $\text{CO}_2$  freigesetzt.

Aus Kohlenstoff bestehen auch die fossilen Brennstoffe, die der Mensch zu nutzen gelernt hat. Durch ihre Verbrennung und damit die Verbrennung des Kohlenstoffs gelangt noch mehr  $\text{CO}_2$  in die Atmosphäre. Auf diese Weise kommt es zur Störung des natürlichen Gleichgewichts, auf dem die dynamische Beziehung von Atmosphäre und Biosphäre beruht.

Die Vernichtung von Wäldern und Pflanzenbeständen trägt ebenfalls zur Destabilisierung der Umwelt bei, weil sich dadurch der Umfang der Photosynthese verringert. Es wird weniger  $\text{CO}_2$  verbraucht und weniger Sauerstoff produziert.

Die größten Kohlenstoffbestände finden sich im Gestein, vor allem im Kalkstein. Der im Kalkstein eingeschlossene Kohlenstoff stammt von abgestorbenen Meeresorganismen, deren Schalen aus Kalkspat bestehen und die sich auf dem Meeresboden in dicken Schichten ansammeln. Wenn diese Schichten sich verfestigen und verhärten, entsteht Kalkstein daraus. Dort verbleibt der größte Teil des Kohlenstoffs, bis der Meeresboden und damit auch der Kalkstein durch Erdbeben und vulkanische Aktivität zerstört werden. Der Kalkstein schmilzt dann, und der Kohlenstoff wird durch die Vulkane in Form von  $\text{CO}_2$  an die Atmosphäre abgegeben.

Durch Verwitterung und Erosion werden zahlreiche im mineralischen Gestein eingeschlossene chemische Elemente in die Weltmeere zurücktransportiert, wo eine wechselseitige Beeinflussung sowohl mit dem Meerwasser als auch mit dem dortigen Gestein eintritt.

Das Studium der Erde setzt Kenntnisse darüber voraus, wie der Transport dieser Elemente zum Ozean hin vonstatten geht und wie lange ihre wechselseitige Beeinflussung mit dem Wasser andauert, ehe sie in mineralisches Gestein eingeschlossen werden. Dieses Wissen bildet die Grundlage für neue Erkenntnisse über die Gebirgsbildung, über Umfang und Tempo der Erosion und darüber, wie die wechselseitige Beeinflussung von Gestein und Wasser und die Basaltzusammensetzung die Bildung der Ozeane beeinflussen.

Das Wissen um diese Vorgänge kommt auch der Umwelt zugute. Wir erfahren mehr über die Wirkung toxischer oder radioaktiver Stoffe, die in die Ozeane gelangen, so z.B. über die Folgen großer Ölkatastrophen. Außerdem können wir besser nachvollziehen, welche Folgen die erhöhte CO<sub>2</sub>-Belastung der Atmosphäre hat, die ein Ergebnis der Nutzung fossiler Brennstoffe durch die ständig anwachsende Bevölkerung ist.

## **DIE INNERE WÄRMEKRAFTMASCHINE – PLATTENTEKTONIK**

Die bisher größte Leistung auf dem Gebiet der Erdwissenschaften wurde in den 60er Jahren mit der Theorie von der Plattentektonik erzielt. Anhand einiger simpler geometrischer Darstellungen liefert sie die Erklärung für all die umfassenden Prozesse, die sich auf der Erdoberfläche abspielen.

Die Plattentektonik ist das Werk der inneren Wärmekraftmaschine.

### **GESCHICHTLICHES**

Schon im frühen 17. Jahrhundert hatte Sir Francis Bacon entdeckt, daß die ersten Landkarten, die von den Erforschern der Neuen Welt angefertigt worden waren, Teile eines riesigen Puzzlespiels darzustellen schienen. Später äußerten Antonio Snider und Eduard Suess die Vermutung, daß einst ein riesiger Kontinent existiert habe; doch erst 100 Jahre nach ihrer ersten Publikation – Ende der 20er Jahre unseres Jahrhunderts – wurde eine Hypothese aufgestellt, die die beobachteten Merkmale zu erläutern versuchte.

Im Jahre 1929 begründete der Meteorologe Alfred Wegener die Kontinentaldrifttheorie. Als Sammler paläontologischer Daten über fossile Pflanzen und Tiere in der Alten und Neuen Welt sowie geologischer Materialien (Bestimmung von Strukturformen, Gesteinstypen und -alter entlang des Äquators im Atlantik) gelangte er zu dem Schluß, daß einst ein gewaltiger Kontinent bestand, der vor 200 Millionen Jahren in die heutigen Kontinente zerbrach. Diesen Riesenkontinent nannte er **Pangäa**.

Nach einem Jahrzehnt wurde seine Theorie ad acta gelegt, weil es ihm nicht gelungen war, eine Begründung zu liefern, die die Physiker und Geophysiker zu jener Zeit überzeugt hätte. Heute, 60 Jahre später, sind Kontinentaldrift und Plattentektonik anerkannte Grundkonzepte der Erdwissenschaften – doch nach wie vor ist nicht eindeutig geklärt, auf welchen Mechanismen sie beruhen!

Endgültig durchgesetzt hatte sich die Theorie von der Kontinentaldrift und der Plattentektonik in den 60er Jahren, nachdem mehrere Geologen und Geophysiker unanfechtbare Beweise für die Verbreiterung der Ozeanräume, die Aufzehrung der Ozeane und die Verschiebungsbewegungen lieferten.

## PLATTENTEKTONIK

Die Erdoberfläche ist nicht durchgehend und statisch, sondern – mit einfachen Worten ausgedrückt – wie ein riesiges Puzzle in mehrere Teile zerlegt. Es gibt dabei kontinentale und ozeanische Teile, die sich aufgrund der Strömungen im darunterliegenden Erdmantel bewegen. So fand man mit der Plattentektonik eine einfache Erklärung für die Verteilung und das Wesen der Vulkane auf den vulkanischen Inselketten im Pazifik sowie die Verteilung der Erdbeben in der Welt.

Die Theorie von der Plattentektonik besagt, daß die Lithosphäre in Teile – Schilde genannt – zerbrochen ist, die innen fest sind und sich nur in ihren Grenzbereichen in gewissem Maße verändern. Es gibt drei Arten von Grenzbereichen: divergente (Mittelozeanische Schwellen), konvergente (Subduktionszonen) und verschobene (Verwerfungen). Die Schilde bewegen sich mit konstanter Geschwindigkeit, die von der Konvektion im Erdmantel bestimmt wird.

Ehe wir zur Erläuterung der drei Arten von Grenzbereichen bzw. Randzonen kommen, wollen wir noch auf Vulkane und Erdbeben eingehen.

## VULKANE

Ein Vulkan ist eine Stelle der Erdoberfläche, an der eine heiße Gesteinsschmelze (**Magma**) zutage gefördert wird, bzw. ein durch derartige Stoffanhäufung entstandener Berg. Die verschieden zusammengesetzten Ergußgesteine (abgekühltes Magma) werden als Vulkanite bezeichnet. Erreichen die geschmolzenen Gesteine nicht die Oberfläche und kühlen unter dem Vulkan ab, so bezeichnet man sie als Plutonite.

Das heiße Magma, das aus den Vulkanen ausfließt, wird Lava genannt. Je nach Zusammensetzung des Gesteins gibt es die unterschiedlichsten Arten von Vulkanen. Von der Gesteinszusammensetzung hängt es ab, ob ein Vulkan effusiv (Kilauea, Hawaii) oder explosiv (Mt. Saint Helens, Washington) ausbricht.

Vulkane kommen an der Grenze zwischen zwei Platten, aber auch im Zentrum von Platten vor. Bei konvergenten Plattenrändern brechen sie für gewöhnlich explosiv aus; bei divergenten Rändern befinden sie sich unter Wasser und brechen effusiv aus. Oft besteht ein Zusammenhang zwischen Vulkanen im Platteninnern und heißen Stellen im unteren Bereich des Erdmantels, die ganze Vulkanketten wie z.B. auf Hawaii hervorbringen. In diesem Fall handelt es sich in der Regel um effusive Vulkane.

Wenn man die Art der Eruption vorhersagen will, um die bestehende Gefahr richtig einzuschätzen, muß man also wissen, um was für Grenzen zwischen den Platten es sich handelt. Bei starken, explosiven Eruptionen kann so viel Material in die Atmosphäre geschleudert werden, daß sich die Farbe des Sonnenuntergangs verändert oder die Temperatur weltweit um einige Grade absinkt. Dies war zum Beispiel 1880 beim Ausbruch des Krakatau in Indonesien der Fall. Ein Jahr lang gab es tiefroten Sonnenuntergänge; und in England mußte man zwei Jahre lang auf den Sommer verzichten.

## ERDBEBEN

Ein Erdbeben ist das Ergebnis einer plötzlichen Auslösung akkumulierter Spannungen zwischen zwei Teilen der Erde, die durch einen Riß – eine sogenannte Verwerfung – getrennt sind. Eine Spannungsakkumulation tritt deshalb ein, weil die beiden Seiten der Verwerfung nicht einfach aneinander vorbeigleiten können; es besteht ein Widerstand, der bewirkt, daß sie einander blockieren. Wird dieser Widerstand zu groß, geben die Blöcke nach, die Verwerfung bricht auf und es kommt zu einem Erdbeben.

Die Stärke des Erdbebens wird anhand der Richter-Skala gemessen. Dabei handelt es sich um eine Messung der durch das Erdbeben freigesetzten Energie. Außerdem gibt es noch die sogenannte Mercalli-Skala, die die fühlbaren Auswirkungen, also die subjektiv empfundene Intensität des Bebens mißt. Erdbeben kommen bei allen drei Arten von Randzonen vor, da es sich stets um Grenzen zwischen zwei Erdblöcken handelt, die auf einen Gleitwiderstand treffen.

Erdbeben finden zwar unter der Erdoberfläche statt, doch bei ihrer Lokalisierung werden Längen- und Breitengrade angegeben. Mit Hilfe dieser gedachten Linien, die die Erde wie ein Netz umspannen, wird das **Epizentrum** des Bebens fixiert. Der unter der Erdoberfläche gelegene Entstehungsort des Erdbebens wird als **Erdbebenherd** oder **Hypozentrum** bezeichnet. Je nach der Tiefe, in der sich dieser Herd befindet, erfolgt die Einteilung in flache (0-70 km), mitteltiefe (70-300) und tiefe (300-700 km) Beben. Große, flache Beben wie diejenigen, die an der San-Andreas-Verwerfung auftreten, haben eine starke zerstörerische Wirkung.

## DIVERGENTE RÄNDER

In den 50er Jahren entdeckte man, daß sich in der Mitte der Weltmeere sehr lange Gebirgsketten befinden, aus denen vulkanisches Material austritt. An diesen Mittelozeanischen Schwellen entsteht ständig neuer Ozeanboden (Basalt). Das Material baut sich symmetrisch zu beiden Seiten der Schwelle auf, wobei in der Mitte ein tiefes Tal entsteht. Dort gibt es Vulkane und flache Erdbeben. Diese Art von Grenzzone wird als **konstruktive Grenze** bezeichnet, da hier Material für den Meeresboden hergestellt wird. Abbildung 5 illustriert das Gesagte.

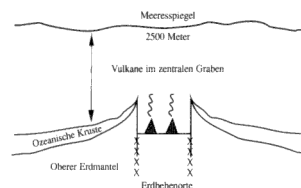


Abbildung 5 Divergente Plattenränder

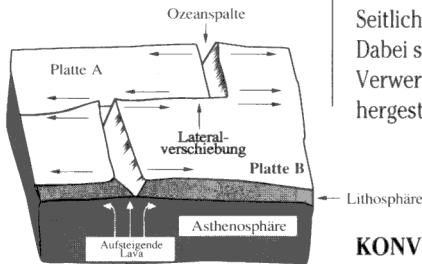


Abbildung 6 Lateralverschiebung

Die Mittelozeanischen Schwellen lassen sich durchgängig über eine Strecke von 40 000 km vom Atlantik zum Pazifik, zum Indischen Ozean usw. verfolgen.

## LATERALVERSCHIEBUNG

Seitlich versetzt zu den Schwellen befinden sich sogenannte Lateralverschiebungen. Dabei stoßen an den Plattengrenzen Schwellen an Schwellen, Schwellen an Gräben, Verwerfungen an Gräben usw. An den Lateralverschiebungen wird kein Material hergestellt und auch keines zerstört; es sind vertikale Verwerfungen, die flache Erdbeben hervorrufen. Das bekannteste Beispiel ist die San-Andreas-Verwerfung. Diese Art von Grenze zwischen zwei Platten wird in Abbildung 6 illustriert.

## KONVERGENTE RÄNDER

Wenn im Bereich der Mittelozeanischen Schwellen ständig neues Material gebildet wird, ohne daß sich die Erde vergrößert, muß offensichtlich auch irgendwo eine Zerstörung der ozeanischen Kruste stattfinden. Dies geschieht an den konvergenten Plattenrändern, die auch als **Subduktionszonen** bezeichnet werden: Eine ozeanische Platte taucht in den Erdmantel ab und gerät dabei unter eine jüngere und leichtere ozeanische oder kontinentale Platte, so wie dies bei der pazifischen ozeanischen Platte unter dem südamerikanischen Festland der Fall ist. Eine kontinentale Platte kann nicht auf diese Weise verschluckt werden. Wenn zwei Kontinente konvergieren, kommt es daher zu einer sogenannten Kontinentalkollision, wobei große Gebirgsketten entstehen. Der Himalaya ist ein Beispiel dafür.

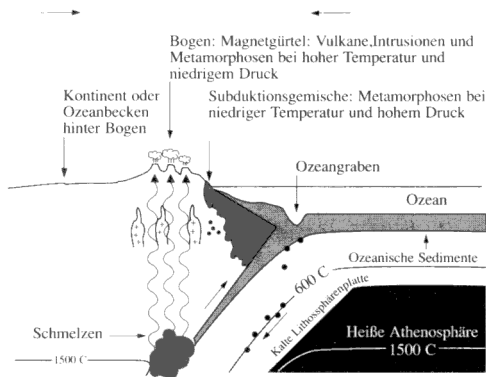


Abbildung 7 Konvergente Ränder

Bei Subduktion einer ozeanischen Platte wird Magma emporgeführt, das bis unter die obere Platte steigt und – wie in den Anden – eine Vulkanlinie bildet. Die Subduktion erzeugt 99 % der jährlich in Form von flachen, mitteltiefen und tiefen Beben freigesetzten seismischen Energie. Sie ist auch für die größten Erdbeben verantwortlich (Chile 1960, 9,5 auf der Richterskala; Alaska 1964, 9,0 auf der Richterskala). Konvergente Ränder werden in Abbildung 7 dargestellt.



Aus dem atmosphärischen und dem hydrosphärischen System (Luft und Weltmeere) erklärt sich das Klima unseres Planeten. Der Treibhauseffekt und andere Umweltprobleme unserer Tage stehen mit dem Klima im Zusammenhang. Das Klima ist Teil der äußeren Wärmekraftmaschine. Wie es sich gestaltet, hängt von der Strahlungsenergie der Sonne ab.

Die Zusammensetzung der Atmosphäre wird in Tabelle 1 dargestellt. Sie besteht zu 78 % aus Stickstoff ( $N_2$ ), zu 21 % aus Sauerstoff ( $O_2$ ), zu etwa 0,93 % aus Argon (A) und enthält geringe Mengen an Kohlendioxid ( $CO_2$ ). Außerdem sind Spuren von Stickstoffoxid ( $NO_2$ ), Methan ( $CH_4$ ) und Schwefeldioxid ( $SO_2$ ) vorhanden.

Diese Zusammensetzung hatte die Atmosphäre nicht von Anfang an. Freier Sauerstoff entstand erst mit dem Auftreten von Organismen, die Photosynthese betrieben. Darauf gehen wir später in dem Abschnitt *Leben* ein.

Die Atmosphäre besteht aus den folgenden vier Schichten (von unten nach oben): der **Troposphäre**, der **Stratosphäre**, der **Mesosphäre** und der **Thermosphäre**. Die vier Schichten sind in Abbildung 8 dargestellt.

Abbildung 8 zeigt auch den Temperaturgradienten in der Atmosphäre sowie die Lage der Ozonschicht. Ozon ( $O_3$ ) ist eine Sauerstoffverbindung, die einen großen Prozentsatz der ultravioletten Strahlung der Sonne absorbiert bzw. abweist.

Die Ozonschicht schützt uns vor der tödlichen ultravioletten Sonnenstrahlung. Durch die Nutzung von Fluorkohlenwasserstoffen wird das Loch in der Ozonschicht größer, und der Schutz verringert sich.

GAS	CHEMISCHES SYMBOL	GEHALT (Volumen%)
Stickstoff	$N_2$	78,09
Sauerstoff	$O_2$	20,95
Argon	A	0,93
Kohlendioxid	$CO_2$	0,03
<b>Gesamt</b>		<b>100,00</b>

Tabelle 1 Hauptbestandteile trockener Luft

# KLIMA

## DIE ATMOSPÄRE

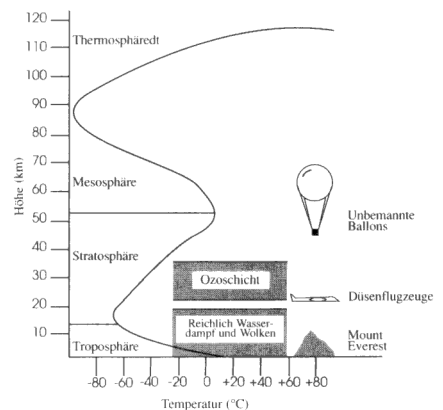


Abbildung 8 Aufbau und Temperatur der Atmosphäre

## OZEANE

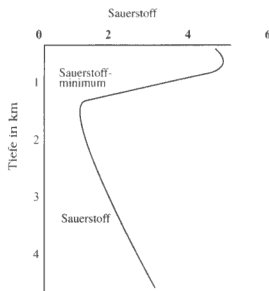


Abbildung 9 Sauerstoffgehalt der Ozeane

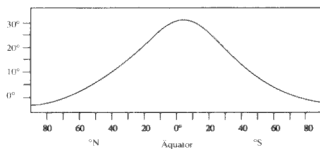


Abbildung 10A Oberflächentemperatur der Ozeane

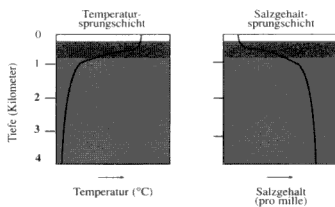


Abbildung 10B Temperatur und Salzgehalt der Ozeane

Ozeane bestehen nicht einfach nur aus Wasser, sondern enthalten in gelöster Form auch zahlreiche andere Elemente wie z.B. Natrium, Kalium und Calcium sowie Gase wie z.B. Kohlendioxid (siehe Tabelle 2). Alle gelösten Substanzen sind von lebenswichtiger Bedeutung für die Meeresfauna und -flora.

Das Leben in der Tiefe des Ozeans ist dadurch eingeschränkt, daß Licht und Nahrung nur in begrenztem Maße zur Verfügung stehen. Den oberen, hellen Bereich (die oberen 200 Meter) bezeichnet man als **euphotische Zone**, die tieferen und dunkleren Schichten als **aphotische Zone**. Wie aus Abbildung 9 ersichtlich, nimmt der Sauerstoffgehalt der Weltmeere in der Tiefe ebenfalls stark ab.

Die in der nachstehenden Abbildung dargestellte Struktur der Weltmeere zeigt, daß die Wassertemperatur in tropischen und gemäßigten Zonen bei einer Tiefe von 2000 Metern bis auf 4 °C absinkt. Abbildung 10 zeigt außer der Temperaturkurve auch den Salzgehalt in der Schichtenfolge des Ozeans.

ELEMENT	MENGE IM OZEAN (Gramm)	VERWEILZEIT (Jahre)
Natrium	$147 \times 10^{20}$	260 000 000
Magnesium	$18 \times 10^{20}$	12 000 000
Kalium	$5,3 \times 10^{20}$	11 000 000
Calcium	$5,6 \times 10^{20}$	1 000 000
Silicium	$5,2 \times 10^{18}$	8 000
Mangan	$1,4 \times 10^{15}$	700
Eisen	$1,4 \times 10^{16}$	140
Aluminium	$1,4 \times 10^{16}$	100

Tabelle 2 Verweilzeit ausgewählter Elemente im Meerwasser

Die zum Ablauf aller Vorgänge auf der Erdoberfläche benötigte Energie wird von der Sonne geliefert. Durch die Sonneneinstrahlung – auch **Insolation** genannt – werden das Leben und die geologischen Prozesse auf der Erde angeregt.

Seit der Entstehung unseres Sonnensystems hat die Sonne mit ständig zunehmender Intensität Wärme ausgestrahlt. Dies ist eine natürliche Folge ihres Wachstums als Stern. Ein Stern wie die Sonne hat eine Lebensdauer von etwa 1,4 Billionen Jahren, was bedeutet, daß die Sonne noch weitere 10 Milliarden Jahre bestehen wird. Im Laufe der Zeit wird sich die Sonneneinstrahlung weiter verstärken, so daß die Oberflächentemperatur der Erde ständig ansteigt, bis die Sonne verlischt. Wenn es einst dazu kommt, wird vielleicht auch das Leben auf der Erde verlöschen, falls es nicht zur Entwicklung von Lebensformen kommt, die von der Photosynthese unabhängig sind.

Das Klima richtet sich danach, wieviel Sonnenenergie die Erde jeweils empfängt. Von der empfangenen Sonnenenergie werden auch die Jahreszeiten (Winter und Sommer) und die Klimazonen bestimmt. Abbildung 11 zeigt den Einfallswinkel der Sonnenstrahlen auf der Erde zu verschiedenen Jahreszeiten und in verschiedenen Breiten. Nicht nur der Wechsel von Sommer und Winter ist Ausdruck des unterschiedlichen Zugangs an Sonnenenergie. Es gibt auch noch andere, längere Zyklen, die in direktem Zusammenhang mit langfristigen Temperatur-veränderungen auf der Erde (z.B. Vergletscherungen) stehen.

Seit Louis Agassiz im 19. Jahrhundert feststellte, daß die jüngsten Eiszeiten vor 10 000-15 000 Jahren stattgefunden hatten, gab es unter den Wissenschaftlern immer wieder Diskussionen über die möglichen Ursachen.

In den 30er Jahren unseres Jahrhunderts stellte der jugoslawische Astronom Milutin Milankovitch eine mathematisch begründete Theorie über Vergletscherung und langfristige klimatische Veränderungen auf: die astronomische Klimatheorie. Diese besagt, daß sich Abweichungen der Erdumlaufbahn auf das Klima auswirken, indem sie Veränderungen in der Verteilung der einfallenden Sonnenstrahlung in Abhängigkeit von Jahreszeiten und Breitenlagen hervorrufen.

## SONNENWÄRME – SONNENEIN- STRAHLUNG

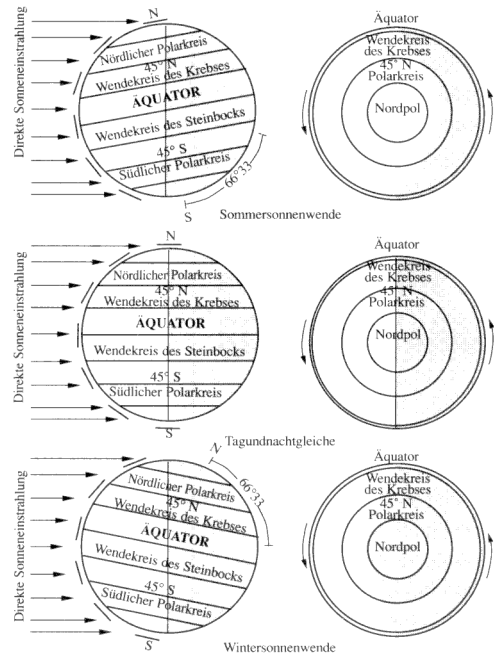


Abbildung 11 Einfall der Sonnenstrahlung auf der Erde

## EISZEITEN UND VERÄNDERUNGEN DER ERDUMLAUFBAHN

Zu unterschiedlichen Jahreszeiten treffen die Sonnenstrahlen mit einem unterschiedlichen Einfallswinkel auf. Dieser hängt von der Neigung der Rotationsachse der Erde ab (**Achsenneigung**). Da der Neigungswinkel in Relation zu einer Ebene gemessen wird, die die Sonne kreuzt und die Erdumlaufbahn einschließt (Ebene der Ekliptik), spricht man im Zusammenhang mit der Achsenneigung von der **Schiefe der Ekliptik**.

Ein weiterer Faktor, der den Einfallswinkel der Sonnenstrahlung beeinflusst, ist die **Präzession**. Dieser Wert gibt an, wie die Äquinoktialpunkte aufeinanderfolgen und welche jahreszeitlichen Unterschiede dies bewirkt. Die Präzession ist vom Perihel (dem Punkt, an dem die Erde der Sonne am nächsten ist) abhängig.

Letztlich wird der Einfallswinkel der Sonnenstrahlung auch noch durch die **Exzentrizität** bestimmt. Dieses Maß gibt an, wie weit die Umlaufbahn der Erde um die Sonne vom perfekten Kreis abweicht.

Schiefe, Exzentrizität und Präzession der Tagundnachtgleiche bezeichnet man als **Bahnparameter**, und Schwankungen dieser Parameter ziehen Veränderungen der Strahlungsintensität und damit Klimawechsel nach sich. Diese Parameter verursachen Veränderungen von unterschiedlicher Zyklusdauer:

Exzentrizität	Lange Zyklen	95 000, 136 000, 413 000 Jahre
Schiefe	Mittlere Zyklen	41 000 Jahre
Präzession	Kurze Zyklen	19 000, 23 000 Jahre

Klimawechsel werden nach der Dauer ihrer Zyklen klassifiziert:

Tektonisches Band	Mehr als 400 000 Jahre
Milankovitch-Band	10 000 bis 400 000 Jahre
Jahrtausendband	400 bis 10 000 Jahre
Dekadenband	10 bis 400 Jahre
Interannualband	2,5 bis 10 Jahre
Annualband	0,5 bis 2,5 Jahre

Veränderungen im tektonischen Band werden tektonischen Auswirkungen wie z.B. der Gebirgsbildung zugeschrieben. Dies ist ein Forschungsthema der Paläoklimatologie und wird als **Tektoklimatologie** bezeichnet.

Veränderungen im Milankovitch-Band gehen auf Veränderungen der obengenannten Bahnparameter zurück. Diese sind ein direktes Ergebnis der Anziehungskraft, die die Riesenplaneten (Jupiter und Saturn) auf die Erde ausüben.

Veränderungen im Jahrtausendband werden dem Ausstoß vulkanischer Gase und der Expansion bzw. Kontraktion alpiner Gletscher zugeschrieben. Sie sind eine Folge von explosiver vulkanischer Aktivität.

Veränderungen im Jahresband und im interannualen Band schließlich werden auf die bekannten jahreszeitlichen Schwankungen der Sonneneinstrahlung

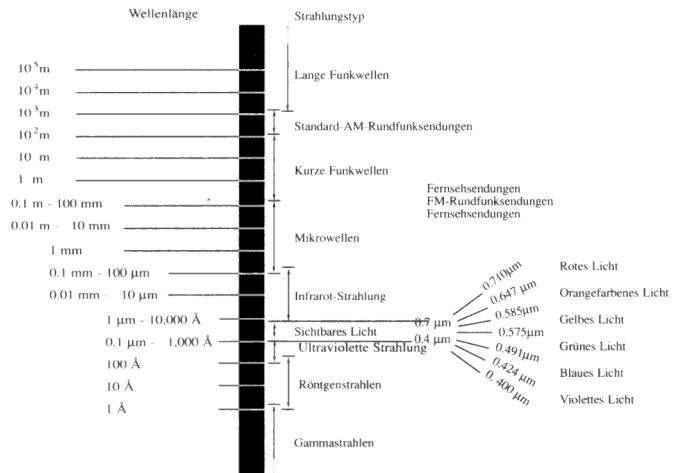
zurückgeführt. Diese sind unter Umständen keine Folge der Beschaffenheit der Erdumlaufbahn, wie sie mit den Bahnparametern gegeben ist, sondern ein Ergebnis dessen, daß sich die Erde um ihre eigene Umlaufbahn herumbewegt (z.B. Lageänderung der Rotationsachse).

Häufig auftretende Veränderungen der Sonnenstrahlung stehen auch mit den Sonnenfleckenzyklen im Zusammenhang. Sonnenflecken sind dunkle Gebiete auf der Sonnenoberfläche, die eine geringere Temperatur aufweisen. Sonnenfleckenzyklen sind Schwankungen in der ultravioletten Strahlung der Sonne. Die durchschnittliche Dauer eines Zyklus beträgt 11 Jahre. Nach wie vor ist der Einfluß der Sonnenfleckenzyklen auf das Klima ein umstrittenes und vieldiskutiertes Thema. Abbildung 12 zeigt die Temperaturänderungen in den letzten 80 000 Jahren.

Die von der Sonne empfangene Strahlung wird von der Erde nicht einfach passiv absorbiert. Ein Teil davon wird wieder an den Weltraum zurückgegeben; allerdings mit einer niedrigeren Frequenz. Während die Sonnenstrahlung das ganze Lichtspektrum von UV (Ultraviolett) bis IR (Infrarot) umfaßt, liegen die von der Erde kommenden Emissionen im Infrarotspektrum. Das Lichtspektrum wird in Abbildung 12 dargestellt.

Ein Teil der Sonnenstrahlung (UV-Strahlen) wird von der Ozonschicht absorbiert, ein weiterer Teil von Wolken und Festkörpern reflektiert, ein Teil von Wasserdampf, Staubteilchen und Wolken absorbiert; außerdem werden 47 % vom Boden absorbiert. Abbildung 13 gibt eine Illustration dazu.

Daß die Sonne uns nicht brät, haben wir der **Albedo** zu verdanken. Dies ist die Bezeichnung für den Anteil der Strahlungsenergie der Sonne, der von Wolken, Wasser und Festlandoberflächen reflektiert wird. In Tabelle 3 wird die Albedo einiger fester und flüssiger Materialien aufgeführt.



## DIE REAKTION DER ERDE AUF DIE SONNENWÄRME

Abbildung 12 Das elektromagnetische Spektrum

## ALBEDO

OBERFLÄCHE	%
Neuschnee, Sonne hochstehend	80-85
Neuschnee, Sonne tiefstehend	90-95
Altschnee	50-60
Sand	20-30
Gras	20-25
Trockene Erde	15-25
Nasse Erde	10
Wald	5-10
Wasser (Sonne am Horizont)	50-80
Wasser (Sonne im Zenit)	3-5
Dicke Wolke	70-80
Dünne Wolke	25-50
Planetarische Albedo	30
Eis	50-70
Trockene Felder	20-25
Grüne Felder	3-15

Tabelle 3 Albedo verschiedener Oberflächen

## WÄRME- TRANSPORT & WECHSELWIRKUNG VON OZEAN UND ATMOSPÄRE

Die Albedo ist also das Verhältnis von reflektiertem zu empfangenem Licht. Die Gesamtalbedo der Erde und ihrer Atmosphäre ist das Ergebnis der kombinierten Wirkungsweise mehrerer Mechanismen.

Es befinden sich Satelliten im Umlauf, die die Albedo messen und so die Erwärmung der Erdoberfläche bei Sonneneinstrahlung verfolgen. Die an Bord befindlichen Instrumente messen sowohl die von der Sonne kommende als auch die von der Atmosphäre und der Erdoberfläche abgegebene Strahlung im Kurzwellen- und Infrarotbereich. Die Durchschnittsalbedo der Erde beträgt schätzungsweise zwischen 29 und 34 Prozent.

Für die Rückgabe der Strahlung an den Weltraum sind die folgenden vier Hauptmechanismen verantwortlich:

- Reflektion durch Staub, Salz, Asche und Rauchpartikel in der Luft;
- Reflektion durch Wolken;
- Reflektion durch den Boden; und
- Brechung durch Luftmoleküle.

Hat ein Strahl trotz aller Hindernisse die Erde erreicht, kann es ihm passieren, daß er durch die Erdalbedo abgewiesen wird. Diese hängt von der Zusammensetzung der Oberfläche ab. Die durchschnittliche Oberflächenalbedo beträgt nur 4 %, doch in manchen Gebieten – beispielsweise an den Polen – erreicht sie 50 bis 70 %. In Tabelle 3 sind einige Werte aufgeführt.

Aufgrund der hohen Albedo von Schnee beeinflusst der jährliche Schneefall das Klima und die Durchschnittstemperatur auf der Erde. Den gleichen Effekt werden eines Tages die Wüsten haben, wenn sie sich weiter ausbreiten. Obwohl Wald eine sehr geringe Albedo hat, wirkt sich die Rodung der Wälder ebenfalls auf das Wetter aus, da trockener freier Boden mit hoher Albedo entsteht. Die Erde gibt die Wärme nicht ab, sondern transportiert sie von den äquatorialen Breiten in die polaren Breiten.

Die vom Boden und von der Oberfläche der Weltmeere aufgenommene Wärmemenge ist am Äquator aufgrund der stärkeren Sonneneinstrahlung größer als an den Polen. Durch die Atmosphäre und durch die Ozeane wird diese Wärme vom Äquator zu den Polen befördert. Die Atmosphäre benutzt dazu den Wind und Konvektionszellen (wie der Erdmantel in der inneren Wärmekraftmaschine), die Ozeane benutzen Strömungen – teils an der Oberfläche, teils in der Tiefe.

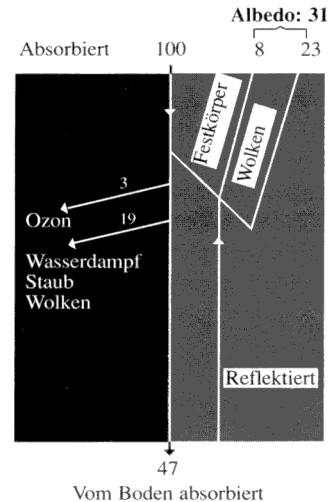


Abbildung 13 Strahlungshaushalt

## ATMOSPHERISCHER TRANSPORT

Der atmosphärische Transport bzw. die globale Zirkulation wird größtenteils durch den Wind bewerkstelligt. Die globale Zirkulation ist durch das Vorhandensein permanenter Hoch- und Tiefdruckgebiete, auch Aktionszentren genannt, und durch beständige Windsysteme gekennzeichnet.

In den niederen Breiten und in bodennahen Luftschichten dominieren die Ostpassate. In den höheren Breiten und in den hohen Luftschichten dominieren die vorherrschenden Westwinde. Die Existenz von Windzonen erklärt sich aus der ablenkenden Kraft der Erdrotation bei einer Bewegung entlang der Meridiane, der sogenannten **Corioliskraft**. Sie bewirkt unter anderem, daß Teilchen auf der Nordhalbkugel zu einer Bewegung nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links tendieren. Die Triebkraft dieser Zirkulation ist die Unterschiedlichkeit der Sonneneinstrahlung in den verschiedenen Breitenkreisen.

In Bodennähe herrscht am Äquator ein geringer und an den Polen ein hoher Luftdruck. Dadurch kommt es zu einer Zirkulation entlang der Meridiane, bei der angewärmte Luft in Äquatornähe aufsteigt und in Richtung Pol fließt, während abgekühlte Luft in den höheren Breiten absinkt und am Boden in Richtung Äquator strömt. Durch die Corioliskraft wird der zum Pol fließende Luftstrom nach Osten abgelenkt, wodurch Westwinde entstehen; die Ablenkung des am Boden zum Äquator fließenden Luftstroms verursacht die Ostwinde. Da die Reibung an der Erdoberfläche einen Ausgleich zwischen Luftdruck und Corioliskraft nicht zuläßt, erfolgt die Zirkulation nicht nur zonal, sondern auch entlang der Meridiane.

Die meridionale Zirkulation wurde im 18. Jahrhundert von George Hadley entdeckt, und daher leitet sich die Bezeichnung "Hadley-Zellen" für das Schema dieser Zirkulation ab. Da aufgrund der Reibung kein Ausgleich zwischen Luftdruck und Corioliskraft zustande kommt, ist die Druckkraft in großer Höhe stärker als die Corioliskraft, wodurch die Luft in den oberen Schichten in Richtung Pol getrieben wird. In den höheren Breiten wird dann die Luft abgekühlt und sinkt nach unten, womit die in Abbildung 14 dargestellt meridionale Hadley-Zelle vollständig ist.

Die Funktionsweise der Hadley-Zellen (eine Zelle pro Halbkugel) besteht darin, daß sie überschüssige Sonnenwärme aus den niederen in die höheren Breiten befördern. In Wirklichkeit sieht das Zirkulationsschema nicht so simpel aus, daß auf jeder Halbkugel nur eine Hadley-Zelle existiert. Das liegt an einem physikalischen Gesetz, der sogenannten Erhaltung des Impulsmoments. Dieses Gesetz bewirkt, daß die Hadley-Zellen Winde mit sehr hoher Geschwindigkeit erzeugen, die ihrerseits eine starke Instabilität im Schema der globalen Zirkulation bewirken. Auch durch die Reibung zwischen Erde und Atmosphäre gestalten sich die Hadley-Zellen komplizierter.

Der Wärmetransport erfolgt auch durch Wellen und Wirbel. Wellen in der Atmosphäre sind das Ergebnis einer Störung der zonalen Strömung durch Winde mit hoher

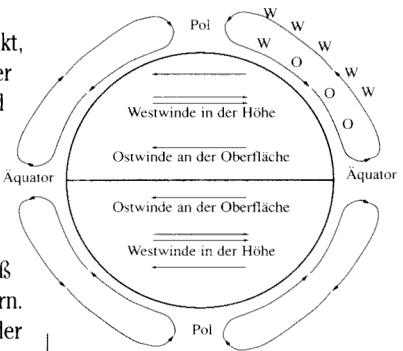


Abbildung 14 Hadley-Zellen

Geschwindigkeit und laterale Luftvermischung. Auch Wirbel bzw. Strudel und Hoch- bzw. Tiefdruckgebiete sind die Folge einer Störung der zonalen Strömung. Sie sind sehr effektiv beim Transport von Wärme in nordsüdlicher Richtung.

## **OZEANISCHER TRANSPORT**

Der Transport der durch die Sonneneinstrahlung entstandenen Wärme erfolgt auch auf dem Wege ozeanischer Zirkulation. Die Zirkulation in den Weltmeeren gehört zu den Hauptfaktoren im gesamten Wärmehaushalt der Erde.

Die Ozeane fungieren als großes Wärmereservoir für unseren Planeten. Durch die Sonnenenergie wird die Oberfläche des Ozeans aufgeheizt; die Wärme wird dort gespeichert und mittels ozeanischer Strömungen sowohl an der Oberfläche als auch in der Tiefe transportiert. Wie die Atmosphäre bewegen auch die ozeanischen Strömungen die Wärme aus den niederen in die höheren Breiten.

## **WÄRMESPEICHERUNG**

Als sehr große Wasserspeicher können die Ozeane auch große Mengen an Wärme speichern, ohne daß sich ihre durchschnittliche Oberflächentemperatur wesentlich ändert. Dafür wurde der Begriff **„klimatisches Schwungrad“** geprägt.

Ozeane können die Wärme besser speichern als der Boden oder die Luft, und am Äquator absorbieren sie mehr Wärme pro Flächeneinheit als an den Polen. Durch Konvektion gelangt die Wärme in die kälteren Gebiete. Die mildernden Auswirkungen auf das Klima kann man in Küstenregionen mit gemäßigttem Klima beobachten, wo die warme Luft vom Meer zum Festland befördert wird.

## **OBERFLÄCHENSTRÖMUNGEN**

Die durch den Wind verursachte Zirkulation in den Ozeanen ist zwar stark, wirkt jedoch nur bis zu einer Tiefe von 1000 Metern. Das in den vorangegangenen Abschnitten beschriebene Windsystem setzt die Wasseroberfläche unter Spannung und erzeugt Oberflächenströmungen. In allen Ozeanen werden die Äquatorialströmungen durch die Ostpassate hervorgerufen.

Treffen diese Strömungen auf Festland, so werden sie – wie im Atlantik und Pazifik – nach Norden und Süden abgelenkt. Die so abgelenkten Strömungen bewegen sich entlang der westlichen Ozeanbereiche; von allen in den Weltmeeren auftretenden Strömungen sind sie am stärksten. Ein Beispiel dafür ist der Golfstrom.

Diese Strömungen werden durch die Westwinde quer durch den Ozean getrieben und bilden andere Strömungen, die wieder in die äquatorialen Gebiete zurückfließen. Damit entstehen ähnlich wie bei der atmosphärischen Zirkulation komplette Konvektionszellen. Diese Zellen treten in subtropischen Regionen im Nord- und Südpazifik, Nord- und Südatlantik und im südlichen Indik auf. Die Nord- und Südzellen sind durch einen nach Osten fließenden Gegenstrom voneinander getrennt. Im nördlichen Indik existiert eine ähnliche Zelle, doch wechselt sie alle sechs Monate ihre Richtung. Dies ist auf Umkehrungen in der atmosphärischen Zirkulation zurückzuführen, die man als **Monsune** bezeichnet. Einige schwächere Zellen befinden



sich im nördlichen Subpolargebiet. In den südlichen Zellen wird die Strömung nicht durch Festland behindert, so daß der antarktische Zirkumpolarstrom die Erde vollständig umkreist. Triebkraft der Zirkulation ist das Druckgefälle zwischen den höheren und den tieferen Bereichen der Meeresoberfläche.

Auch die Einwirkung des Windes auf die Ozeanoberfläche verursacht vertikale Bewegungen. Diese vertikalen Strömungen werden Aufwallungen genannt und setzen immer dann ein, wenn die vorherrschenden Winde parallel zu einer Küste wehen. Zu diesen Aufwallungen kommt es in den Küstengewässern und in den oberflächennahen Schichten, die oft durch Nährstoffreichtum gekennzeichnet sind. Dadurch können sich Gebiete mit hoher biologischer Produktivität entwickeln.

## TIEFENSTRÖMUNGEN

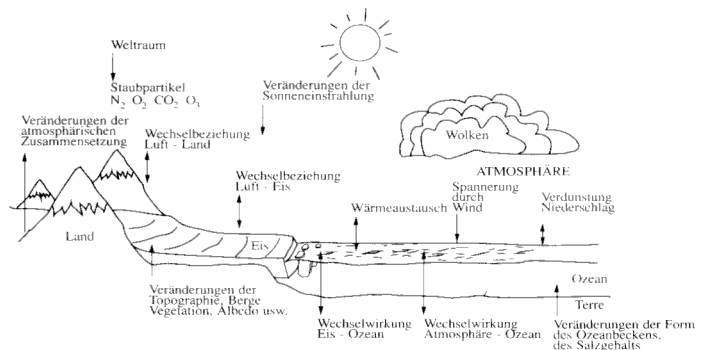
Durch Unterschiede in der Dichte des Wassers wird eine Tiefenzirkulation hervorgerufen, die als **thermohaline Zirkulation** bezeichnet wird. Diese Dichteunterschiede entstehen an der Grenzfläche von Luft und Wasser. Zurückzuführen sind sie auf Unterschiede in der empfangenen Wärmemenge und auf die Folgen von Verdünnung und Verdunstung. Das kalte und dichte Wasser in den höheren Breiten sinkt nach unten und fließt langsam zum Äquator. Dies ist ein Konvektionsprozeß, ähnlich dem, der im Erdmantel vonstatten geht. Er findet hauptsächlich an zwei Stellen statt: im Nordatlantik und in der Antarktis.

Das nordatlantische Tiefenwasser läßt sich durch seine Temperatur, seinen Sauerstoff- und Salzgehalt sehr deutlich abgrenzen. Das antarktische Bodenwasser fließt den Ozeanboden entlang in Richtung Norden und kreuzt dabei den Äquator. Der Weg, den das Bodenwasser nimmt, wird durch die Topographie des Ozeanbodens beeinflusst.

## WECHSELBEZIEHUNG VON ATMOSPHERE UND OZEAN

Die Wechselbeziehung von Atmosphäre und Ozean, der Wasserkreislauf also, ist in Abbildung 15 dargestellt. Man kann diesen Kreislauf wie folgt zusammen-fassen: Der über die Wasseroberfläche wehende Wind erzeugt Wellen, vermischt das Wasser in den oberen Schichten und entfernt den Wasserdampf von der Oberfläche. Durch Verdunstung gelangt das im Wasserdampf enthaltene Wasser in die Atmosphäre; von dort aus gelangt es als Niederschlag wieder auf den Boden und damit in die Flüsse und in das Grundwasser, die es letztendlich wieder ins Meer zurückbefördern.

Abbildung 15 Wechselbeziehung von Ozean und Atmosphäre



# TREIBHAUSEFFEKT UND WOLKENDECKE UND IHRE

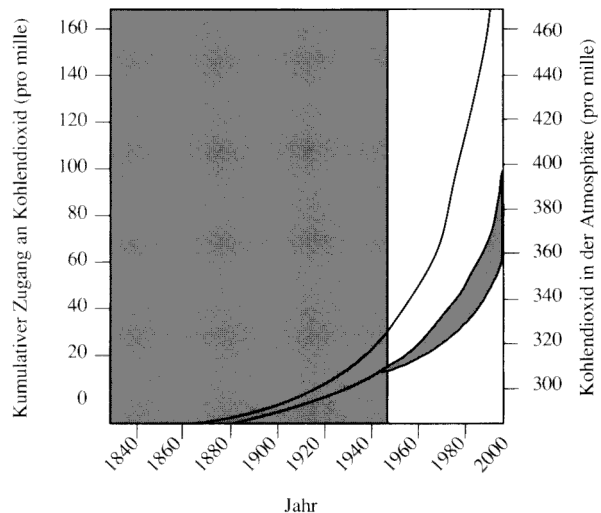
Abbildung 16 CO<sub>2</sub>-Werte in der  
Vergangenheit

## DER TREIBHAUSEFFEKT

In den letzten Jahren war zwar oft von der globalen Erwärmung und vom Treibhauseffekt als Folge zunehmender Nutzung fossiler Brennstoffe und zunehmender Entwaldung die Rede, doch nur wenige wissen genau, was der Treibhauseffekt eigentlich ist und wie man die mit ihm verbundenen störanfälligen Gleichgewichtsverhältnisse auf der Erde messen kann. Was die globale Erwärmung anbelangt, so können nicht einmal die Experten das voraussichtliche Verhalten der Erde einschätzen, weil niemand genau weiß, wie es in der Vergangenheit um Klimaschwankungen und CO<sub>2</sub>-Werte auf der Erde bestellt war.

Der Treibhauseffekt kann wie folgt beschrieben werden:

Die Atmosphäre der Erde ist für die einfallenden sichtbaren Strahlen der Sonne recht durchlässig, doch wird die Strahlung zu 48 % vom Boden absorbiert und in Form von Infrarotstrahlung wieder abgegeben. Für Infrarot aber ist die Atmosphäre undurchlässig, weil Kohlendioxid und Wasserdampf die Strahlung absorbieren, so daß sie nicht zurück in den Weltraum gelangt. Durch diese Strahlungsabsorption heizt sich die Atmosphäre auf und strahlt Wärme an die Erde ab. Ohne diesen Effekt läge die Oberflächentemperatur der Erde unterhalb des Gefrierpunktes, und die Ozeane wären riesige Eisflächen.



Jeder Vorgang, der das sehr störanfällige Verhältnis von  $\text{CO}_2$  und Wasserdampfmolekülen verändert, kann Folgen für das Klima haben. Durch die Nutzung fossiler Brennstoffe erhöht sich der  $\text{CO}_2$ -Anteil in der Atmosphäre, und durch die Vernichtung der Wälder am Amazonas wird die Flora und damit die Aufnahme von  $\text{CO}_2$  und Abgabe von Sauerstoff an die Atmosphäre eingeschränkt.

Seit Beginn der Industriellen Revolution ist der  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre ständig gestiegen und hat Werte erreicht, von denen man annimmt, daß sie noch nie so hoch lagen (Abbildung 17 zeigt den Anstieg seit 1840 sowie Vorhersagen für die Zukunft). In dem Bemühen um Wiederherstellung des Gleichgewichts nimmt die Natur einen Teil der  $\text{CO}_2$ -Moleküle aus der Atmosphäre und löst sie in den Ozeanen auf, doch der Mensch setzt so viel  $\text{CO}_2$  frei, daß die Erde es von selbst nicht schafft.

Die durch den Treibhauseffekt hervorgerufene weltweite Erhöhung der Temperatur kann auch dazu führen, daß sich der Meeresspiegel durch teilweises Abschmelzen der arktischen Eisdecke um 70 Meter oder mehr hebt. Für viele Küstenstädte hätte dies verheerende Folgen.

## **DIE WOLKENDECKE**

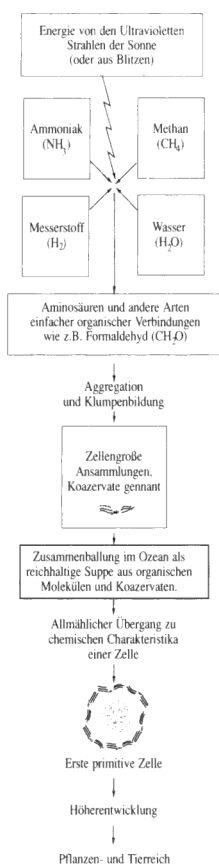
Wir sind bereits kurz darauf eingegangen, welche Wirkung die Wolkendecke in bezug auf Albedo und Sonneneinstrahlung hat. Die Wolkendecke beeinflusst auch die Reflektion der einfallenden Sonnenstrahlung. Wenn heiße Luft in die unteren Schichten der Atmosphäre aufsteigt und kondensiert, entstehen Wolken. Klare Luft sinkt zum Boden hin ab, wo sie erwärmt wird. Beim Erwärmen steigt sie auf und gelangt in die Atmosphäre, wo sie sich abkühlt und kondensiert. Dabei wird sehr viel Wasserdampf gebunden, der das Sonnenlicht reflektiert und so dessen Intensität verringert.

Bei fortschreitender weltweiter Erwärmung würde mehr Wasser verdampfen, damit würde mehr Wasserdampf in die Atmosphäre gelangen, die so entstehenden Wolken würden den Himmel stärker bedecken und die Intensität des einfallenden Sonnenlichtes weiter verringern. Dadurch könnte zwar die Erwärmung ausgeglichen werden, aber es ist nicht zu vergessen, daß der Wasserdampf auch die Infrarotstrahlung absorbiert.

# LEBEN

## DER URSPRUNG DES LEBENS

Abbildung 17 Ursprung des Lebens



Warum gedeiht Leben auf der Erde, aber nicht auf anderen Planeten? Im folgenden Abschnitt wollen wir einen Blick auf die Geschichte der Evolution auf unserem Planeten vom Ursprung des Lebens bis hin zur Entwicklung von Vertebraten und Menschen werfen.

Zu Beginn der zwanziger Jahre unseres Jahrhunderts vertrat Alexander (Iwanowitsch) Oparin, ein junger russischer Biochemiker, die Meinung, daß das Leben an irgendeinem Punkt in der Erdgeschichte begonnen haben müsse und daß es möglich sein müsse, glaubwürdige Theorien über das Wann und Wie aufzustellen.

Oparin ging davon aus, daß die Atmosphäre der Uerde keinen Sauerstoff, dafür aber Gase wie z.B. Ammoniak, Methan und Wasserstoff enthielt. In einer solchen (ozonfreien) Atmosphäre fand eine Erregung der Bestandteile durch UV-Strahlen statt, und dadurch wurden die ersten synthetischen Reaktionen zwischen organischen Verbindungen – beispielsweise Aminosäuren, die ja die Bausteine des Lebens darstellen – ausgelöst. Letztere verbanden sich zu langen Ketten und nahmen eventuell die Züge einer primitiven Zelle an. Diese erste Verschmelzung von Verbindungen bezeichnete er als **Ursuppe**. In Abbildung 17 wird dieser Prozeß illustriert.

In den 50er Jahren demonstrierte Stanley Miller anhand eines Experiments, wie sich das Ganze abgespielt haben könnte. Er baute eine Apparatur, von der aus Stromstöße – vergleichbar mit Blitzen – in eine Ursuppe abgegeben wurden, wodurch es zur Entstehung von Aminosäuren kam. Wie der Schritt von der Aminosäure zum eigentlichen Leben und zur genetischen Kodierung vor sich geht, ist jedoch nach wie vor unklar. Es gibt noch andere Theorien, denen zufolge die Atmosphäre damals in Anbetracht des Entweichens von Gasen hauptsächlich aus Kohlendioxid, Wasserdampf und Stickstoff bestand. Auch in dieser Umgebung entstanden Aminosäuren.

Wieder andere Theorien besagen, daß die Bausteine des Lebens auf erdnahen Kometen entstanden waren und mit diesen auf die Erde kamen. Der Ursprung der Nukleinsäuren DNA und RNA, die die Reproduktion des Lebens und die Weitergabe genetischer Informationen an die Nachkommenschaft ermöglichen, ist nicht bekannt; doch bildete dies ohne Zweifel den entscheidenden letzten Schritt auf dem Wege zur Entstehung organisierter Lebensformen.

Wer einmal "Raumschiff Enterprise" gesehen hat, kann sich vielleicht erinnern, daß in einigen Folgen darüber diskutiert wird, ob es nicht Lebensformen geben könnte, die auf Silizium statt auf Kohlenstoff basieren (Si und C gehören derselben Gruppe an und weisen viele gemeinsame Merkmale auf). Die Existenz solcher Lebensformen ist höchst unwahrscheinlich, da eine der hervorstechendsten Eigenschaften von Kohlenstoff darin besteht, daß er im Gegensatz zum festen Silizium bei Raumtemperatur gasförmig ist. Dadurch war der Kohlenstoff zur Herstellung organischer Verbindungen im flüssigen Zustand bei niedrigen Temperaturen in der

Lage, während bei Silizium ein höherer Energiebedarf bestanden hätte. Silizium ist zu schwer und zu träge, um bei Temperaturen zu reagieren, bei denen die uns bekannten Lebensformen existieren können.

Bei den Spuren der ältesten bekannten Organismen auf der Erde handelt es sich um kohlenstoffhaltige Überreste primitiver Zellen ohne Zellkern, deren Alter mit 3,5 Milliarden Jahren angegeben wird. Den **Prokaryoten**, die auch heute noch in Form von Bakterien, Algen, Amöben und anderen einfachen Organismen vorkommen, fehlen außer dem Zellkern, der alles genetische Material enthält, auch spezielle Organellen für andere Zellaktivitäten. Diese ersten Organismen waren eventuell **anaerob** und ernährten sich von Methan. Vor zwei Milliarden Jahren war unser Planet bereits von organisierten Lebensformen – wie z.B. Algen – bevölkert.

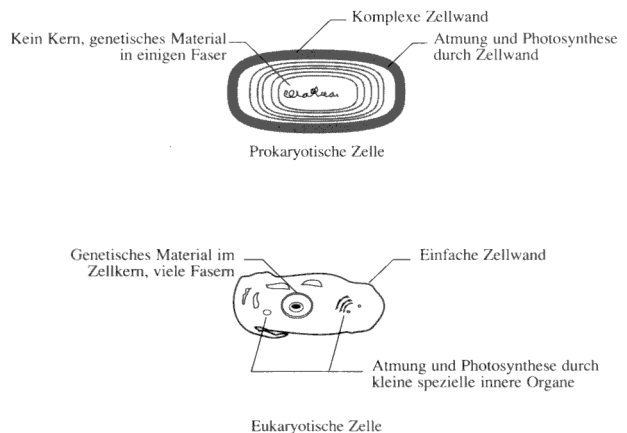
Vor einer Milliarde Jahren entwickelte sich die **eukaryotische** Zelle, die einen Zellkern besaß. Eine der am meisten verbreiteten Theorien über den Ursprung der Eukaryoten besagt, daß zwei prokaryotische Zellen nach der Mitose (Zellteilung) entweder aneinander haftenblieben oder eine Symbiose eingingen. Vielleicht schloß auch eine Zelle die andere ein, und aus der "eingefangenen" Zelle entwickelten sich der Zellkern sowie mehrere andere Organellen, die in der Zelle verschiedene Funktionen wie z.B. Atmung, Stoffwechsel usw. übernahmen. Das zeigt sich auch an den heutigen Eukaryoten in den **Mitochondrien** (die Organellen, die für unsere Atmung zuständig sind): Sie besitzen ihr eigenes genetisches Material, das sie unabhängig vom übrigen genetischen Material in der Zelle kopieren. Abbildung 19 zeigt den Unterschied zwischen Eukaryoten und Prokaryoten.

Kurze Zeit nach der Entwicklung der eukaryotischen Zellen (in der geologischen Epoche) entstanden die ersten Vielzeller oder **Metazoen**. Damit kam es zur Evolution einer Vielfalt von Lebensformen, darunter von Weichtieren, wie sie in der Ediacara-Fauna in Australien und im Burgess-Schiefer in Kanada gefunden wurden. Nachdem sich in rascher Folge die verschiedensten Weichtiere entwickelt hatten, traten vor 600 Millionen Jahren im **Kambrium** die ersten Schalentiere auf.

In dem Zeitraum zwischen einer Milliarde Jahren und 600 Millionen Jahren vor der Gegenwart ging die Evolution mit einem solchen Tempo vonstatten, daß man sie schon als explosionsartig bezeichnen kann. Hatten einst Algen und Bakterien die Welt beherrscht, so war diese nunmehr bevölkert mit den unterschiedlichsten Arten, die sich auf die eine oder andere Weise bis zum heutigen Tage fortgepflanzt

## DIE ERSTEN ORGANISMEN

Abbildung 18 Zelltypen



# ENTSTEHUNG EINER SAUERSTOFF- REICHEN ATMOSPHERE UND PHOTOSYNTHESE

haben. Zu jener Zeit lebten mehr Arten, als seither neu entstanden sind. Die geologischen Formationen und ihre verschiedenen Lebensformen sind in Tabelle 4 aufgeföhrt.

ÄRA	PERIODE	EREIGNISSE	BEGINN VOR MILLIONEN JAHREN
<b>KÄNOZOIKUM</b>	Quartär	Zeitalter des Menschen. Vier Eiszeiten.	2
	Tertiär	Mehr Säugetiere. Auftreten von Primaten. Gebirgsbildung in Europa und Asien.	65
<b>MESOZOIKUM</b>	Kreide	Aussterben der Dinosaurier. Mehr blühende Pflanzen und Reptilien.	140
	Jura	Vögel. Säugetiere. Vorwiegend Dinosaurier. Gebirgsbildung im Westen Nordamerikas.	195
<b>PALÄOZOIKUM</b>	Trias	Erste Dinosaurier und primitive Säugetiere.	230
	Perm	Verbreitung und Entwicklung der Reptilien. Ablagerungen. Vergletscherung der südlichen Hemisphäre.	280
	Karbon	Zahlreiche Amphibien. Erste Reptilien.	345
	Devon	Zeitalter der Fische. Erste Amphibien. Erste ausgedehnte Wälder.	395
	Silur	Erste Landpflanzen. Gebirgsbildung in Europa.	435
	Ordovizium	Erste Fische und Wirbeltiere.	500
<b>PRÄKAMBRIUM</b>	Kambrium	Zeitalter mariner Invertebraten.	600
		Beginn des Lebens; mindestens fünfmal länger als alle folgenden geologischen Formationen.	

**Tabelle 4**

Wie wir bereits feststellten, entwickelten sich die primitiven Formen von Leben in einer anaeroben Atmosphäre, also fast oder völlig ohne Sauerstoff. Seither hat sich natürlich vieles verändert. Schon im Kambrium war Sauerstoff für die Organismen lebensnotwendig geworden.

Vor etwa drei Milliarden Jahren (mit dem ersten Auftreten von Blaualgen) müssen sich Organismen entwickelt haben, die in der Lage waren, Photosynthese zu betreiben, also CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre aufzunehmen und mit Hilfe der Sonnenstrahlung komplexe Kohlenhydrate und anderer energiereiche Verbindungen daraus aufzubauen, die ihnen als Nahrung dienten. Dabei gaben die Organismen freien Sauerstoff an die Atmosphäre ab.

Offensichtlich sammelte sich der Sauerstoff in der Atmosphäre an und erreichte bald hohe Werte, weil nur wenige Organismen ihn atmen und damit verbrauchen konnten. Sicherlich starben auch viele Organismen, für die der Sauerstoff Gift war, deshalb aus.

An irgendeinem Punkt, der etwas länger als 600 Millionen Jahre zurückliegt, hatte die Atmosphäre einen so hohen Sauerstoffgehalt, daß die rasche Evolution von Invertebraten im Paläozoikum möglich wurde. Seither wurden die Sauerstoffwerte auf unserem Planeten dank der Photosynthese konstant gehalten.

Die Entwicklung des Lebens führte nicht nur zur Veränderung der Atmosphäre. Neue Arten von Ablagerungen, Gesteine und neue geografische Merkmale wie z.B. Korallenriffe veränderten den Planeten in geologischer Hinsicht.

Schon vor der sprunghaften Entfaltung der Lebewelt im Kambrium hatten sich verschiedene Arten herausgebildet, doch ist dies aufgrund mangelnder Fossilienfunde schwer nachweisbar. Daher konzentrieren wir uns hier auf die Entwicklung des Lebens vom Kambrium an.

## DAS KAMBRIUM – BESIEDLUNG DER MEERE

Mit dem Kambrium begann die Entwicklung von Organismen mit Hartteilen oder Schalen. Letztere boten Schutz vor Räubern; gleichzeitig verbesserten sich so die Bedingungen für die Erhaltung der Fossilien. Diese Hartteile bestanden zumeist aus Kalkspat, Chitin und  $\text{SiO}_2$ . Da sie besser erhalten blieben, stammen die ersten nennenswerten Fossilien aus dem Kambrium. Die ältesten Fossilien mit harten Skeletteilen sind die **Trilobiten**. Dabei handelt es sich um eine inzwischen ausgestorbene Gruppe von **Arthropoden**, die mit Krabben, Hummern und Garnelen verwandt sind. Die ersten Trilobiten hatten große Augen, lange Fühler und ein gut entwickeltes Nervensystem. Mehr als 90 Prozent aller aus dem Frühkambrium stammenden Fossilien sind Trilobiten. Daneben waren auch **Brachiopoden**, vergleichbar mit Venusmuscheln, und einige Arten von **Echinodermen** (Seesterne und Seeigel) verbreitet. Viele Organismen aus jener Zeit starben nachkommenlos aus. Es handelte sich ausnahmslos um Meeresbewohner, die alle Meere der Welt besiedelten. Andere Meeresbewohner wie Korallen, Mollusken, Fische usw. entwickelten sich im späteren Paläozoikum sowie im Mesozoikum und Känozoikum.

## BESIEDLUNG DES FESTEN LANDES: PFLANZEN UND TIERE

Das hervorstechendste Merkmal des Paläozoikums nach dem Ende des Kambriums bestand darin, daß die ersten Pflanzen und Tiere das Festland besiedelten. Daraus ergaben sich viele neue Standräume für die Evolution der Tiere.

Die unter Wasser lebenden Organismen besaßen Kiemen bzw. spezielle Atemsysteme, und um an Land überleben zu können, mußten sie ein Gefäßsystem entwickeln, das es ihnen ermöglichte, Sauerstoff bzw. Kohlendioxid aufzunehmen, ohne daß diese in Wasser gelöst waren. Die Pflanzen übernahmen dabei zu Beginn des Devons die Rolle des Vorreiters.

Der Übergang vom Wasser zum Land erfolgte im Devon und im mittleren bis späten Paläozoikum. Einer der Gründe dafür, warum er nicht schon früher begann, waren die ausgedehnten flachen Meere, zwischen denen nur wenig trockenes Land übrig war.

# DIE GESCHICHTE UND DIE VIELFALT DES LEBENS

Leider bleiben Fossilien an Land wesentlich schlechter erhalten als unter Wasser. Die Dokumentation trägt daher sporadischen und unzusammenhängenden Charakter, und sogar in jüngeren Gesteinen sind die Funde lückenhaft.

## **DIE PFLANZE ALS VORREITER**

Im mittleren bis späten Paläozoikum entwickelten die Pflanzen ein Gefäßsystem, mit dem sie an Land existieren konnten. Es bestand aus sehr schmalen, langgezogenen hohlen Zellen, durch die Wasser und Nahrung zirkulieren konnten. Außerdem wurde so der Wasserhaushalt in ihrem Innern geregelt. Weiterhin mußten sie ein Wurzelsystem (Landpflanzen müssen über eine Verankerung verfügen) und ein Stützmaterial wie Zellulose oder Lignin hervorbringen. Als dieser Prozeß der Anpassung abgeschlossen war, konnten die ersten Landpflanzen auch weit vom Wasser entfernt mit Hilfe von Niederschlag und Grundwasser existieren.

Im weiteren Verlaufe des Paläozoikums gewannen die Pflanzen sowohl an Größe als auch an Vielfalt. Bei den ersten Landpflanzen hatte es sich um kleine grasartige Gewächse und Büsche gehandelt. Im Karbon breiteten sich die großen Farne aus, rasch gefolgt von den Nadelgehölzen, die größtenteils das Mesozoikum prägten. Erst gegen Ende des Mesozoikums und zu Beginn des Känozoikums traten die Blühpflanzen mit ihrem effektiven Reproduktionssystem auf.

## **DIE LANDTIERE UND DIE EVOLUTION ZUM MENSCHEN**

Im folgenden Abschnitt geht es um die Evolution der Vertebraten von der Besiedlung des Festlandes bis hin zum Auftreten des Menschen. Auf eine Erörterung der Evolutionsmechanismen an sich haben wir verzichtet, obwohl sie im Zusammenhang mit der Theorie vom Massenaussterben erwähnt werden. Dem interessierten Leser empfehlen wir, die vorhandene Fachliteratur zu diesem Thema zu Rate zu ziehen.

Die ältesten bekannten Landtiere einschließlich der Süßwasserorganismen waren Invertebraten bzw. Arthropoden. In Gesteinen des frühen Devon wurden ein Landskorpion und ein Tausendfüßler gefunden. Aus jener Zeit stammen auch Fossilien insektenähnlicher Lebewesen. Schnecken mit und ohne Gehäuse treten erst zum Ende des Paläozoikums, also nach den Tetrapoden – den vierbeinigen Vertebraten – auf.

Abgesehen von einigen Anomalien gab es eine geradlinige Entwicklung der Vertebraten von den Fischen zu den Amphibien, Reptilien, Säugetieren und Vögeln. Auf die Fische wollen wir hier nur im Zusammenhang mit dem Übergang zum Leben auf dem Festland eingehen. Die Crossopterygier, devonische Süßwasserfische, verfügten sowohl über Lungen als auch über Kiemen und damit über die wichtigste Voraussetzung für das Leben an Land – die Fähigkeit, Luft zu atmen. Außerdem hatten sie dicke fleischige Flossen, mit denen sie sich an Land vorwärtsbewegen konnten. Diese Flossen bildeten sich allmählich zu kurzen Stummelbeinen um. Im Knochenaufbau ähneln diese Fische den ersten Amphibien.

Durch die geschilderten Anpassungsvorgänge, die den Fischen vorerst wahrscheinlich nur das Überleben im Süßwasser erleichtern sollten, wurde der



völlige Übergang auf das Land möglich. Vielleicht erfolgte er gezwungenermaßen, weil sich im Devon das Klima änderte und Süßwasserbiotope austrockneten; ein solches Austrocknen mußte auch zur Folge haben, daß das Nahrungsangebot an Land größer war.

In der Reihe der Fossilien folgen diesen Fischen als erste echte Landtiere die Amphibien, die Urahnen der heutigen Kröten und Frösche. Diese Tiere lebten zwar an Land, jedoch in der Nähe des Wassers, das sie noch häufig aufsuchen mußten, und zwar zum Atmen wie auch zur Vermehrung. Im Verlaufe der Evolution erfolgte eine bessere Anpassung an das Leben an Land, indem sich stärkere Gliedmaßen entwickelten.

Aus den Amphibien gingen die Reptilien hervor. Sie traten zuerst im Karbon auf und beherrschten die Szene bis zum Ende des Mesozoikums. Die Reptilien hatten den Amphibien gegenüber einen entscheidenden Vorteil: Sie mußten sich zur Vermehrung nicht ins Wasser begeben. Als Amnioten legten sie Eier mit harter, poröser Schale, die Fruchtwasser enthielten und so das ständige Vorhandensein von Wasser zum Atmen unnötig machten. Im Gegensatz zu den Amphibien schlüpfen die jungen Reptilien direkt aus dem Ei, ohne vorher noch ein Larven- oder Kaulquappenstadium durchzumachen.

Im Paläozoikum entstanden mehrere Abstammungslinien von Reptilien, von denen zwei von besonderer Bedeutung und für uns von besonderem Interesse sind: zum einen die **Synapsiden**, Reptilien mit säugetierähnlichem Gepräge, aus denen im Mesozoikum die Säugetiere hervorgingen; zum anderen die **Diapsiden**, die herrschenden Reptilien, zu denen die Saurier zählten. Am Ende des Paläozoikums entwickelten sich zahlreiche Arten von Reptilien, vor allem aber die Saurier, deren Verbreitung im gesamten Mesozoikum anhielt und vielleicht sogar noch zunahm. Es gab die verschiedensten Arten von Sauriern: Pflanzenfresser, Fleischfresser, Flugsaurier, Fischesaurier usw.

Säugetierähnliche Reptilien entwickelten sich in der Trias (zu Beginn des Mesozoikums). Diese Reptilien hatten längere und stärkere Gliedmaßen als ihre Artgenossen, und ihre Hirnschädel wurden immer größer. Auch ihr Gebiß ähnelte zunehmend dem der heutigen Säugetiere.

Bei den herrschenden Reptilien gab es eine bedeutende Gruppe – die **Thecodontier** – aus denen die Saurier hervorgingen. Sie liefen auf den Hinterbeinen und hatten winzige Schädel. Die vorderen Extremitäten wurden nicht zum Laufen, sondern nur zur Nahrungsaufnahme benutzt. Es gab zwei bedeutende Gruppen von Sauriern: die Saurischier, bei denen das Schambein wie bei den übrigen Reptilien gebaut ist, und die Ornithischier, bei denen das Schambein ähnlich wie bei den Vögeln verläuft. Aus den kleinen Saurischiern entwickelten sich die großen Raubtiere des späten Mesozoikums, darunter der Tyrannosaurus. Die meisten Saurier aber waren Pflanzenfresser.

Aus den Sauriern wiederum gingen die ersten vogelartigen Reptilien hervor, und aus diesen die Vögel. Ein ganz berühmtes vogelartiges Reptil ist der Archaeopteryx, der gefiedert war und dessen Flügel ähnlich gebaut waren wie die der heutigen Vögel.

Wie bereits gesagt, entwickelten sich die Säugetiere aus den Synapsiden, den säugetierähnlichen Reptilien. Die ersten Säugetiere waren klein und hatten ein geringes Hirnvolumen; wahrscheinlich handelte es sich größtenteils um Nager (Mäuse usw.). Mit Ausnahme von Nagern und Monotremen (Schnabeltier) waren Säugetiere im Mesozoikum wenig verbreitet. Erst nach dem Aussterben der Saurier zum Ende der Kreidezeit begannen sie das Festland zu beherrschen; insbesondere mit der Evolution der **plazentalen Säugetiere** und der **Beuteltiere**.

Beuteltiere (wie das Känguruh und das Oppossum) sind Säugetiere, deren Nachkommen in unentwickeltem Zustand geboren werden. Sie bleiben beim Muttertier im Beutel, bis sie selbständig lebensfähig sind. Viele Arten von Beuteltieren findet man nur in Australien und Neuseeland. Das kommt daher, daß sich zu Beginn der Entwicklung dieser Spezies die Kontinente teilten (Auseinanderbrechen der Pangäa) und Australien von der übrigen Welt abgetrennt wurde.

Plazentale Säugetiere bringen vollständig entwickelte Nachkommen zur Welt, die sich von der Milch aus den Brustdrüsen der Mutter ernähren. Nachdem sie einige Zeit von der Muttermilch gelebt haben, können sie ein eigenständiges Leben beginnen.

Natürlich sind uns die Säugetiere bekannt und vertraut – Nagetiere, Caniden (Hunde), Feliden (Katzen), Widerkäufer (Kühe) usw. Die wichtigste Stellung in der Evolution zum Menschen hin nehmen jedoch die Primaten ein.

Die Primaten traten erstmals im Jungtertiär auf, nachdem die Saurier ausgestorben waren. Sie waren Omnivoren, Allesfresser, deren Nahrung sich nicht auf Insekten beschränkte. Sie paßten sich dem Leben auf Bäumen an; und einer der wesentlichsten Schritte in ihrer Evolution bestand darin, daß sich Greifhände mit frei beweglichem Daumen ausbildeten. Eine weitere Form der Anpassung war die Vorverlagerung der Augen, die ein dreidimensionales Sehen ermöglichte.

Zu den uns bekannten Primaten zählen die **Simiae** (Affen) und die **Anthropoiden** (Menschenähnliche). Die in echte Affen und Menschenaffen unterteilten Simiae stammen von den Prosimiae ab. Bei den Anthropoiden unterscheidet man drei Gruppen: Neuweltaffen, Altweltaffen und Hominoide, d.h. Menschen und Menschenaffen. Im folgenden wollen wir aber nur auf die Hominoiden näher eingehen.

## **DIE HOMINOIDEN UND DIE MENSCHLICHE EVOLUTION**

Zu den Hominoiden zählen der Schimpanse, der Orang Utan, der Gorilla, der Gibbon und der Mensch. Erst im Oligozän (vor 35-24 Millionen Jahren) begann die Differenzierung dieser Gruppen. Unter allen genannten Gruppen gibt es eine Gattung, die erstmalig gegen Ende des Miozäns (vor 5 Millionen Jahren) auftritt und

offensichtlich der direkte Vorfahre des heutigen Menschen ist. Gemeint ist der sogenannte **Ramapithecus**. Der Homo sapiens entwickelte sich vor etwa 4 Millionen Jahren im Pleistozän, dem Eiszeitalter. Der Ramapithecus hatte bereits den aufrechten Gang des Menschen und gehörte zu den Bodenbewohnern. Allerdings trifft das auch auf andere Menschenaffen zu. Gemeinsames Merkmal aller Primaten sind die Greifhände, und man hat schon beobachtet, daß Schimpansen Werkzeuge benutzten. Schimpansen und Gorillas konnte man sogar das Sprechen beibringen, obwohl sie andere Stimmbänder haben als wir. Wie in einigen Experimenten nachgewiesen wurde, können sie das Erlernte sogar ihren Nachkommen beibringen.

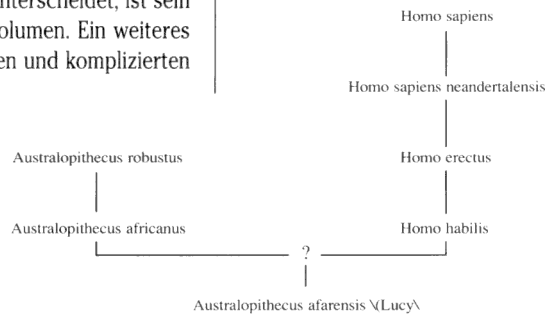
Was den Menschen grundlegend von den übrigen Primaten unterscheidet, ist sein im Verhältnis zur Körpergröße wesentlich größeres Gehirnvolumen. Ein weiteres Merkmal des Menschen ist die Entwicklung einer vollständigen und komplizierten Sprache.

Unter allen Tieren ist nur der Mensch in der Lage, seine Umwelt völlig umzugestalten, sei es zum Guten oder zum Schlechten. Nur er kann sich Habitate schaffen und bestehende verändern.

Ein weiteres Merkmal, das den Menschen vom Tier unterscheidet, ist die Fähigkeit, weit vorauszu denken. Die Erinnerung an Vergangenes und das Leben in der Gegenwart sind Menschen und Tieren gemeinsam, doch nur der Mensch kann Voraussagen über die Zukunft treffen, und nur der Mensch ist in der Lage, seine Existenz in Frage zu stellen.

Die frühe Evolution des Menschen ist in Abbildung 19 dargestellt. Es gibt dabei drei Hauptetappen: die Entwicklung des Australopithecus, die des Homo erectus und die des Homo sapiens. Zu den Vertretern der ersten Etappe gehörte die berühmte "Lucy", die von Donald Johanssen entdeckt wurde. Die Australopithecinen ähnelten dem heutigen Menschen, doch obwohl sie Werkzeuge und Waffen benutzten, hatten sie nur ein sehr kleines Hirn. Der Homo erectus lebte zur selben Zeit wie die Australopithecinen und machte eventuell eine eigenständige Entwicklung durch. Diese Spezies war höher entwickelt als der Australopithecus und hatte ein größeres Hirnvolumen. Der Homo erectus verwendete Werkzeuge wie z.B. Faustkeile aus Feuerstein. Er war weit verbreitet und ist der direkte Vorfahre des heutigen Menschen.

Die fossilen Überreste des Homo erectus sind zwischen 200 000 und 700 000 Jahre alt. Der Homo sapiens ist ein Zeitgenosse des Homo erectus und tritt erstmalig vor 500 000 Jahren auf. Das erste Vertreter des Homo sapiens ist der grobknochige Neandertaler, der vor 100 000 Jahren lebte. Vom Auftreten des Homo sapiens an werden geschichtliche Zeitalter unterschieden, beispielsweise das Paläolithikum und das Neolithikum.



Australopithecus afarensis (Lucy) - nur in Afrika gefunden; zuerst aufrechter Gang, dann Entwicklung eines großen Gehirns (verglichen mit dem unsrigen).

Homo habilis - Hersteller der ersten Werkzeuge.

Homo erectus - Abschlagkulturen; wanderte aus Afrika aus.

Homo sapiens - Klingenkulturen; wanderte ebenfalls aus Afrika aus; Entwicklung der Landwirtschaft usw.

**Abbildung 19 Die Ahnenreihe des Menschen**

## NAHRUNGS- KETTEN

---

In einer Welt mit einer ständig wachsenden Bevölkerungszahl ist die Nahrungsbereitstellung eine äußerst wichtige Problematik. Die Nahrungskette ist ein Organisationsplan, der beschreibt, welche Organismen sich von welchen anderen Organismen ernähren und welche für das Überleben der anderen ausschlaggebend sind. Sie ist wie eine Pyramide aufgebaut, da die Organismen an der Basis zahlenmäßig am stärksten vertreten sind.

An der Basis unserer Nahrungskette befinden sich Organismen, die sich ihre Nahrung selbst produzieren: Photosynthese betreibende Organismen wie Bakterien, Pflanzen und Plankton in den Weltmeeren. Davon ernähren sich höhere Organismen, Pflanzenfresser und Allesfresser (die sowohl tierische als auch pflanzliche Nahrung zu sich nehmen). Sollten die Pflanzen aussterben, so würden folglich auch alle Kühe sterben – es gäbe keine Nahrung mehr für sie.

Über den Pflanzenfressern an der Spitze der Nahrungskette stehen die Fleischfresser und die Allesfresser. Gute Beispiele dafür sind Löwen, Tiger, Katzen, Hunde und der Mensch.

Vernichten wir die Photosynthese betreibenden Organismen durch Abholzung, Verschmutzung der Weltmeere oder andere Umweltprobleme, dann greifen wir die Basis der Nahrungskette an und verringern die Überlebenschancen für die Spitze der Kette – uns selbst eingeschlossen.

## MASSENAUS- STERBEN

---

**Massenaussterben** beeinflusst in entscheidendem Maße das Tempo der Evolution. Ein Massenaussterben ist definiert als der Tod von mindestens 70% der gesamten Biomasse des Planeten zu einem beliebigen Zeitpunkt. Die Biomasse wiederum ist die Gesamtmasse aller lebenden Materie auf dem Planeten. In der geologischen Vergangenheit kam es allein im **Phanerozoikum** mindestens fünfmal zu einem Massenaussterben. Fälle des Aussterbens im und vor dem Kambrium sind schwer zu dokumentieren.

Das nach bisherigen Erkenntnissen verheerendste Massenaussterben ereignete sich vor 225 Millionen Jahren an der Schwelle vom Perm zur Trias. Ein weiteres Aussterben trat an der nächsten Schwelle, von der Trias zum Jura, vor etwa 190 Millionen Jahren und in bedeutendem Umfang auch während der Kreidezeit vor rund 100 Millionen Jahren ein.

Das zweitgrößte Massenaussterben ereignete sich beim Übergang von der Kreidezeit zum Tertiär, als alle Saurier zugrunde gingen. Das Massenaussterben der Saurier verdankt seinen hohen Bekanntheitsgrad zum Teil der Hypothese, daß die Ursache dafür ein außerirdisches Objekt – ein Meteorit – war.

Fälle von Massenaussterben sind auch noch in anderer Hinsicht von Bedeutung: Obwohl ein Großteil der Population ausgelöscht wurde, blieben dennoch Nischen für Neulinge übrig, die sich dann sehr schnell anpassen und viele neue Arten hervorbringen konnten. Nach jedem Aussterben scheint sich eine neue Gruppe

lebender Organismen auszubreiten und sehr schnell zu entwickeln. In den Perioden ohne Massenaussterben werden durchaus auch bestimmte Arten ausgelöscht, jedoch in geringem Maße. Dies bezeichnet man als **Hintergrundausterben**. Während solcher Perioden vollzieht sich auch die Evolution sehr langsam.

Ist ein Massenaussterben nun eine Katastrophe oder ein sich allmählich vollziehender Prozeß? Die Diskussion darüber ist noch nicht abgeschlossen. Man war allgemein der Auffassung, ein Massenaussterben sei ein langsamer, sich allmählich vollziehender Prozeß, wie etwa die Evolution. In zunehmendem Maße entdeckt man jedoch Hinweise auf das plötzliche, gleichzeitige Verschwinden vieler nicht verwandter Arten. Dies wurde z.B. bezüglich der Schwelle von der Kreide zum Tertiär bewiesen. Innerhalb von einem Zentimeter Gestein (was einem relativ kurzen Zeitabschnitt entspricht) verschwinden alle Beweise für Fossilien aus der Kreidezeit, und tertiäre Fossilien spielen plötzlich eine Rolle. Diese Art von schwellengeprägter Schicht ist in Gubbio, Italien, zu sehen.

## **NEMESIS UND DIE AUFPRALL-THEORIE**

Wir haben bereits das Aussterben der Saurier an der Schwelle von der Kreidezeit zum Tertiär vor 65 Millionen Jahren erwähnt. Es wurden aber auch andere Tierarten ausgelöscht: **Ammoniten**, äußerst wichtige marine Fossilien, starben ebenso aus wie viele andere Land- und Meerestiere und -pflanzen.

Eine der ausgestorbenen marinen Gruppen sind die planktonischen Foraminiferen (kleine, kalkhaltige einzellige Organismen der Kreidezeit, die in den Meeren schwebten). Diese Organismen findet man heute in Kalkstein in den italienischen Apenninen. Die letzte Schicht des aus der Kreidezeit stammenden Kalksteins weist große planktonische Foraminiferen auf, die erste Schicht aus dem Tertiär lediglich eine kleine planktonische Foraminifere und sonst nichts. Dazwischen befindet sich eine etwa 3 cm dicke Tonschicht, bekannt als "Schwellenton".

Im Jahre 1980 nahmen Luis und Walter Alvarez von der Universität Berkeley Proben von diesem Ton, um den Anteil eines Iridium genannten Elements zu messen, welches auf der Erdoberfläche nicht allzuoft vorkommt, dafür mehr in außerirdischen Objekten. Iridium geht konstant auf die Erde nieder. Mit seiner Hilfe konnte man deshalb ermitteln, über welchen Zeitraum sich die Ablagerung der Tonschicht vollzog und wie lange demzufolge der Prozeß des Aussterbens andauerte. Bei der Untersuchung der Proben des Schwellentons stellten sie fest, daß der Iridium-Gehalt im Kalkstein ober- und unterhalb des Tons gering, innerhalb des Tons jedoch sehr hoch war. Er wies dort die gleichen Werte auf wie in Meteoriten und Kometen.

Sie leiteten daraus die Hypothese ab, daß dieses zusätzliche Iridium aus außerirdischen Quellen stammte und daß zur Zeit des Aussterbens an der Schwelle von der Kreidezeit zum Tertiär ein großer Meteorit (10 km Durchmesser) auf die Erde aufgetroffen wäre. Der beim Aufprall entstandene Staub wäre in die Atmosphäre gelangt, hätte dadurch eine monatelange totale Finsternis, eine Behinderung der Photosynthese und einen Abbruch der Nahrungskette an der Basis verursacht.

Andere Auswirkungen des Aufpralls waren dieser Hypothese zufolge extreme Kälte, Hitze und auch saurer Regen. Zusätzliche Beweise für einen solchen Aufprall, wie beispielsweise zusammengestoßene Minerale, fand man in Italien und an 100 anderen Orten auf der ganzen Welt, was das globale Massenaussterben glaubhaft macht.

Gegen diese Hypothese spricht die Tatsache, daß der beim Aufprall entstandene Krater niemals gefunden wurde. Das könnte bedeuten, daß der Meteorit im Ozean einschlug und ein Teil des Ozeans nicht mehr existiert, also infolge der Plattentektonik unter eine Schwelle geschoben wurde.

Diese Hypothese führte zum Auffinden vieler Aufprallkrater und auch anderer Schwellen im Zusammenhang mit Iridium-Anomalien. Man interessierte sich daraufhin auch für das Aussterben, das sich periodisch zu wiederholen schien.

Zwei Paläontologen aus Chicago zeigen in einer Studie auf, daß alle 26 – 28 Millionen Jahre ein Aussterben stattfindet und somit ein gewisser zyklischer Charakter gegeben ist. Dies führte Rich Muller, einen Astrophysiker von der Universität Berkeley, zu der Hypothese, daß die Sonne einen Begleitstern, Nemesis, hat, der sie mit einer Periode von 26 – 28 Millionen Jahren auf einer tulpenförmigen Umlaufbahn umkreist und dabei im Perihel einen Gürtel von Kometen und Asteroiden außerhalb des Sonnensystems aufwirbelte. Dadurch gelangten Kometen und Asteroiden in das innere Sonnensystem und lösten periodische Kometenschauer auf der Erde sowie als Folge davon ein periodisches Aussterben aus.

Die ursprünglichen statistischen Angaben, die auf eine Periodizität beim Massenaussterben hinweisen, waren nur bruchstückhaft und arg eingeschränkt. Darauf die Nemesis-Hypothese aufzubauen, war wahrlich ein schöpferischer Akt. Die Suche nach Nemesis blieb bisher jedoch erfolglos.

## VULKANTÄTIGKEIT

Für so manchen Geologen ist es schwer, den Gedanken einer außerirdischen Katastrophe aufzugreifen. Zwei Erdwissenschaftler von der Universität Dartmouth brachten deshalb vor, das zusätzliche Iridium stamme von großen Vulkanausbrüchen, die sich gleichzeitig mit dem Aussterben ereigneten. Dieser Hypothese lag die Tatsache zugrunde, daß man in den vom Kilauea ausgespienen Gasen Iridium gefunden hatte. Der Dekan-Trapp in Indien, eine 66 Millionen Jahre alte riesige Basaltgesteinsbildung, könnte beispielsweise das Ergebnis jenes großen vulkanischen Ereignisses sein, welches das Iridium und den Staub in die Atmosphäre schleuderte und dadurch die Photosynthese stoppte und die Saurier tötete. Im Dekan-Trapp konnte jedoch kein Iridium nachgewiesen werden, und die diese Basalte hervorbringende vulkanische Eruption war nicht heftig genug, um Materialien in die Stratosphäre zu schleudern, wo sie dann die Erde umkreisen (wie es aufgrund der globalen Verteilung des Iridiums erforderlich gewesen wäre). Sie hätte auch keine Aufprall-Mineralien hervorgebracht, obwohl einige Wissenschaftler das Gegenteil

behaupten (keine diesbezüglichen Beweise wurden bisher gefunden). Vulkantätigkeit kann durchaus etwas mit lokalem Aussterben zu tun gehabt haben, keinesfalls jedoch im globalen Maßstab.

## **VERGLETSCHERUNG**

Viele behaupten schließlich, daß Klimaschwankungen und Veränderungen der Meeresspiegelhöhe plötzliches Aussterben bewirkt haben können. Obwohl das Zusammentreffen von Aussterben und Klimaveränderungen durch gewisse Daten untermauert wird, so ist doch nur schwer begreiflich, wie allmähliche Klimaveränderungen, Veränderungen der Meeresspiegelhöhe und langsame Vergletscherung sowie Warmzeiten ein plötzliches Massenaussterben aller Tierarten bewirkt haben könnten, und zwar selbst derjenigen, die an kaltes Klima angepaßt waren.

# MENSCHLICHE ZIVILISATIONEN UND TECHNIK

## DIE ALTSTEINZEIT (PALÄOLITHIKUM)

---

Entwicklung – und Zerfall – von Zivilisationen erstrecken sich über Tausende von Jahren, umfassen spektakuläre Erkenntnisfortschritte ebenso wie zutiefst negative Einschnitte für Mensch und Planet. Dieser Abschnitt befaßt sich mit der Entwicklung der menschlichen Bestrebungen vom Paläolithikum bis zum Atomzeitalter, wobei die technischen Entwicklungen skizziert werden, die das Voranschreiten der Kultur begleiteten und beschleunigten.

Zivilisation wird generell als Kultur mit einem relativ hohen Grad der Vervollkommenheit und der technischen Entwicklung angesehen. Ihr Beginn wird oftmals gleichgesetzt mit dem Auftauchen der ersten kulturellen Elemente der menschlichen Geschichte vor 6 000 bis 8 000 Jahren. Zu dieser Zeit bildete sich auf der Grundlage der Landwirtschaft, der Viehzucht und der Metallurgie in den Flußtälern Südwestasiens eine intensive berufliche Spezialisierung heraus. Der Ursprung dafür liegt jedoch lange vor dieser Zeit in verschiedenen Teilen der prähistorischen Welt: Mesopotamien, Ägypten, China, Griechenland, Indien, das Hochland von Peru und anderswo.

---

Die spezifischen Charakteristika der Zivilisation – Nahrungsmittelproduktion, Pflanzenproduktion und Tierhaltung, Metallurgie, ein hoher Grad der beruflichen Spezialisierung, die Schrift und das Wachsen von Städten – haben ihren Ursprung in der Altsteinzeit, der frühesten Periode menschlicher Entwicklung und dem längsten Abschnitt in der Geschichte der Menschheit.

Die Altsteinzeit fällt in etwa zusammen mit der geologischen Periode des Pleistozän; sie begann vor etwa zwei Millionen Jahren, während ihr Ende in Abhängigkeit vom Ort zwischen 40 000 und 10 000 Jahren zurückliegt. Darauf folgte das Mesolithikum.

Das herausragendste Merkmal des Paläolithikum ist zweifellos die Entwicklung menschlicher, oder fast menschlicher, Wesen aus affenähnlichen Kreaturen, die Entwicklung des echten *Homo sapiens*. Diese Entwicklung verlief äußerst langsam und erstreckte sich über alle drei Abteilungen dieser Periode – das Alt-, Mittel- und Jungpaläolithikum.

Die umfassendste Hinterlassenschaft paläolithischer Kulturen ist eine Vielzahl von Steinwerkzeugen, deren spezielle Charakteristika die Grundlage für ein Klassifizierungssystem bilden, welches verschiedene Traditionen oder Gewerke im Bereich der Werkzeugherstellung umfaßt. Die ältesten bekannten Werkzeuge, die von Mitgliedern des Menschengeschlechts hergestellt wurden, sind einfache Steinbeile, wie man sie in Olduvai Gorge in Tansania fand. Sie könnten vor mehr als einer Million Jahren von *Australopithecinen* oder *Habilinen* gefertigt worden sein. Als **Eolithen** bezeichnete "Werkzeuge" aus Gesteinssplittern werden als die frühesten Werkzeuge angesehen. Es ist jedoch schwierig, vom Menschen vorgenommene Veränderungen an den Steinen von den natürlichen Veränderungen zu unterscheiden.



## **DAS ALTPALÄOLITHIKUM**

Zwischen 100 000 und 500 000 Jahre alte Hinweise auf die Steinbearbeitung durch den Homo erectus im Altpaläolithikum fand man an verschiedenen Orten in China, Europa, Afrika und Asien. Die Steinwerkzeuge dieser Periode waren entweder kernförmig, wobei man durch Behauen des Steins eine Schneidkante erhielt, oder aber splitterartig, geformt aus den von einem Stein abgehauenen Fragmenten. Der Faustkeil war das typische Werkzeug der zu dieser Zeit lebenden Frühmenschen, die Jäger und Sammler waren.

## **DAS MITTELPALÄOLITHIKUM**

Die Periode des Mittelpaläolithikum wird oft in Zusammenhang gebracht mit dem Neandertaler, der 40 000 bis 100 000 Jahre vor der Gegenwart lebte. Entsprechende Funde werden oftmals in Höhlen gemacht, und es gibt dabei immer Hinweise auf die Verwendung von Feuer. Die Neandertaler jagten prähistorische Säugetiere. Ihre kulturellen Hinterlassenschaften wurden zwar hauptsächlich in Europa ausgegraben, es gibt aber auch Funde in Nordafrika, Palästina und Sibirien.

Die Steinwerkzeuge dieser Periode sind splitterartig, und Werkzeuge aus Knochen, wie beispielsweise Nadeln, deuten darauf hin, daß grob zusammengenähte Felle und Häute als Kleidungsstücke verwendet wurden.

## **DAS JUNGPALÄOLITHIKUM**

Im Jungpaläolithikum traten an die Stelle der Neandertaler andere Homo sapiens, wie beispielsweise der Cro-Magnon-Mensch. In diese Zeit fallen die Anfänge gemeinschaftlichen Jagens und Fischens wie auch die ersten eindeutigen Beweise für bestimmte Glaubenslehren, die sich auf Zauberei und das Übernatürliche konzentrierten. Es entstanden die ersten vom Menschen geschaffenen Behausungen, man trug genähte Kleidungsstücke, und es entstanden die Bildhauerei und die Malerei. Es gab eine Vielzahl von Werkzeugen, darunter aus Feuerstein und Obsidian gefertigte Klingen und Projektilspitzen.

Die abschließende und möglicherweise beeindruckendste Etappe der paläolithischen Periode ist das Magdalénien. Gemeinschaften von Fischern und Rentierjägern verwendeten stark verbesserte Werkzeuge und Waffen unterschiedlichster Art und hinterließen eine beeindruckende Palette von Höhlenzeichnungen.

---

Diese Periode begann mit dem Ende der letzten Eiszeit und beinhaltete die allmähliche Domestizierung von Pflanzen und Tieren sowie das Entstehen von sesshaften Gemeinschaften zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten, was in einigen Fällen bis in die durch beachtliche Entwicklungen gekennzeichnete neolithische Periode hineinreichte.

Charakteristisch für diese Periode waren Siedlungen von Jägern und Fischern entlang von Flüssen und an Seeufern. Man entwickelte Geschirr und benutzte zunehmend den Bogen. Äxte mit Griff und Knochenwerkzeuge wurden im Gebiet der

## **DAS MESOLITHIKUM**

## **DIE NEOLITHISCHE REVOLUTION**

## **DIE BRONZEZEIT**

Ostsee und in Nordengland gefunden. Sie zeugen von enormen Fortschritten gegenüber den primitiven Anfängen im Paläolithikum.

In verschiedenen Gebieten ging man im Mesolithikum allmählich dazu über, die Nahrung selbst herzustellen und nicht nur zu sammeln.

---

Gegen Ende dieser letzten Eiszeit, also vor etwa 15 000 bis 20 000 Jahren, zeichnete sich bei einigen der menschlichen Gemeinschaften, die in geographischer und klimatischer Hinsicht die günstigsten Bedingungen vorfanden, ein Übergang von der langen Periode paläolithischer Wildheit zu einer geregelteren Lebensweise ab, die auf Viehzucht und Landwirtschaft basierte.

Dadurch kam es zu einem bedeutenden Anwachsen der Bevölkerung, zu einer Vergrößerung der Gemeinschaften und zu den ersten Anfängen städtischen Lebens. Man spricht in diesem Zusammenhang manchmal von der neolithischen Revolution, da sich das Tempo technischer Entwicklungen so enorm vergrößerte und die soziale und politische Organisation menschlicher Gruppen dementsprechend komplexer wurde.

Die frühesten Anzeichen der Entwicklung neolithischer Kultur stammen aus Südwestasien aus den Jahren zwischen 8000 und 6000 v.u.Z. Es kam zu einer Ausdehnung der Siedlerdörfer, die Weizen, Gerste und Hirse anbauten und Kühe, Schafe, Ziegen und Schweine hielten. Die neolithische Kultur und die mit ihr einhergehenden Neuerungen verbreiteten sich in ganz Europa, im Niltal sowie in den Tälern des Indus (Indien) und des Gelben Flusses (China).

Um 1500 v.u.Z. waren die auf dem Anbau von Mais, Bohnen, Kürbis und anderen Pflanzen basierenden neolithischen Kulturen in Mexiko und Südamerika anzutreffen, bewirkten das Entstehen der Zivilisationen der Inka und der Azteken und verbreiteten sich mit den Kontakten zu Europa auch in andere Teile Amerikas.

---

Es handelt sich hierbei um die Periode in der Entwicklung der Technik, in der bei der Herstellung von Werkzeugen und Waffen erstmalig kontinuierlich Metalle zum Einsatz kamen. Zunächst wurden willkürlich reines Kupfer und Bronze, eine Legierung aus Kupfer und Zinn, verwendet. Diese frühe Periode wird gelegentlich auch als Kupferzeit bezeichnet.

Tonmodelle von Waffen geben Auskunft über die früheste Verwendung von Gußmetall. Demzufolge entstand das Gießen um 3500 v.u.Z. im Nahen Osten. In der Neuen Welt wurde erstmalig um 1100 in Bolivien Bronze gegossen. Die Zivilisation der Inka verwendete Werkzeuge und Waffen aus Bronze, beherrschte jedoch niemals das Eisen.

Die Entwicklung einer metallurgischen Industrie ging einher mit dem Aufschwung der Urbanisierung. Abbau, Schmelzen und Gießen als organisierte Abläufe erforderten zweifelsfrei die Spezialisierung der Arbeitskräfte und die Produktion einer überschüssigen Nahrungsmenge zur Stützung einer Klasse von Handwerkern, während die Suche nach Rohstoffen gleichzeitig die Erforschung und Kolonialisierung neuer Gebiete stimulierte.

---

Diese Periode beginnt zu dem Zeitpunkt, da das Eisen allgemeine Verwendung fand, und setzt sich bis in die Neuzeit fort. Die Verwendung von geschmolzenem Eisen zur Herstellung von Ziergegenständen und Repräsentationswaffen wurde in der Zeit zwischen 1900 und 1400 v.u.Z. gebräuchlich. Zu dieser Zeit etwa war es auch, daß man im Hethitischen Reich das Anlassen erfand, d.h. das Härten eines Metalls durch die Anwendung von Hitze oder durch abwechselndes Erhitzen und Abkühlen. Nach dem Niedergang des Hethitischen Reiches im Jahre 1200 v.u.Z. kam es durch die große Bevölkerungswanderung durch Südeuropa und den Nahen Osten zu einer raschen Verbreitung der Eisentechnologie.

Das Gießen von Eisen erwies sich erst mit Beginn der industriellen Revolution als technisch nützlich. Die Menschen in der Eisenzeit schufen die grundlegenden ökonomischen Neuerungen der Bronzezeit und bereiteten den Boden für die feudale Organisation. Von Ochsen gezogene Pflüge und Karren erlangten eine neue Bedeutung und veränderten das Bild in der Landwirtschaft. Zum ersten Male war der Mensch in der Lage, den Wald in der gemäßigten Zone wirksam auszunutzen. Dörfer wurden befestigt, Kriege wurden auf dem Rücken der Pferde und in Streitwagen ausgetragen, und das geschriebene Alphabet auf der Grundlage der phönizischen Schrift fand weithin Verbreitung.

---

Technische Fortschritte bei der Waffenherstellung und in der Kriegführung trugen dazu bei, daß sich aus einer unbedeutenden Hirtensiedlung in Rom der Welt möglicherweise erfolgreichstes Imperium entwickelte – unangefochten als Gesetzesgeber und Organisator, herrschend über praktisch alle damals bekannten Lande.

Ausgehend von der Errichtung der Römischen Republik um 500 v.u.Z. unterwarfen mehrere Generationen römischer Herrscher immer größere Territorien und vereinnahmten und exportierten damit auch die bedeutendsten materiellen, sozialen und intellektuellen Fortschritte dieser Zeit.

Von der Zeit Cäsars an (60 v.u.Z.) spielte Rom eine führende Rolle bei der Zivilisierung der Barbaren und als der Beherrscher der alten Welt. Das Reich verbreitete die Ideale der griechischen Literatur, Architektur und Denkweise. Das umfassende römische Straßennetz machte den Transport so einfach, wie er bis zur Entwicklung der Eisenbahn nie wieder sein sollte. Es wurde ein Postdienst eingerichtet, und Industrie und Handel, insbesondere auf dem Seewege, erfuhren eine enorme Entwicklung.

## DIE EISENZEIT

## KONFLIKTE, EROBERUNGEN UND VERÄNDERUNG

## **DIE INDUSTRIELLE REVOLUTION**

Auf dem Höhepunkt seiner Macht zählte das Rom der Kaiserzeit weit mehr als eine Million Einwohner. Es verfügte über eine gut ausgerüstete Polizei, die Kanalisation war hervorragend, und für die Reichen war ein solcher Luxus wie Zentralheizung und fließendes Wasser durchaus nichts Ungewöhnliches. Der Niedergang kam jedoch sehr schnell. Im Jahre 476 wurde der letzte weströmische Kaiser, treffend Romulus Augustulus genannt, von den Goten gestürzt. Dies gilt gemeinhin als das Ende des Weströmischen Reiches oder des Westreiches.

Das danach im westlichen Europa einsetzende sogenannte finstere Mittelalter konnte jedoch die prägenden Einflüsse, die die römische Zivilisation hinterlassen hatte, nicht auslöschen.

---

Dieser Terminus wird gewöhnlich zur Kennzeichnung der sozialen und ökonomischen Veränderungen angewendet, die den Übergang von einer stabilen, landwirtschaftlich und kommerziell ausgerichteten Gesellschaft zu einer modernen Industriegesellschaft ausmachen, in der nicht mehr die Werkzeuge, sondern komplexe Maschinen die ausschlaggebende Rolle spielen. Historisch gesehen bezieht man sich dabei in erster Linie auf die Periode von der Mitte des 18. bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts in der britischen Geschichte. In dieser Zeit vollzogen sich dramatische Veränderungen innerhalb der sozialen und wirtschaftlichen Struktur: Erfindungen und technologische Neuerungen brachten das Fabrikssystem mit einer groß angelegten Maschinenproduktion hervor, es bildete sich eine stärkere wirtschaftliche Spezialisierung heraus, und die arbeitenden Massen, die ehemals hauptsächlich in der Landwirtschaft beschäftigt waren, wo jetzt auch ein Produktionsaufschwung zu verzeichnen war, konzentrierten sich in immer stärkerem Maße in großen städtischen Fabrikzentren. Der gleiche Prozeß vollzog sich später und mit unterschiedlicher Geschwindigkeit auch in anderen Ländern.

Gegen diesen Terminus werden immer wieder massive Einwände erhoben, da das Wort "Revolution" auf eine plötzliche, gewaltsame und bisher nie dagewesene Veränderung hindeutet, wohingegen sich die Umgestaltung doch in starkem Maße allmählich vollzog. Einige Historiker behaupten, das 13. und 16. Jahrhundert seien auch Perioden revolutionärer ökonomischer Veränderung gewesen. Der Boden wurde bereitet durch die im 15. und 16. Jahrhundert von Westeuropa ausgehenden Entdeckungsreisen, wodurch in großen Mengen Edelmetalle aus der Neuen Welt nach Europa kamen und was letztlich zu einer Steigerung der Preise, zur Ankurbelung der Industrie und zur Förderung einer Geldwirtschaft führte. Die Ausdehnung des Handels und der Geldwirtschaft wiederum stimulierten die Entwicklung neuer Finanz- und Kreditinstitute.

In Großbritannien verwendete man in der Produktion anstelle von Holz in immer stärkerem Maße Kohle. Erste Modelle der Dampfmaschine wurden bei der Entwässerung und im Kohlebergbau eingesetzt. Es entstand eine Vielzahl von Fabriken und Industriestädten. Kanäle und Straßen wurden gebaut, und durch das Aufkommen von Eisenbahn und Dampfschiff erweiterte sich der Markt für

Fertigerzeugnisse. Das Bessemer-Verfahren war von enormer Bedeutung, da es in erster Linie den verstärkten Einsatz von Dampf und Stahl, den beiden Hauptkomponenten in der Industrie Mitte des 19. Jahrhunderts, bewirkte. Die Umwandlung der Vereinigten Staaten in eine Industrienation vollzog sich größtenteils erst nach dem Bürgerkrieg und entsprechend dem britischen Modell. Europäer brachten die industrielle Revolution auch nach Asien, und Ende des 19./Anfang des 20. Jahrhunderts kam es zur industriellen Entwicklung in Indien, China und Japan.

Das mit der industriellen Revolution entstandene Wirtschaftsleben war spezialisiert und durch gegenseitige Abhängigkeiten gekennzeichnet. Die städtischen Arbeiter waren dabei viel umfassender vom Willen ihrer Arbeitgeber abhängig als ehemals die Landarbeiter. Die Beziehungen zwischen Kapital und Arbeit hatten sich verschlechtert, und der Marxismus war ein Produkt dieser Unzufriedenheit.

Die industrielle Revolution veränderte das Antlitz ganzer Nationen, brachte städtische Zentren hervor, die wiederum eine enorme Anzahl städtischer Einrichtungen erforderlich machten. Die Technik wurde von einigen als die Triebkraft sozialen Fortschritts und der Entwicklung der Demokratie gepriesen, andere bezeichneten sie kritisch als den Fluch des modernen Menschen, verantwortlich für die Tyrannenherrschaft der Maschine und die elenden Bedingungen in den Städten.

Die Maschinen hatten die Produktion enorm gesteigert, die Arbeit leichter gemacht und den Lebensstandard angehoben. Dies jedoch war oft verbunden mit einer Verschmutzung der Umwelt, einem Raubbau an den natürlichen Ressourcen und der Schaffung unbefriedigender Arbeitsplätze.

---

Mit Beginn des Atomzeitalters sehen wir uns gleichzeitig dem Dilemma in einer hochtechnisierten Gesellschaft gegenüber, daß sie ihre hochmodernen Techniken zu ihrer eigenen Zerstörung einsetzen könnte. Man kann nicht so ohne weiteres Technik mit den "fortschrittlichen" Kräften in der modernen Zivilisation gleichsetzen. Die Kräfte der Technik werden ihren anscheinend unaufhaltsamen Vormarsch fortsetzen, bringen uns dabei In-vitro-Fertilisation, weltweite Satellitenkommunikation, genetische Manipulationen und B2-Bomber. Die für die Bewältigung dieser Neuerungen erforderliche Klugheit und Einsicht wird dabei jedoch nicht automatisch garantiert.

## **DAS ATOMZEITALTER**

# THEORIEN VON DER ERDE: DIE GAIA- HYPOTHESE SYSTEME

Abbildung 20 Positive und negative Rückkopplungsschleifen



## GAIA

Im Mittelpunkt von SimEarth steht eine Hypothese über die Entwicklung der Erde, des Lebens und der Atmosphäre, die von James Lovelock vorgebrachte **Gaia-Hypothese**. Es handelt sich hierbei um ein ganzheitliches Herangehen an das Verständnis des Lebens und der natürlichen Erscheinungen als teleologische Gegebenheiten, d.h. existierende Realität, da sie einen bestimmten Zweck erfüllen und nicht einfach nur Zufall sind. Wir geben nachfolgend eine kurze Beschreibung der Gaia-Hypothese und führen einige der von Lovelock vorgebrachten Beispiele an.

Bevor wir uns eingehender mit Gaia befassen, müssen wir definieren, was die Rückkopplungsmechanismen "positiv" und "negativ" bedeuten. Eine positive Rückkopplungsschleife ist in der Systemtheorie auch als Teufelskreis oder Katastrophenschleife bekannt. Wie in Abbildung 21 dargestellt, verursacht eine positive Schleife eine ständige Zunahme oder Abnahme eines bestimmten Zustandes und führt zur Katastrophe. Eine negative Rückkopplungsschleife ist eine sich selbst regulierende Rückkopplungsschleife oder ein Tugendkreis – ein Mechanismus ähnlich einem Thermostat, wobei bei Zunahme des einen Zustandes der nächste abnimmt, was zu einem Gleichgewicht oder einer Selbstregulierung führt.

Die meisten Systeme der Erde, wie etwa der Kohlenstoffkreislauf und der Wasserkreislauf in der Atmosphäre, sind selbstregulierend und tendieren zu einem Gleichgewicht. Trotzdem können die meisten Systeme überstrapaziert werden und wären nie wieder zu einer Selbstregulierung in der Lage, wenn bei einem der Zustände eine bestimmte kritische Schwelle erreicht ist. Das könnte beim  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre geschehen.

Von der Gaia-Hypothese gibt es zwei Versionen: die schwache Gaia und die starke Gaia. Die starke Gaia sagt, die Erde sei lebendig. Die schwache Gaia sagt, das Leben könne regulierend auf einige der dynamischen Systeme des Planeten einwirken. Wir werden uns in diesem Handbuch nur mit der starken Gaia befassen. Bitte verstehen Sie, daß diese Hypothese einen hilfreichen Rahmen zum Verständnis der Erde bildet, auch wenn sie umstritten ist und deshalb in der Wissenschaft nicht allgemein anerkannt wird.

Gaia wurde von Lovelock zu der Zeit entwickelt, da die NASA die Viking-Raumsonde für einen Flug zum Mars vorbereitete. Er entwickelte entsprechende Instrumente, mit deren Hilfe festzustellen war, ob es auf diesem Planeten Leben gibt. Dazu aber mußte er sich erst einmal die Frage stellen "Was ist Leben?". Dadurch bot sich ihm die Möglichkeit, diese grundlegende Frage neu zu bewerten.

Lovelock erkannte, daß wir keinesfalls zum Mars fliegen müssen, um herauszufinden, ob es dort Leben gibt. Wäre dies der Fall, so würden wir ähnlich wie bei der Erde, die

eine sehr spezielle Atmosphäre hat, Veränderungen in der Zusammensetzung seiner Atmosphäre und bei anderen planetenspezifischen Merkmalen feststellen. Das Leben, so wie wir es kennen, würde sich auf die Atmosphäre des Planeten auswirken, wie sie in Tabelle 5 dargestellt ist.

<b>GAS</b>	<b>VENUS</b>	<b>ERDE</b> (o. Leben)	<b>MARS</b>	<b>ERDE</b>
<b>CO<sub>2</sub>(%)</b>	96,5	98	95	0,03
<b>N<sub>2</sub>(%)</b>	3,5	1,9	2,7	79
<b>O<sub>2</sub>(%)</b>	Spur	0,0	0,13	21
<b>Ar</b>	70 ppm	0,1	1,6	1
<b>Methan</b>	0,0	0,0	0,0	1,7 ppm
<b>O.temper.</b>	459°C	240-340°C	-53°C	13°C
<b>Druck ges.</b>	90 Bar	60 Bar	0,0064 Bar	1,0 Bar

**Tabelle 5 Ursprüngliche Zusammensetzung der Atmosphäre**

## **BLUMENWELT**

Lovelock erfand ein sehr einfaches Modell von der Welt, genannt Blumenwelt, um die Grundsätze der Gaia-Hypothese zu erläutern. Das Gleichnis der Blumenwelt beginnt damit, daß man sie sich als einen fiktiven Planeten vorstellt, auf dem das Leben durch verschiedenfarbige Gänseblümchen repräsentiert wird: dunkle, helle und neutrale Farben.

Der Planet ist genauso weit von der Sonne entfernt wie die Erde, hat die gleiche Größe wie die Erde, weist jedoch eine etwas größere Landfläche auf. Auf diesem Planeten gibt es genügend CO<sub>2</sub> für Gänseblümchen. Im Gegensatz zur Erde beeinflußt es jedoch nicht das Klima, und es gibt keine Wolken.

Die Wärmeabgabe der Sonne verstärkt sich mit dem Alter. Die optimale Temperatur für Gänseblümchen liegt bei etwa 20°C. Kühlt der Planet auf unter 5°C ab, dann können die Gänseblümchen nicht gedeihen. Wird es auf ihm wärmer als 40°C, gehen sie ein.

Die Durchschnittstemperatur des Planeten wird bestimmt von der Albedo, welche wiederum von der Farbe der Gänseblümchen abhängt. Ein dunkles Gänseblümchen absorbiert mehr Wärme, und die Temperatur steigt an. Ein helleres Gänseblümchen reflektiert die Wärme stärker, was einen Temperaturrückgang zur Folge hat. Dies wird bewirken, daß die Gesamtzahl der weißen und schwarzen Gänseblümchen solange alterniert, bis letztendlich ein Gleichgewicht erreicht ist – ein Zustand, in dem alle einwirkenden Faktoren durch andere aufgehoben werden. Das Ergebnis ist ein stabiles, ausgewogenes oder sich nicht veränderndes System. Dabei kommt es gleichzeitig zu einer Temperaturregelung auf dem Planeten. Wenn die Sonne heißer wird, kann die Temperatur nicht länger von den Gänseblümchen reguliert werden, und sie sterben ab. Der Planet verödet.

## BEWEISE FÜR DIE REGULIERENDE FUNKTION DES LEBENS

Das Modell "Blumenwelt" veranschaulicht die folgenden Grundsätze der Gaia-Theorie:

1. Lebende Organismen wachsen dynamisch und nutzen dabei alle sich von der Umwelt bietenden Möglichkeiten.
2. Die Organismen unterliegen der Darwinschen Lehre von der natürlichen Selektion.
3. Die Organismen beeinflussen ihre physikalische und chemische Umgebung, beispielsweise durch die Atmung.
4. Durch Zwänge und Beschränkungen festgelegte Grenzen bestimmen auch die Grenzen des Lebens.

Eine Version des Programms "Blumenwelt" ist als eines der Szenarien von SimEarth hier enthalten. In dem die Szenarien beschreibenden Abschnitt dieses Handbuchs wird umfassend dargestellt, wie und weshalb "Blumenwelt" funktioniert.

---

In seinem Buch *The Ages of Gaia* untersucht Lovelock die Verschmutzung der Atmosphäre durch Sauerstoffproduzenten und deren Folgen.

In vielen Ländern ist man extrem besorgt über die globale Erwärmung, jedoch liegen keine eindeutigen Erkenntnisse darüber vor, wie die Erde den  $\text{CO}_2$ -Gehalt in der Atmosphäre reguliert. Von den ersten Anfängen des Lebens an war  $\text{CO}_2$  bezüglich der Nahrungsbereitstellung für die Photosynthese und als Wärmehülle von Bedeutung. Die Lebewesen (Flora und Fauna) pumpen das  $\text{CO}_2$ , dessen Anteil sich in den vergangenen 3,6 Milliarden Jahren ständig verringert hat, aus der Atmosphäre heraus.

Ein Anstieg des  $\text{CO}_2$ -Gehalts aufgrund des Einsatzes fossiler Brennstoffe stört die Erde kaum, kann jedoch wahrscheinlich den Rückgang kompensieren. Auch wenn die vom Menschen hinzugefügten Mengen gering sind, so kann es sich doch nachteilig auf die Pflanzen auswirken, die sich mit dem Rückgang des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes im Verlaufe der Erdgeschichte entwickelten, wenn der regulierende Mechanismus des  $\text{CO}_2$  die Grenze seiner Leistungsfähigkeit erreichen sollte. Auch deutet das rapide Ansteigen des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes seit der industriellen Revolution wahrscheinlich darauf hin, daß die regulierenden Pumpen zur Entfernung des überschüssigen  $\text{CO}_2$  aus der Atmosphäre nicht richtig funktionieren.

Diese  $\text{CO}_2$ -Veränderung ist ähnlich derjenigen, die von Natur aus nach der letzten Eiszeit eintrat. Es könnten daher die gleichen Klimabeeinflussungen festzustellen sein wie seit der letzten Eiszeit. Wir wissen nicht genug über das  $\text{CO}_2$ -System um vorhersagen zu können, ob sich die Störungen selbst regulieren, Oszillationen, chaotische Veränderungen oder einen totalen Zusammenbruch verursachen.

Die möglichen klimatischen Veränderungen aufgrund eines Anstiegs des  $\text{CO}_2$ -Gehalts werden wahrscheinlich keine tragischen Folgen für die Erde und das Leben insgesamt haben, können aber die Menschheit ebenso wie viele andere Pflanzen- und Tierarten gänzlich auslöschen.



---

**GEOLOGIE**

1. Peter Francis, **"Volcanoes"**, Penguin Books, England, 1976
2. F. Press und R. Siever, **"Earth"**, 4. Auflage, Freeman, New York, 1986
3. B.J. Skinner und S.C. Porter, **"The Dynamic Earth"**, J. Wiley and Sons, New York, 1989
4. S. Uyeda, **"The New View of the Earth"**, Freeman, New York, 1978

**KLIMA**

1. J.V. Iribarne und H. Cho, **"Atmospheric Physics"**, Reidel Publishing Co., Holland, 1980
2. M. Neiburger, J.G. Edinger und W.D. Bonner, **"Understanding Our Atmospheric Environment"**, Freeman, New York, 1982
3. H. Riehl, **"Introduction to the Atmosphere"**, McGraw-Hill, New York, 1978
4. D. Ross, **"Introduction to Oceanography"**, Prentice-Hall, New Jersey, 1988

**LEBEN**

1. G. Lane, **"Life of the Past"**, Charles Merrill Publishing Co., London, 1978
2. A.L. McAlester, **"The History of Life"**, Prentice Hall, New Jersey, 1977
3. R. Muller, **"Nemesis, the Death Star"**, Weidenfeld and Nicholson, New York, 1988

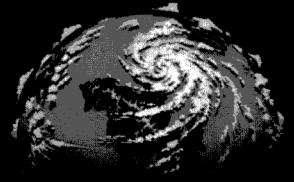
**GAIA**

1. J. Lovelock, **"The Ages of Gaia"**, Norton, New York, 1988
2. Norman Myers, **"Gaia, an Atlas of Planet Management"**, Anchor Press, New York, 1984

**LITERATUR-  
HINWEISE**



# ANHANG



**“Auch die größten  
Planeten sind nicht  
gegen den Untergang  
gefeit.”**

*SimEarth*

# PROBLEME UND LÖSUNGEN

Nachfolgend sind einige der am häufigsten auftretenden Probleme und Fragen, mit denen Sie es zu tun haben werden, ihre Ursachen sowie einige Vorschläge dazu, wie mit ihnen zu verfahren ist, aufgeführt.

## PLANETENÜBERHITZUNG

Überprüfen Sie zuerst den CO<sub>2</sub>-Gehalt. Ist dieser hoch, dann benutzen Sie den Oxygenator oder vergrößern Sie die Biome zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Gehalts.

Sie können auch die einfallende Sonnenenergie reduzieren, die Albedo der Wolken erhöhen und den Treibhauseffekt verringern.

## EVOLUTION IM WASSER SCHEINT AUFZUHÖREN

Die fortgeschrittensten aquatischen Lebensformen findet man in flachen Gewässern. Gibt es nicht genügend derartige flache Küstensockel, dann geraten Sie in eine evolutionäre Sackgasse. Sie können Küstensockel schaffen, indem Sie entweder den Meeresboden anheben oder das Land absenken. Sie können den Meeresboden mit dem Tool "FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE" oder durch Vulkane anheben. Sie können das Land mit dem Tool "FESTLEGUNG DER HÖHENLAGE" oder durch Meteore absenken.

## "... BRAUCHT ENERGIE"

Wird Ihnen signalisiert, daß eine der Disziplinen (Philosophie, Wissenschaft, Landwirtschaft, Medizin, Kunst/Medien) Energie braucht, dann vergrößern Sie deren Energieanteil am KONTROLL-PANEL für das ZIVILISATIONSMODELL oder erhöhen Sie das Energieniveau insgesamt.

Die Gesamtenergie wird vergrößert durch mehr Arbeit, durch eine Zunahme der Bevölkerung und durch Konzentration auf die effizientesten Energiequellen.

## METEORSTURM

Dies ist eine Warnung, daß eine Vernichtung unmittelbar bevorsteht. Es bleibt nicht viel mehr zu tun, als sich auf das Schlimmste vorzubereiten und zu einem Neuaufbau der Biomasse bereit zu sein.

## MASSENAUSSTERBEN

Ein Massenaussterben wird verursacht durch zu viel Staub oder zu wenig Sauerstoff (< 20 %) in der Atmosphäre.

Staub gelangt durch Vulkane und Meteoreinwirkungen in die Atmosphäre. Einzig und allein der Zeitfaktor ist für die Beseitigung des Staubes aus der Atmosphäre maßgeblich.

Sinkt der Sauerstoffgehalt unter 20 % ab, dann benutzen Sie das Oxygenator-Terraformierungstool oder vergrößern Sie die Biome.

## **BRENNSTOFFE WERDEN KNAPP**

Dies ist eine Warnung, daß ein Krieg unmittelbar bevorsteht. Verändern Sie Ihren Energieverbrauch, um Brennstoffe einzusparen.

## **NUKLEARE DETONATIONEN**

Der Nuklearkrieg ist im Gange. In SimEarth wird er verursacht durch den Kampf um die begrenzte Menge an Kernbrennstoffen. Verringern Sie die Investition in Kernenergie, um die Kriege zu beenden.

## **NUKLEARER WINTER**

Verursacht durch die Strahlung und den Staub in der Luft, die aus mehreren Kernexplosionen herrühren. Schränken Sie den Brennstoffeinsatz ein und konzentrieren Sie sich darauf, kleine Nischen Ihrer vernunftbegabten Art am Leben zu erhalten. Schließlich wird sich der Staub legen, und die Strahlungszonen werden verschwinden. Flutwellen können helfen, die Meere und die Küsten von der Strahlung zu reinigen.

## **UMWELTVERSCHMUTZUNG**

Ursache für die Umweltverschmutzung sind die Technologien des Industriezeitalters sowie der Einsatz fossiler Brennstoffe. Die beste Lösung ist die, in die Wissenschaft zu investieren und so schnell wie möglich ins Atomzeitalter zu gelangen.

**Achse** – Drehmittelpunkt beim Planeten. Bei der Erde ist die Achse eine Linie, die vom Nordpol zum Südpol verläuft.

**Aerob** – Erfordert Sauerstoff. Kann sich auf Tiere, Maschinen oder Prozesse beziehen.

**Albedo** – Reflektionsvermögen einer Oberfläche. Eine Oberfläche mit einer hohen Albedo wird das Sonnenlicht reflektieren. Eine Oberfläche mit einer niedrigen Albedo wird das Sonnenlicht absorbieren. Schnee (hohe Albedo) reflektiert das Sonnenlicht und bleibt kalt.

**Anaerob** – Erfordert keinen Sauerstoff. Kann sich auf Tiere, Maschinen oder Prozesse beziehen.

**Arktis** – Mit Schnee oder Eis bedeckte Gebiete. Kalt und trocken. Siehe Tundra.

**Arthropoden** – Der Tierstamm, zu dem Insekten, Krustentiere, die Spinnenartigen und Tausendfüßler gehören.

**Atmosphäre** – Die aus Gasen bestehende Schicht, die einen Planeten einhüllt.

**Atomzeitalter** – Diese Periode ist gekennzeichnet durch Kernkraft, Luftfahrzeuge, Radio und chemische Düngemittel.

**Auftrieb** – Wenn zwei Platten auseinanderdriften, dann wird zwischen ihnen Lava nach oben fließen und kleine Erhebungen wie die mittelozeanische Schwelle bilden. Siehe Plattentektonik.

**Aussterben** – Die Eliminierung einer Art.

**Biom** – Ein großes Ökosystem, wie beispielsweise gemäßigtes Grasland, Wald oder Wüste.

**Biomasse** – Die gesamte Trockenmasse allen lebenden Materials auf einem Planeten.

**Biomfabrik** – Ein SimEarth-Tool, welches das für die von ihm okkupierte Umgebung beste Biom produziert.

**Biosphäre** – Die Gebiete eines Planeten, in denen es Leben gibt. Auf der Erde sind dies die Kruste, die Hydrosphäre und die niedere Atmosphäre.

**Bronze** – Eine Legierung aus Zinn und Kupfer, die fester ist als jeder dieser Bestandteile für sich genommen.

**Bronzezeit** – Diese Periode ist gekennzeichnet durch Bronzewerkzeuge, Segelschiffe, Tonplatten und Bewässerung.

**Carnifarne** – Ein SimEarth-Name für mobile, fleischfressende Pflanzen. Die Venusfliegenfalle ist ein Carnifarn.

**CO<sub>2</sub>-Generator** – Ein SimEarth-Tool, welches Kohlendioxid für die Atmosphäre produziert.

**Eisenzeit** – Diese Periode ist gekennzeichnet durch Eisenwerkzeuge, Sextanten, Papier, Druckpressen und von Pferden gezogene Pflüge.

**Erdkern** – Das extrem dichte, flüssige Zentrum der Erde. Besteht wahrscheinlich aus schmelzflüssigem Eisen. Siehe Erdmantel.

**Erdkruste** – Diese dünne äußere Hülle der Erde ist nur einige Kilometer stark. Siehe Erdmantel.

**Erdmantel** – Die Magmaschicht zwischen der Kruste und dem Kern der Erde. Dieser Bereich ist ständig im Fluß, und seine Geschwindigkeit wird in Zentimetern pro Jahr gemessen.

**Eukaryoten** – Einzellige Mikroben mit einem Kern.

**Evolution** – Der Prozeß der Veränderung und Diversifikation des Lebens.

**Explosiver Auftrieb** – Manchmal sind die heißen Stellen in der Tat sehr heiß. Dadurch kann ein Vulkan entstehen, der tausendmal größer ist als die Vulkane, die Menschen bisher zu Gesicht bekamen. Diese Auftriebe speien das Material über Kontinente und sind möglicherweise Nemesis.

**Geosphäre** – Siehe Lithosphäre.

**Heiße Stelle** – Mantelmaterial fließt auf und ab sowie zur Seite. Das heiße Magma steigt manchmal vom Erdkern zur Erdkruste auf und bildet eine Heiße Stelle. Siehe Vulkan.

**Hydrosphäre** – Die Wasseranteile der Erde. Dazu gehören die Meere, Seen, Flüsse und Wolken. SimEarth beschränkt den Terminus auf die Meere.

**Industriezeitalter** – Diese Periode ist gekennzeichnet durch die Verwendung von fossilen Brennstoffen als Antriebsmittel, durch Automobile, Telefone und Tierzucht.

**Informationszeitalter** – Diese Periode ist gekennzeichnet durch Computer, globale Kommunikation, Robotereinsatz und ökologisches Bewußtsein.

**Insolation** – Incoming SOLar radiATION (Sonneneinstrahlung).

**Klasse** – Die bei der Einteilung des Lebens nach dem Stamm folgende Kategorie. Die wichtigsten Klassen der Chordaten sind Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere. Siehe Ordnung.

**Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)** – Ein aus zwei Sauerstoffatomen und einem Kohlenstoffatom bestehendes Gas. Dieses Gas wird von den Pflanzen bei der Photosynthese gebraucht und entsteht bei der Atmung der Organismen.

**Koniferen** – Zapfentragende Bäume und Sträucher. Dazu gehören die immergrünen Gehölze, Kiefern und Tannen.

**Kontinentaldrift** – Die Theorie, daß die Kontinente ihre Position auf der Erde verändert haben. Es handelt sich hierbei um den Vorläufer der Plattentektonik.

**Kryosphäre** – Die Regionen mit ewigem Frost, wie das Inlandeis, die Tundra und die Gebirgsgletscher.

**Lava** – Hierbei handelt es sich um die leichteren Bestandteile des Magma, die über Vulkane und Auftriebe an die Oberfläche gelangen.

**Lithosphäre** – Die Gesteinsbestandteile des Planeten: Platten, Kruste, Moho, Mantel und Kern. Siehe Geosphäre.

**Luftdruck** – Der von Luftmolekülen beim Aufprall auf eine Oberfläche verursachte Druck. Im Vakuum gibt es keinen Luftdruck.

**Magma** – Geschmolzenes Gestein unterhalb der Erdkruste. Siehe Lava.

**Massenaussterben** – Zu verschiedenen Zeiten in der Erdgeschichte sind große Zahlen von Arten untergegangen. Aufzeichnungen weisen darauf hin, daß jedesmal zu einer solchen Zeit zwischen 5% und 50% dieser Arten ausstarben. Siehe Nemesis.

**Methan (CH<sub>4</sub>)** – Ein aus einem Kohlenstoffatom und vier Wasserstoffatomen bestehendes Gas. Es wird in erster Linie von primitiven Mikroben produziert, die gegenwärtig in den Därmen größerer Organismen leben.

**Mikroben** – Einzellige Organismen.

**Moho** – Auch genannt die Mohorovicic-Diskontinuität. Die turbulente Region zwischen Erdkruste und Erdmantel.

**Mollusken** – Klasse von Invertebraten, zu der Schlangen, Muscheln und Kraken gehören.

**Monolith** – Ein SimEarth-Tool zur Entwicklungsbeschleunigung. Entnommen aus "2001 – Kosmische Odyssee" von Arthur C. Clark.

**Mutieren** – Wenn sich ein Organismus so reproduziert, daß kein exaktes Ebenbild entsteht. Die eine Evolution ermöglichende Veränderlichkeit.

**N<sub>2</sub>-Generator** – Ein SimEarth-Tool zum Einbringen von Stickstoff in die Atmosphäre.



**Nanotech-Zeitalter** – Diese Periode ist gekennzeichnet durch Molekularkonstruktion, Maschinen in Molekülgröße und vollständig automatisierte Produktion.

**Nemesis** – Der Schuldige am periodisch auftretenden Massenaussterben (etwa aller 25 Millionen Jahre). Identität unbekannt, die beiden Hauptverdächtigen sind: Meteore (verursacht durch einen dunklen Stern, der unsere Sonne umkreist) und explosive Auftriebe.

**Noosphäre** – “Die Sphäre des Geistes”, die Gesellschaft und Kultur einschließt.

**Oberflächen-Albedo** – In SimEarth ist damit die Albedo Ihrer Planetenoberfläche gemeint.

**Ökosystem** – Eine Gruppe von Pflanzen- und Tierarten, die in einem annähernden Gleichgewicht zusammenleben.

**Ordnung** – Die bei der Einteilung des Lebens nach der Klasse folgende Kategorie. Die wichtigsten Ordnungen der Säugetiere sind Nager, Katzen, Hunde, Wiederkäuer, Primaten und Zetazeen.

**Organismus** – Eine selbständige Einheit des Lebens. Alle Pflanzen, Tiere und Mikroben sind Organismen.

**Oxygenator** – Ein SimEarth-Tool, welches Kohlendioxid in Sauerstoff umwandelt.

**Pflanze** – Ein Organismus, der sich mittels Photosynthese ernährt.

**Photosynthese** – Ein Prozeß, bei dem unter Verwendung von Licht energiespeichernde Chemikalien, z.B. Zucker, entstehen. Sauerstoff ist ein Nebenprodukt der Photosynthese.

**Phytomasse** – Die gesamte Trockenmasse allen Pflanzenmaterials auf einem Planeten.

**Planet** – Ein Himmelskörper, der eine Sonne umkreist.

**Planetesimal** – Ein kleiner Planet. Klein bedeutet gewöhnlich von der Größe des Mondes oder kleiner.

**Platte** – Ein festes Stück der Erdkruste, welches durch den sich bewegenden Mantel umhergeschoben wird.

**Plattentektonik** – Theorie, daß die Erdkruste aus beweglichen Platten gebildet wird, die auf dem Mantel schwimmen. Selbst der Meeresboden besteht aus Platten.

**Prokaryoten** – Primitive einzellige Mikroben ohne Kern. **Radiaten** – Die Klasse der Invertebraten einschließlich Qualle und Seestern.

**Reich** – Die allgemeinste Kategorie bei der Einteilung des Lebens in der Biologie. Die fünf Reiche sind Prokaryoten, Protocistae (Eukaryoten), Fungi, Plantae und Animalia.

**Sapient** – Ein intelligenter, Werkzeuge gebrauchender Organismus.

**Sauerstoff ( $O_2$ )** – Ein aus zwei Sauerstoffatomen bestehendes Gas. Es wird von den Organismen bei der Atmung gebraucht.

**Stamm** – Die bei der Einteilung des Lebens nach dem Reich folgende Kategorie. Die wichtigsten Tierstämme sind Chordaten, Arthropoden und Invertebraten. Siehe Klasse.

**Staub** – Bei SimEarth ist damit Staub, Asche und Rus gemeint, wenn sie sich in der Atmosphäre befinden. Dadurch kann ein Planet verdunkelt werden, was zu einer Verringerung der Photosynthese und zur Absorbierung von Wärme führt.

**Steinzeit** – Diese Periode ist gekennzeichnet durch Steinwerkzeuge, Domestikation, Feuer und Kultivierung.

**Stickstoff ( $N_2$ )** – Ein aus zwei Stickstoffatomen bestehendes Gas. Es ist ein träges, resistentes Gas, das 80% der Erdatmosphäre ausmacht.

**Sumpf** – Auch bekannt als tropisches Grasland. Dieses Biom ist von Pflanzen und Tieren bevölkert, die in langsam fließenden flachen Gewässern und an schlammigen Ufern gedeihen.

**Taiga** – Auch bekannt als borealer Wald. Biom speziell für kühle Regionen mit Luftfeuchtigkeit. Die Bäume sind gewöhnlich Koniferen.

**Terraformierung** – Der Prozeß der Veränderung eines ganzen Planeten zu einem bestimmten Zwecke.

**Treibhauseffekt** – Durch Treibhausgase verursachte Planetenerwärmung.

**Treibhausgase** – Bestimmte Gase ermöglichen den Eintritt der Sonnenstrahlung in die Atmosphäre, jedoch nicht wieder der Austritt. Die gebräuchlichsten davon sind Kohlendioxid, Methan und Wasserdampf.

**Trichordaten** – Ein SimEarth-Terminus für eine Ordnung von Radiaten mit drei strahlenförmig angeordneten Wirbelsäulen.

**Trockenmasse** – Die Masse eines Organismus nach Entfernung des Wassers.

**Tundra** – Dieses Biom ist so angepaßt, daß es periodisch auftretende arktische Bedingungen und das ganze Jahr über herrschende Kälte überlebt.

**Urwald** – Auch bekannt als Tropenwald. Dieses Biom gedeiht in heißem, feuchtem Klima.

**Vaporator** – Ein SimEarth-Tool zur Stimulierung des globalen Pflanzenwachstums.

**Vulkan** – Wenn sich eine heiße Stelle über einem dünnen Bereich der Erdkruste befindet, kann ein Vulkan ausbrechen. Vulkane speien Lava und Asche über ein Gebiet, wobei oftmals neue kegelförmige Berge entstehen.

**Wasserdampf ( $H_2O$ )** – Wasser kann die Form eines Gases mit einem Sauerstoffatom und zwei Wasserstoffatomen annehmen.

**Wolken-Albedo** – Die Albedo der Wolken. Eine hohe Wolken-Albedo kann die Erde kühl halten. Siehe Albedo.

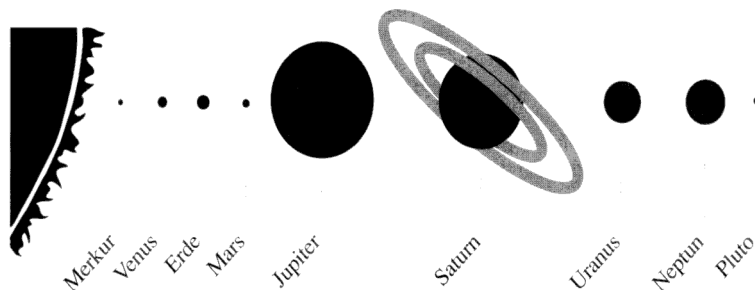
**Wüste** – Ein Ökosystem speziell für heißes Wetter und wenig Wasser.

**Zetazeen** – Die Ordnung der Säugetiere, die ausschließlich im Wasser lebt. Dazu gehören die Delphine und die Wale.

**Zoomasse** – Die gesamte Trockenmasse allen tierischen Materials auf einem Planeten.

# PLANETEN- BESCHREIBUNG

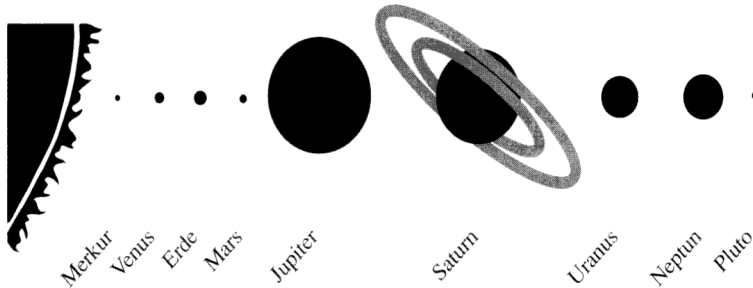
## MERKUR



Jahr (Erdentage)	87,97
Tag (Erdenstunden)	59
Durchmesser (km)	4880
Durchmesser (Meilen)	3032
Dichte (Wasser = 1)	5,5
Monde	0
Oberflächengravitation (Erde = 1)	0,38
Masse (x10-21 Tonnen)	0,332
Entfernung von der Sonne (Mio km)	57,9
Entfernung von der Sonne (Mio Meilen)	35,99
Umlaufgeschwindigkeit (km/sec)	47,73

# VENUS

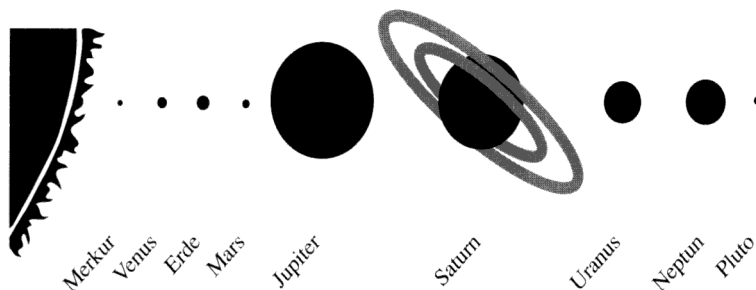
# PLANETEN- BESCHREIBUNG



Jahr (Erddage)	224,7
Tage (Erdenstunden)	243
Durchmesser (km)	12100
Durchmesser (Meilen)	523
Durchschnittstemperatur (°C)	477
Dichte (Wasser = 1)	5,24
Monde	0
Oberflächengravitation (Erde = 1)	0,9
Masse (x10 <sup>21</sup> Tonnen)	4,89
Achsenneigung	177,3
Volumen (Erde = 1)	0,88
Entfernung von der Sonne (Mio km)	108,2
Entfernung von der Sonne (Mio Meilen)	67,24
Umlaufgeschwindigkeit (km/sec)	35

# PLANETEN- BESCHREIBUNG

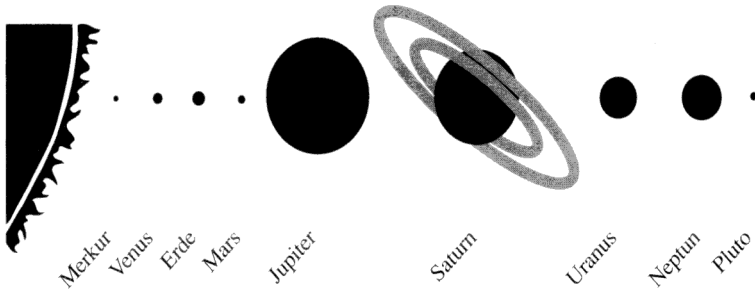
## ERDE



Jahr (Erdentage)	365,26
Tag (Erdenstunden)	23h 56min
Durchmesser (km)	12754
Durchmesser (Meilen)	7926
Durchschnittstemperatur (°C)	13
Dichte (Wasser = 1)	5.52
Monde	1
Oberflächengravitation (Erde = 1)	1
Masse (x10-21 Tonnen)	6,04
Achsenneigung	23,45
Volumen (Erde = 1)	1
Entfernung von der Sonne (Mio km)	149,6
Entfernung von der Sonne (Mio Meilen)	93
Umlaufgeschwindigkeit (km/sec)	29,8

# MARS

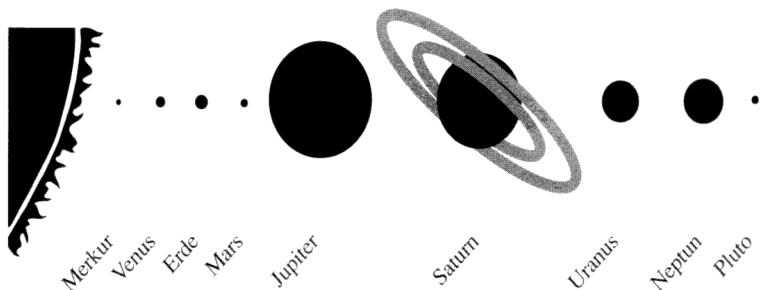
# PLANETEN- BESCHREIBUNG



Jahr (Erdentage)	687
Tag (Erdenstunden)	24h 37min
Durchmesser (km)	6796
Durchmesser (Meilen)	4220
Durchschnittstemperatur (°C)	-53
Dichte (Wasser = 1)	3,94
Monde	2
Oberflächengravitation (Erde = 1)	0,38
Masse (x10-21 Tonnen)	0,642
Achsenneigung	25,19
Volumen (Erde = 1)	0,15
Entfernung von der Sonne (Mio km)	227,9
Entfernung von der Sonne (Mio Meilen)	141,73
Umlaufgeschwindigkeit (km/sec)	24,1

# PLANETEN- BESCHREIBUNG

## JUPITER

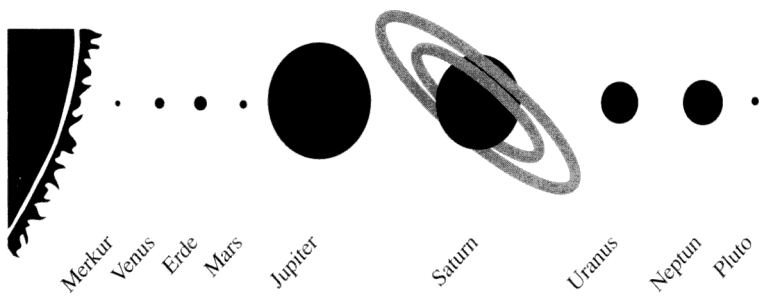


Jahr (Erdentage)	4331,98
Tag (Erdenstunden)	9h 50min
Durchmesser (km)	142800
Durchmesser (Meilen)	88750
Dichte (Wasser = 1)	1,3
Monde	16
Oberflächengravitation (Erde = 1)	2,87
Masse (x10-21 Tonnen)	1920
Entfernung von der Sonne (Mio km)	778,7
Entfernung von der Sonne (Mio Meilen)	483,88
Umlaufgeschwindigkeit (km/sec)	12,73



# SATURN

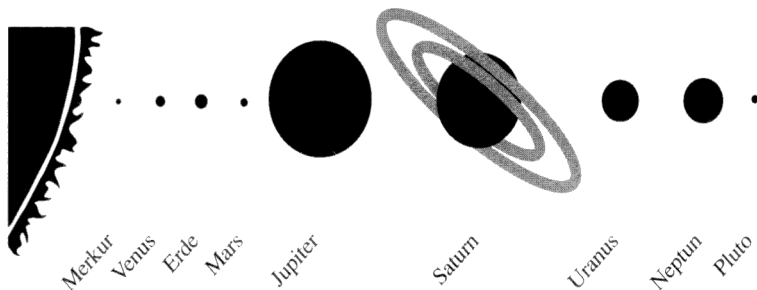
# PLANETEN- BESCHREIBUNG



Jahr (Erdentage)	10760,56
Tag (Erdenstunden)	10h 14min
Durchmesser (km)	120020
Durchmesser (Meilen)	74580
Dichte (Wasser = 1)	0,7
Monde	17
Oberflächengravitation (Erde = 1)	1.32
Masse (x10-21 Tonnen)	575
Entfernung von der Sonne (Mio km)	1427,7
Entfernung von der Sonne (Mio Meilen)	887,13
Umlaufgeschwindigkeit (km/sec)	9,45

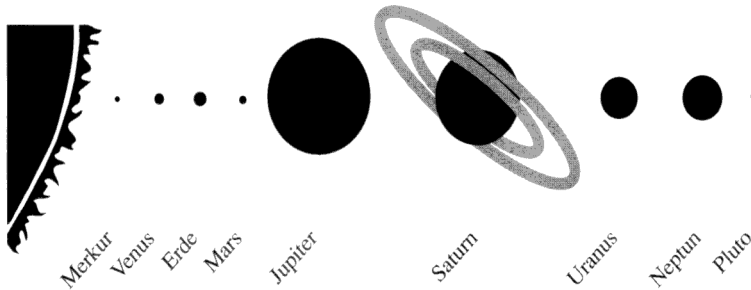
# PLANETEN- BESCHREIBUNG

## URANUS



Jahr (Erdentage)	306854,9
Tag (Erdenstunden)	10h 49min
Durchmesser (km)	50900
Durchmesser (Meilen)	31600
Dichte (Wasser = 1)	1,3
Monde	5
Oberflächengravitation (Erde = 1)	0,93
Masse (x10 <sup>21</sup> Tonnen)	88,2
Entfernung von der Sonne (Mio km)	2870,5
Entfernung von der Sonne (Mio Meilen)	1783,7
Umlaufgeschwindigkeit (km/sec)	6,36

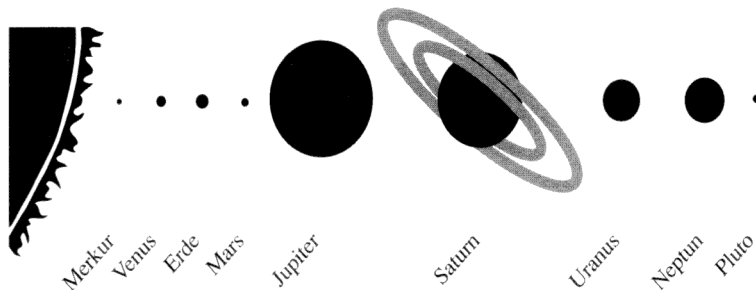
## NEPTUN

PLANETEN-  
BESCHREIBUNG

Jahr (Erdentage)	60191,2
Tag (Erdenstunden)	15h 48min
Durchmesser (km)	48600
Durchmesser (Meilen)	30200
Dichte (Wasser = 1)	1,8
Monde	3
Oberflächengravitation (Erde = 1)	1,23
Masse (x10-21 Tonnen)	103,89
Entfernung von der Sonne (Mio km)	4498,8
Entfernung von der Sonne (Mio Meilen)	2795,5
Umlaufgeschwindigkeit (km/sec)	4,77

# PLANETEN- BESCHREIBUNG

## PLUTO



Jahr (Erdentage)	90474,9
Tag (Erdenstunden)	159h 19min
Durchmesser (km)	2400
Durchmesser (Meilen)	1500
Dichte (Wasser = 1)	0,7 (?)
Monde	1
Oberflächengravitation (Erde = 1)	0,03 (?)
Masse (x10 <sup>21</sup> Tonnen)	0,06
Entfernung von der Sonne (Mio km)	5902,8
Entfernung von der Sonne (Mio Meilen)	3667,9
Umlaufgeschwindigkeit (km/sec)	<4,77

# SIM EARTH

The Living Planet™

