

# WIKIREADER DIGEST

---

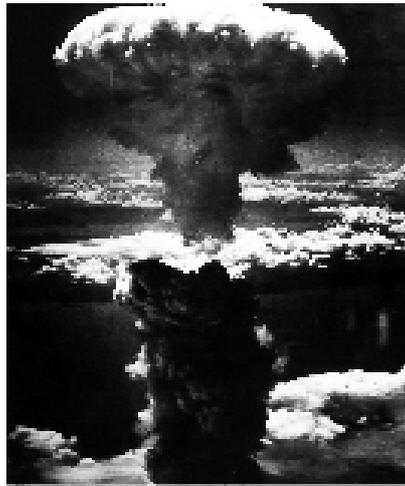
EINE ARTIKELSAMMLUNG AUS WIKIPEDIA, DER FREIEN ENZYKLOPÄDIE

Stand vom 15. September 2004 um 11:30 CEST

## Woche 2004-38

Diese Woche:

- Schwarzer Hollunder
- Libellen
- Tropischer Wirbelsturm
- Atombombenexplosion
- Die Welle
- Swetlana Alexandrowna Kusnezowa
- und Patriach Petros VII.



WIKIMEDIA  
FOUNDATION



WIKIPEDIA  
*Die freie Enzyklopädie*



---

## IMPRESSUM

---

**Verfasser:** Die Freiwilligen Schreiber der deutschsprachigen Wikipedia

**Herausgeber dieser Ausgabe:** Thomas R. „TomK32“ Koll

**Besonders fleißige Wikipedianer:** Necrophorus, Trainspotter

**Stand der Ausgabe 2004-38:** 15. September 2004 um 11:30 CEST

**Verwendete Schriften:** FreeSerif und FreeMono

**ISSN (Onlineausgabe):** 1613-7752

**URL der Wikipedia:** <http://de.wikipedia.org>

**URL dieses Hefts:** [http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:WikiReader\\_Digest](http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:WikiReader_Digest)

## ÜBER WIKIPEDIA

Die Wikipedia ist eine freie Enzyklopädie, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, jedem eine freie Wissensquelle zu bieten, an der er nicht nur passiv durch lesen teilhaben kann, sondern auch aktiv als Autor mitwirken kann. Auf der Webseite <http://de.wikipedia.org> findet man nicht nur die aktuellen Artikel der deutschsprachigen Wikipedia, sondern darf auch sofort und ohne eine Anmeldung mit schreiben. Auf diese Art sind seit 2001 eine Million Artikel zustande gekommen, in mehr als 110 Sprachen.

Inzwischen ist die Wikipedia seit 2003 Teil der Wikimedia Foundation die für die technischen Voraussetzungen der Wikipedia zuständig ist und auch andere Projekte wie das Wörterbuch Wiktionary oder das Lehrbuch-Projekt WikiBooks beherbergt.

## ÜBER DIE REIHE "WIKIREADER DIGEST"

"WikiReader Digest" ist ein Teilprojekt des WikiReaders und hat im Gegensatz zu den üblichen WikiReadern kein bestimmtes Thema vorausgesetzt sondern enthält immer nur eine kleine Auswahl an Artikeln. Die Auswahl der Artikel kann zum Beispiel besonders gelungene neue Artikel oder auch exzellente Artikel die erst jetzt in die offizielle List aufgenommen wurden enthalten. Auch Artikeln die einfach nur aufgrund des aktuellen Weltgeschehens von Interesse für den Leser sein könnten werden hier zu finden sein.

Das Zielpublikum sind all jene die zwar Interesse an der Wikipedia haben, aber nicht immer auf dem Laufenden sein können und eine kleine wöchentliche Auswahl zum Ausdrucken bevorzugen. Die Reihe erscheint für den Druck auf dem heimischen Gerät im Papier-Format DIN A4 und für den besonders sparsamen Druck empfiehlt es sich auf den Ausdruck der letzten zwei Seiten mit den Quellen, Autoren und GNU FDL zu verzichten. Bei einer größeren Auflage und auch Weitergabe dieses WikiReaders müssen diese Seiten aber mitgegeben werden.

## RECHTLICHES

Wie auch die Wikipedia selbst, steht dieses Heft unter der GNU-Lizenz für Freie Dokumentationen (GNU FDL) die in einer inoffizielle Übersetzung im Anhang zu finden ist. Man darf, nein **soll**, den WikiReader frei kopieren im Rahmen dieser Lizenz. Die offizielle Version der Lizenz, die es leider nur auf Englisch gibt, findet sich auf <http://www.gnu.org>

## EDITORIAL

Die erste Ausgabe nach zwei Monaten Sommerpause ist schon etwas besonderes. Es fand sich leider keiner der meine Vertretung machen wollte aber es gab gleich zwei Freiwillige die Artikel vorschlugen, das Projekt ist also weder tot noch vergessen worden. Ein Artikel den ich gerne aufgenommen hätte war Rosch ha-Schana aber es fand sich keiner der den Artikel erweitern wollte. Naja, der Reader ist auch so recht umfangreich geworden.

Viel Spass beim Lesen wünscht Thomas R. Koll

## INHALTSVERZEICHNIS

Schwarzer Holunder.....	2	APPENDIX.....	28
Libellen.....	5	Autoren.....	28
Tropischer Wirbelsturm.....	10	Quellenverzeichnis.....	28
Atombombenexplosion.....	14	Bildverzeichnis.....	28
Die Welle.....	25	GNU Freie Dokumentationen Lizenz.....	28
Swetlana Alexandrowna Kusnezowa.....	25		
Petros VII.....	27		



**WikiReader Internet**

**Jetzt bestellen unter**

**<http://shop.wikipedia.org>**

# SCHWARZER HOLUNDER

Der **Schwarze Holunder** (*Sambucus nigra*), auch **Alhorn, Elder, Ellhorn, Eller, Flieder, Fliederbeerbusch, Hölder, Holder, Holderbaum, Holderbusch, Holler, Kelkenbusch** genannt, ist ein Strauch aus der Gattung der Holunder (*Sambucus*).

Seine Früchte bezeichnet man auch als **Fliederbeeren**, was auf seinen lange in Deutschland gebräuchlichen Namen 'Flieder' zurückzuführen ist, der erst später auf den heutigen Flieder (*Syringa*) überging. Der Name 'Holunder' leitet sich aus der heidnischen Mythologie ab, wo der Strauch mit der Toten-Göttin 'Frau Holle' (von 'Hölle') in Verbindung gebracht wurde.

## BESCHREIBUNG

Der Schwarze Holunder ist ein zwei bis sieben Meter hoher Strauch mit starker Verzweigung, das fein gesägte Laub ist gegenständig und unpaarig gefiedert. Die einzelnen Blattfieder sind etwa 30 Zentimeter lang und bestehen aus meist fünf oder sieben Einzelblättern, die elliptisch und am Rand gesägt sind. Diese sind jeweils bis etwa 12 Zentimeter lang. Die Blätter entwickeln sich etwa im März oder April des Jahres.

Die Zweige des Holunders sind oftmals bogenartig ausladend und von graubrauner Farbe. Sie sind übersät mit Lentizellen, die als hellere Erhebungen ins Auge fallen, und ausgefüllt mit weißem, fast schaumpolystyrolartigem Mark. Die dickeren Äste sowie der Stamm haben eine längsgefurchte Borke.

Ab Juni bis in den Juli erscheinen am jungen Holz weiße Blüten an bis zu 30 cm großen flachen Dolden, ihr frischer, fruchtiger Duft ist unverwechselbar und typisch für den Holunder. Die Dolde besteht aus weißen oder leicht gelblichen Einzelblüten, die in der Regel fünfzählig sind. Sie besitzen entsprechend jeweils fünf Kelchblätter, fünf miteinander verwachsene Kronblätter und fünf freie Staubblätter mit gelben Staubbeuteln. Hinzu kommen drei miteinander verwachsene Griffel, die später in der Frucht drei Kerne bilden. Ein kleinerer Teil der Blüten ist jedoch auch vierzählig.

Aus ihnen bilden sich im August und September die anfangs roten, später schwarzen Vitamin-C-reichen, ungefähr sechs Millimeter großen Beeren (eigentlich Steinfrüchte), mit jeweils drei Samen und burgunderrotem Saft. Während diese Früchte reifen, färben sich auch die Stiele, an denen sie sitzen, rötlich. Die Beeren sind nach dem Abkochen oder Vergären essbar, da das vor allem in den grünen Teilen der Pflanze enthaltene Sambunigrin, das Blausäure abspaltet, so abgebaut wird.

## VORKOMMEN

Der Schwarze Holunder ist eigentlich in Mitteleuropa beheimatet, hat sich jedoch als häufige Kulturpflanze von Skandinavien bis nach Nordafrika ausgebreitet. Ebenfalls anzutreffen ist er in Westsibirien, dem Kaukasus und Kleinasien. Von Vorteil dafür ist sicher seine Robustheit und anspruchslosigkeit. Holunder ist ausgesprochen froshart und gedeiht gut im Halbschatten auf Unkrautfluren, Waldlichtungen oder an Wegrändern, schätzt jedoch insbesondere mittelschwere bis sandige, stickstoffreiche und frische, schwach saure Lehmböden. In den Alpen ist er bis in die mittlere Gebirgslage von etwa 1500 Metern anzutreffen.

Neben wilden Vorkommen findet sich der Holunder seit Mitte der 1980er Jahre zunehmend in Kultur, es existieren einige Sorten, die zu unterschiedlichen Zwecken selektiert wurden.

### Schwarzer Holunder



Bild 1 - *Sambucus nigra*

### Systematik

<i>Unterklasse:</i>	Cornidae
<i>Überordnung:</i>	Dipsacanae
<i>Ordnung:</i>	Dipsacales
<i>Familie:</i>	Geißblattgewächse ( <i>Caprifoliaceae</i> )
<i>Gattung:</i>	Holunder ( <i>Sambucus</i> )
<i>Art:</i>	Schwarzer Holunder ( <i>S. nigra</i> )

## VERWENDUNG

Holunder findet vielfach Verwendung in der Küche wie in der Kräuterheilkunde.

### HOLUNDER ALS HEILMITTEL

*Holundersaft* und die *Holunderbeeren*, aber auch Tees aus Rinde und Blütenständen gelten als probate Hausmittel gegen Erkältung und finden bis heute Anwendung. Als Faktoren dieser Wirkung gelten die in den Früchten enthaltenen Vitamine C und B, Fruchtsäuren, ätherische Öle, die auch in den Blüten enthalten sind, Flavonoide und vor allem das farbgebende Anthocyan. Dieses Antioxidativ schützt die Zellmembranen vor Veränderungen durch freie Radikale und verlangsamt so den Alterungsprozess der Pflanzenzellen wie auch der Zellen des menschlichen Konsumenten.



Bild 2 - Früchte des Hollunders

Die ätherischen Öle mit ihren Aromakomplexen wirken leicht schweißtreibend und schleimlösend. Auch bei Magenbeschwerden wird Fliedertee in der Hausmedizin erfolgreich angewandt.

### HOLUNDER ALS FARBSTOFF

Nicht nur für Süßigkeiten oder Molkereiprodukte in der Lebensmittelindustrie, sondern auch in der Textilindustrie wird Holunder als natürlicher Farbstoff verwendet.

### HOLUNDER ALS LEBENSMITTEL

Bereits die Blüten dolden lassen sich als Lebensmittel verwenden, bekannteste Zubereitungsform sind die sogenannten *Hollerküchel*, *Holunderküchle* oder *Hollerschöberl*. Dabei werden die Dolden des Holunders in Pfannkuchenteig getaucht und in Fett oder Olivenöl auf einer Pfanne ausgebraten. Aber auch zur Sektbereitung lassen sich Holunderblüten verwenden.

Da die Beeren des Holunders schwach giftig sind (sie enthalten Sambunigrin), können sie nicht roh verzehrt werden - erst nach Erhitzen können sie bedenkenlos verwendet werden. Die geeignetste und verbreitetste Form dazu sind Gelees oder Mus. In Norddeutschland kocht man aus den Beeren eine Fliedersuppe, aber auch zum Backen finden sie Verwendung und in Roter Grütze. Sie lassen sich problemlos einfrieren. Der Saft der Beeren ist zwar genießbar, aber sehr herb. Daher wird er oft mit Apfelsaft oder anderen süßen Fruchtsäften gemischt.

Holunderbeeren werden auch gerne zur Herstellung von Spirituosen verwendet. Am bekanntesten ist dabei sicher der italienische Sambuca, aber auch andere Beerenbrände werden aus Holunder destilliert.

In der Schweiz und Österreich wird sowohl aus Blüten als auch aus den Beeren des Schwarzen Holunders Sirup hergestellt.

### TRADITIONELLE REZEPTE

#### HOLUNDERBLÜTENSEKT

Man setzt Ende Mai ungefähr 10 mittelgroße, voll aufgeblühte Blütenstände mit fünf Litern Wasser, 500 Gramm (braunem) Zucker und zwei in Scheiben geschnittenen, ungespritzten Zitronen an, am besten in einem Glasballon und verschließt diesen mit einem Watterpfropf. Den Ansatz lässt man zwei bis drei Wochen an einem hellen, warmen Ort stehen und gären. Die Gärung sollte normalerweise nach ca. vier Tagen spontan durch die auf den Blüten ohnehin vorhandenen Hefesporen einsetzen, falls nicht, kann man noch als Starter auch eine kleine Messerspitze Weinhefe zugeben. (Falls man die Gärung nicht abwarten kann oder will, kann man auch bei der Holunderblütenlimonade stoppen). Wenn die stärkste Kohlendioxid-Entwicklung abklingt, ist es Zeit, den jungen Sekt abzuseihen, wobei eine Kaskade von Seihe, Sieb und ausgekochter Baumwollwindel sich bewährt hat, und in starkwandigen Flaschen, am besten eben Sektflaschen, abzufüllen. Diese müssen auch fest verkorkt und der Korken sinnvollerweise mit einem Korkendraht gesichert werden, da die Gärung in den Flaschen nicht augen-



Bild 3 - Holunderblütendolde

blicklich stoppt und die dabei entstehenden Drücke erheblich sind. Man lagert die abgefüllten Flaschen aufrecht, kühl und dunkel. Am besten schmeckt der Sekt innerhalb der ersten vier Monate, er kann sich aber, wenn man hygienisch gearbeitet hat, auch länger halten.

## HOLLERKÜCHLE

Aus 200 Gramm Weizenmehl, einer Prise Salz, zwei Eigelb, einem Viertel Liter Milch und einem Esslöffel Honig einen Pfannkuchenteig anrühren. Die zwei Eiweiß steif schlagen und unterheben. Viel Butter in einem Topf erhitzen, zehn bis fünfzehn Holunderblütendolden nacheinander am Stiel anfassen und in den Teig tauchen und sofort mit dem Stiel nach oben ins heiße Fett legen und ca. zwei Minuten schwimmend ausbacken. Dann herausnehmen, auf Krepppapier kurz abtropfen lassen, mit Puderzucker bestäuben und noch heiß servieren.

## NORDDEUTSCHE FLIEDERSUPPE

Ein Pfund Beeren mit der Gabel von der Dolde abstreifen und mit der Schale einer halben Zitrone in einem Liter Wasser halb gar kochen. Danach durch ein Sieb streichen und 40 Gramm Zucker einrühren. Etwas Speisestärke und Milch anrühren und als Bindung zur Suppe gießen. Nun mit etwas Zitrone und Zucker abschmecken, ein Eiweiß steif schlagen, portionsweise abstecken, auf die Suppe geben und drei bis fünf Minuten ziehen lassen.

## HOLLERRÖSTER (ALTES ÖSTERREICHISCHES REZEPT)

Die Beeren in einen Topf geben und ganz mit Milch bedecken, dann mit etwas Zimtrinde eine halbe Stunde lang aufkochen. Eine dünne Einbrenne bereiten, diese dazugeben und noch einmal kurz aufkochen. Mit Zucker süßen und mit etwas etwas Schlagrahm abschmecken. Auskühlen lassen und eventuell mit Schwarzbrotbrocken (bzw. klein geschnittenen Brotwürfeln) servieren.

---

## SCHÄDLINGE

---

- Wühlmäuse verursachen an den Sträuchern des Schwarzen Holunders die größten Schäden, in großen Anlagen können sie bis zu 40 Meter lange Gänge anlegen, bei denen sie die Wurzeln der Sträucher schwer beschädigen.
- Vögel, wie zum Beispiel Finken und Grauschnäpper, schätzen Holunderbeeren. Zwar sind sie im strengen Sinne keine Schädlinge, insbesondere bei Solitärpflanzen kann es aber durch den Vogelfraß zu deutlichen Ernteverlusten kommen.
- Die Schwarze Holunderblattlaus (*Aphis sambuci*) befällt zumeist nur einzelne Pflanzen, schwächt sie aber durch das Saugen des Pflanzensaftes.
- Gallmilben, insbesondere Spinnmilben, können Triebe verkrüppeln und so größere Schäden verursachen.
- Die Doldenwelke, ein Pilz, lässt die Blütenstände verwelken, so dass es zu starken Ernte-Einbußen kommen kann. Diese äußert sich in einem Welken der Haupt- bzw. Seitenachsen der Blütenstände.
- Blütenbotrytis kann gelegentlich zum Verrieseln der Blüten führen.

---

## UNTERARTEN

---

Neben dem Typ existiert die Unterart *S. n. palmensis*, die endemisch in den Lorbeerwäldern der Kanarischen Inseln vorkommt und vom Aussterben bedroht ist.

---

## LITERATUR

---

- Gesa Bartig: *Heilsamer Holunder*, Schacht-Audorf 1997, ISBN 3-92814-328-X
- Rita Pilaske: *Holunder*, Mainz 2002, ISBN 3921156602
- Kristiane Müller-Urban: *Kochen und Backen mit Holunder*, Augsburg 2002, ISBN 3-89604-358-7
- Hanspeter Hemgesberg: *Natürlich gesund mit Holunder*, Augsburg 1998, ISBN 3-31000-414-7
- Uschi Ostermeier-Sitkowski: *Die Heilkraft des Holunder*, München 1998, ISBN 3-45314-786-3
- Rene Prümmel: *Holunder*, München 1999, ISBN 3-51708-067-5
- A. und L. Waniorek: *Holunder*, Landsberg am Lech 1998, ISBN 3-47808-605-1

## WEBLINKS

- Diplomarbeit A. Zeitlhöfler: Die obstbauliche Nutzung von Wildobstgehölzen (Schwarzer Holunder) (<http://www.zeitlhoefler.de/garteninfos/wildobst/Dipl2-5.html>)
- Küchenkunde: Holunder (<http://www.bad-bad.de/restaur/kuechenkunde/holunder.htm>)
- Giftstoffe im Schwarzen Holunder ([http://www.giftpflanzen.com/sambucus\\_nigra.html](http://www.giftpflanzen.com/sambucus_nigra.html))
- Holunder als Zauberpflanze (<http://www.zauber-pflanzen.de/sambucus.htm>)

## LIBELLEN

Die **Libellen** (Odonata) bilden eine Überordnung innerhalb der Klasse der Insekten (Insecta). Von den 4700 bekannten Arten leben in Mitteleuropa etwa 80. Die Flügelspannweite der Tiere beträgt zwischen 20 und 110 mm, die Art *Megalopterus coeruleus* kann eine maximale Spannweite von 150 mm erreichen.

### NAMENSGEbung

Der Ursprung des Namens "Libellen" war lange Zeit ungeklärt. Eingeführt wurde der Name von Carl von Linné, der die Gruppe als "Libellula" bezeichnete, ohne dies näher zu erläutern. Aufgrund dieser Ungewissheit wurde angenommen, dass der Name sich von dem lateinischen Wort für "Büchlein" "*libellum*" ableitet. Die tatsächliche Quelle des Namens wurde erst in den 1950er Jahren entdeckt. Sie stammt aus dem Werk "*L'histoire entière des poissons*" von Guillaume Rondelet (1558), in dem folgendes geschrieben steht (deutsche Übersetzung nach Jurzitza 2000):

*"Ein kleines Insekt könnte Libellula fluviatilis genannt werden, da sein Körperbau einem Meeresfisch ähnelt, der Zygaena oder Libella heißt. Er hat die Form einer Wasserwaage, wie sie die Architekten verwenden, und wird in Italien auch Hammerfisch genannt. Jenes Tier ist sehr klein, hat die Form eines "T" oder einer Wasserwaage, besitzt aber auf jeder Seite drei Beine. Der Schwanz endet in drei grünen Spitzen, mit deren Hilfe das Tier schwimmt."*

Guillaume Rondelet beschreibt in diesen Zeilen eine Larve einer Kleinlibelle und vergleicht diese mit dem Hammerhai (Gattung *Libella*).

### BAU DER LIBELLEN

Die Libellen zeichnen sich durch einen außergewöhnlichen Flugapparat aus. Die Fähigkeit, ihre beiden Flügelpaare auch unabhängig voneinander bewegen zu können, ermöglicht es ihnen, abrupte Richtungswechsel zu vollziehen, in der Luft stehen zu bleiben oder, bei einigen Arten, auch rückwärts zu fliegen. Beim Flug werden Maximalgeschwindigkeiten von 50 km/h erreicht. Die Frequenz des Flügelschlages ist dabei mit etwa 30 Schlägen pro Sekunde relativ langsam.

Die großen Vorder- und Hinterflügel sind (vor allem bei den Kleinlibellen) annähernd gleich groß und weisen eine komplexe Flügelladerung auf. Dabei reicht die Spannweite der Tiere von 18 Millimetern bei *Agriocnemis pygmaea* bis zu 19 Zentimetern bei *Megalopterus caeruleus*, Pseudostigmatidae. Da ihnen das für die Neufügler typische Flügelgelenk fehlt, können sie die Flügel nicht nach hinten über den Hinterleib legen. Anders als bei allen anderen Insekten setzen bei den Libellen die Flugmuskeln direkt an den Flügeln an. Stabilisiert werden die Flügel durch eine Reihe von Längsadern, zwischen denen die Flugfläche nicht plan sondern zickzackförmig aufgespannt ist. Im Zentrum des Flügels treffen sich diese Adern in einem Knotenpunkt (No-

### Libellen



Bild 4 - gebänderte Prachtlibelle (*Calopteryx splendens*), Weibchen

### Systematik

Stamm:	Gliederfüßer (Arthropoda)
Unterstamm:	Tracheentiere (Tracheata)
Überklasse:	Sechsfüßer (Hexapoda)
Klasse:	Insekten (Insecta)
Unterklasse:	Fluginsekten (Pterygota)
Überordnung:	Libellen (Odonata)

### Ordnungen

- Großlibellen (Anisoptera)
- Kleinlibellen (Zygoptera)
- Urllibellen (Anisozygoptera)

das), damit sie auch bei einer Längsbeanspruchung nicht abknicken können. Am vorderen Bereich der Flügelspitze besitzen die meisten Arten ein vergrößertes und dunkel gefärbtes Flügelfeld, das als Flügelmal (Pterostigma) bezeichnet wird. Insgesamt unterscheidet sich die Flügeladerung bei den unterschiedlichen Libellenarten sehr stark, sodass sie als Bestimmungsmerkmal und zur systematischen Einordnung der Tiere genutzt werden kann.

Der Kopf der Libellen ist deutlich von den Brustsegmenten getrennt und dadurch extrem beweglich. Auffällig sind die großen Facettenaugen, die bei einigen Arten aus bis zu 30.000 Einzelaugen (Ommatidien) bestehen können. Zwischen den Komplexaugen liegen auf der Kopfoberseite außerdem drei kleine Punktaugen, die wahrscheinlich nur der Wahrnehmung von Helligkeiten dienen. Mit diesem System verfügen sie wahrscheinlich über den besten Sehsinn unter den Insekten. Die Fühler der Libellen sind borstenartig kurz und bestehen aus acht Gliedern. Ihre Funktion besteht hauptsächlich in der Ermittlung der Fluggeschwindigkeit, die sie mit Hilfe von an ihnen befindlichen Sinneshaaren bestimmen.



Bild 5 - Facettenauge einer Libelle

Die Mundwerkzeuge und besonders die Mandibeln sind kräftig entwickelt und bezahnt (daher der wissenschaftliche Name "Odonata"). Vorn werden diese von der Oberlippe (Labrum) abgeschlossen. Die Maxillen tragen jeweils einen Taster und die Unterlippe (Labium) ist zweilappig ausgebildet.

Die Brust (Thorax) der Libellen ist wie bei allen Insekten dreiteilig aufgebaut. Die beiden hinteren Brustsegmente sind sehr kräftig ausgebildet und schräg gegenüber dem ersten Segment ausgerichtet. Auf diesem Weg entsteht ein nach vorn gerichteter "Fangkorb" aus den Beinen. Diese besitzen außerdem kräftige Klauen und sind am Unterschenkel (Tibia) meist bedorn, um die Beutetiere besser halten zu können.

Der Hinterleib ist meist schlank ausgebildet und farbig. Er besteht aus acht Segmenten, die häutig miteinander verbunden sind. Durch die Länge bewirkt er eine Stabilisierung beim Flug. Die Beweglichkeit des Hinterleibes ist vor allem für die Paarung der Tiere notwendig. Die Männchen besitzen am Ende des Hinterleibs eine Greifzange aus umgebildeten Hinterleibsanhängen (Cerci), mit der sie das Weibchen bei der Paarung festhalten können. Dabei besitzen die Kleinlibellen ein oberes und ein unteres Paar Hinterleibszangen, bei den Großlibellen ist das untere Paar zu einer Platte verschmolzen. Die Männchen besitzen am Hinterleib außerdem einen Kopulationsapparat, die Weibchen einen Eiablageapparat (Ovipositor).

.. *Fast jeder dieser Weidegründe enthält einen Wasserspiegel, von Schwertlilien umkränzt, an denen Tausende kleiner Libellen wie bunte Stäbchen hängen, während die der größeren Art bis auf die Mitte des Weihers schnurren, wo sie in die Blätter der gelben Nymphäen, wie goldene Schmucknadeln in emaillierte Schalen niederfallen, und dort auf die Wasserinsekten lauern, von denen sie sich nähren.* Annette von Droste-Hülshoff: *Westphälische Schilderungen aus einer westphälischen Feder*

---

## LEBENSRAÜME

---

Libellen sind vor allem in der Nähe von Gewässern zu finden, da ihre Larven auf Wasser als Lebensraum angewiesen sind. Besonders die verschiedenen Vertreter der Großlibellen wie etwa die Große Königslibelle (*Anax imperator*) fliegen zum Beutefang jedoch auch weite Gebiete abseits der Gewässer ab. Insbesondere in der Reifephase bewegen sich Libellen für einige Wochen abseits der Gewässer. Auch die Weibchen sind meist nicht am Gewässer zu finden, da sie sonst sofort von einem Männchen zur Paarung genötigt würden. Einige Großlibellen sind manchmal auch in Stadtrandgebieten und durchgrünten Wohnsiedlungen anzutreffen.

Nur verhältnismäßig wenige Libellen sind ausgesprochene Fließgewässerarten, vor allem in den schnellfließenden Oberläufen und im Quellbereich findet man entsprechend nur gut angepasste Tiere. In diesen Gebieten leben vor allem die Quelljungfern der Gattung *Cordulegaster*, deren Larven auf das sauerstoffreiche Wasser dieser Gewässer angewiesen sind. Diese findet man allerdings in den ruhigeren Bereichen hinter Steinen oder Wasserpflanzen. Die Zweigestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster boltonii*) kann allerdings auch an langsam fließenden Gewässern gefunden werden.

Typische Bewohner der Flüsse und langsamen Bäche sind die Prachtlibellen (*Calopteryx*) sowie die Flussjungfern (Gomphidae). An schmalen Fließen und Wiesenbächen finden sich beispielsweise die Helm-Azurjungfer (*Coenagrion mercuriale*) sowie die Vogel-Azurjungfer (*Coenagrion ornatum*).



Bild 6 - Blauflügel-Prachtlibelle (*Calopteryx virgo*)

Weit mehr Arten bevorzugen stehende Gewässer als Lebensraum. Sie finden sich an Tümpeln, Seen und Teichen, wo ihre Larven vor allem in den flacheren Uferzonen und zwischen Wasserpflanzen leben. Dabei sind die meisten Arten wie die Azurjungfern (Gattung *Coenagrion*) oder die Pechlibellen (Gattung *Ischnura*) und eine Reihe von Mosaikjungfern (Gattung *Aeschna*) kaum spezialisiert und viele Libellenlarven können auch relativ hohe Verschmutzungsgrade tolerieren. Spezialisiertere Arten wie etwa die meisten Heidelibellen (*Sympetrum*) brauchen bestimmte Typen von Kleingewässern oder gar Sümpfe.

Ein besonders gefährdeter Lebensraum sind die Moore, die ebenfalls vielen Arten von Libellen als Lebensraum dienen. Diese Arten sind an die hier existierenden Wasserbedingungen wie der extrem niedrige pH-Wert der Gewässer und die teilweise sehr geringen Sauerstoffressourcen angepasst und können entsprechend in anderen Lebensräumen nur schwer überleben. Auch hier leben verschiedene Azurjungfern wie etwa die Speer-Azurjungfer (*Coenagrion hastulatum*) sowie Mosaikjungfern wie die Torf-Mosaikjungfer (*Aeschna juncea*). Ebenfalls hier anzutreffen sind die Vertreter der Moosjungfern (*Leucorrhinia*).

---

## LEBENSWEISE

---

Libellen sind Räuber, die ihre Beutetiere im Flug fangen. Sie nutzen dafür ihre zu einem Fangapparat umgestalteten Beine, mit denen sie ihre Opfer ergreifen.



Bild 7 - Blaue Federlibelle (*Platycnemis pennipes*)

Die Beute der Libellen besteht im Wesentlichen aus anderen Insekten, wobei das Spektrum sehr groß ist. Libellen attackieren beinahe wahllos alle Tiere, die sie überwältigen können. Besonders die Weibchen attackieren dabei zur Paarungszeit auch andere Libellen, manchmal sogar Angehörige der eigenen Art, zeigen also Kannibalismus. Die Jagdflüge sind dabei nicht auf die Gewässer beschränkt, sie finden auch auf Wiesen, Waldlichtungen oder anderen freien Flächen statt. Einige Arten, vor allem Libellenarten der tropischen Regionen, aber auch die heimische Grüne Mosaikjungfer (*Aeschna viridis*), sind ausgesprochene Dämmerungsjäger. Dabei sind sie vollständig auf ihre Augen zur Auffindung der Beute angewiesen.

Wie viele andere Insekten nutzen auch die Libellen die Sonnenwärme zur Aufheizung ihres Körpers, besonders der Muskulatur. Zu diesem Zweck setzen sich einige Arten an sonnenexponierte Stellen und spreizen ihre Flügel. Besonders

bei Arten der kühleren Gebirgsregionen ist dieses Verhalten häufig zu beobachten.

Trotz ihrer Schnelligkeit haben Libellen eine große Anzahl von Fressfeinden. Besonders angreifbar sind sie dann, wenn sie sich zum letzten Mal häuten und sich aus der Exuvie arbeiten. Vor allem Frösche, Fledermäuse und Vögel fressen Libellen, aber auch Wespen, Webspinnen und Ameisen können frisch geschlüpfte Libellen attackieren und verzehren. Auch fleischfressende Pflanzen wie etwa der Sonnentau (*Drosera*) können für Libellen zur Gefahr werden. Zu den Parasiten der Libellen gehören vor allem die Larven von Wassermilben, in Mitteleuropa speziell die der Gattung *Arrenurus*. Die Larven der Libellen fallen vor allem anderen Libellenlarven, aber auch anderen Räubern im Wasser zum Opfer.

Die Lebensdauer der adulten Tiere beträgt bei den meisten Arten durchschnittlich etwa sechs bis acht Wochen. Manche Arten leben auch nur etwa zwei Wochen. Die längste Lebensdauer als ausgewachsene Libelle haben in Mitteleuropa die Winterlibellen (Gattung *Sympetma*), welche als erwachsenes Tier überwintern und dadurch zehn bis elf Monate leben. Das "aktive" Leben beträgt bei ihnen allerdings ebenfalls nur maximal 4 Monate, da sie den Rest der Zeit inaktiv sind.

---

## FORTPFLANZUNG UND ENTWICKLUNG

---

Die beiden ausgewachsenen Libellen finden sich im Flug, wobei nach einem Vorspiel häufig das Männchen das Weibchen mit der Hinterleibszange hinter dem Kopf ergreift. Danach biegt sich das Weibchen im Flug nach vorn und berührt mit ihrer Geschlechtsöffnung am achten oder neunten Hinterleibssegment den Samenbehälter des Männchens am zweiten oder dritten Hinterleibssegment. Dabei entsteht das für Libellen typische Paarungsrad der Libellen.

Das Weibchen legt nach der Begattung die Eier in ein Gewässer ab. Dabei gibt es Arten, welche die Eier in Wasserpflanzen einstecken (endophytisch) und solche, die die Eier im Flug ins Wasser abwerfen oder unter Wasser am Substrat abstreifen (exophytisch). Diese Eiablage kann sowohl in der Tandemstellung erfolgen als auch allein durch das Weibchen. Viele Arten benötigen ganz spezielle Ablagesubstrate oder Ablagepflanzen, das Weibchen der Grünen Mosaikjungfer sticht die Eier beispielsweise nur

in die Blätter der Kressschere (*Stratiotes aloides*) ein, viele Moorlibellen sind an das Vorkommen von Torfmoosen (*Sphagnum*) gebunden.

Aus den Eiern schlüpfen bei beinahe allen Arten so genannte Prolarven, die sich morphologisch von den späteren Larven deutlich unterscheiden. Sie sind meist länger und ihre Beine sind nicht einsatzbereit. Die erste Häutung erfolgt daraufhin entweder in den ersten Sekunden oder in den ersten Stunden nach dem Schlüpfen.



Bild 8 - Libellentandem der großen Heidelibelle (*Sympetrum striolatum*)

Im Wasser sind die Larven gut angepasste Räuber und besitzen als wirksamstes Organ für diese Lebensweise eine typische Fangmaske, die im Ruhezustand unter den Kopf gefaltet wird. Ist ein potentiell Opfer in Reichweite, schnellt dieses klauenbewehrte Instrument hervor und die Beute wird gepackt. Kleinlibellen (Zygoptera) bevorzugen als Beute vor allem Mückenlarven und Kleinkrebse wie etwa die Bachflohkrebse (*Gammarus pulex*). Larven der Großlibellen (Anisoptera) jagen entsprechend größere Beutetiere wie kleine Kaulquappen oder Insekten und deren Larven.



Bild 9 - Frisch geschlüpfte Großlibelle mit Larvenhülle (Exuvie)

Zur Atmung unter Wasser besitzen Libellenlarven zwei verschiedene Techniken, wodurch sie auf den ersten Blick unterschieden werden können: Die Kleinlibellen haben an ihrem Hinterende drei blattförmige Tracheenkiemen, mit denen sie Sauerstoff aus dem Wasser aufnehmen können. Großlibellen hingegen besitzen keine sichtbaren Kiemen, diese sind in den Enddarm verlagert (Rektalkiemen). Die Aufnahme des Sauerstoffs erfolgt hier durch ein spezielles Gewebe im Enddarm. Entsprechend sind besonders Großlibellen abhängig von sauerstoffreichen, unverschmutzten Gewässern.

Das Aushärten der Larvenhaut erfolgt außerhalb des Wassers, meist an den Stängeln oder auf den Blättern von Wasserpflanzen bzw. Schilf. Dort schlüpft dann auch das ausgewachsene Insekt (Imago) aus der Larvenhülle, die als Exuvie zurückbleibt.

---

## GEFÄHRDUNG DER LIBELLEN

---

Im Jahr 2001 wurde die Plattbauchlibelle (*Libellula depressa*) zum Insekt des Jahres gewählt. Begründet wurde diese Entscheidung damit, dass die auffällige und weit verbreitete Art stellvertretend für alle Libellen (Odonata) stehen und auf deren Gefährdung in Deutschland aufmerksam machen soll. Die Gefahr geht vor allem von einer ständig voranschreitenden Verschmutzung und Trockenlegung vieler Gewässer aus, die von den Libellenlarven als Lebensraum gebraucht werden. Die Folge: zwei Drittel der rund 80 heimischen Arten sind gefährdet, 20 Prozent sogar vom Aussterben bedroht. Da den meisten Laien die Artunterscheidung nicht möglich ist, stehen alle Libellenarten in Deutschland und den meisten Nachbarländern unter Artenschutz, es dürfen also nur die leeren Puppenhüllen (Exuvien) gesammelt werden.

Entgegen einem weit verbreiteten Irrglauben sind Libellen ungiftig und können auch nicht stechen, sie sind also für den Menschen völlig harmlos. Alte Namen wie etwa "Teufelsnadel" kamen durch diese falsche Vorstellung zustande und brachten den Libellen einen nicht gerade positiven Ruf bei.

---

## EVOLUTION DER LIBELLEN

---

Die ältesten Funde von libellenähnlichen Tieren stammen aus dem oberen Karbon und sind etwa 320 Millionen Jahre alt. Diese als Palaeodictyopteren bezeichneten Tiere hatten eine Flügelspannweite von bis zu 60 Zentimetern bei *Stenodictya* und fanden sich offensichtlich in bewaldeten Gebieten, da ihre Fossilien in der Steinkohle gefunden wurden. Sie gehörten allerdings noch

nicht zu den Libellen sondern stellen wahrscheinlich die Vorfahren aller Geflügelten Insekten dar. Anders als alle heutigen Insekten besaßen sie auch am ersten Brustsegment, dem Prothorax, flügelartige Fortsätze.

Aus dem oberen Karbon sind außerdem etwa 20 verschiedene "echte" Libellenvorfahren bekannt. Diese Tiere werden als Protodonata oder auch Megasecoptera bezeichnet und umfassen als bekanntesten Vertreter die Riesenlibellen *Meganeura monyi* mit bis zu 70 und *Meganeuropsis permiana* mit bis zu 72 Zentimetern Flügellänge.

Im Trias und der Kreide fand man Vertreter einer Gruppe, die man ursprünglich für die Vorfahren der Kleinlibellen hielt und als Protozygoptera bezeichnete, auf den Falklandinseln. Die aus der gleichen Zeit gefundenen Protanisoptera in Sibirien und Australien hielt man entsprechend für die Vorfahren der Großlibellen. Ebenfalls nicht in die heutigen Taxa einzuordnen sind die Archizygoptera und die Triadophlebiomorpha. Diese Tiere und auch die der folgenden Epochen erreichten nur noch Körpergrößen von sechs bis maximal 20 Zentimetern und entsprachen damit denen heutiger Arten. Diese Gruppen stellen wie die Protodonata jedoch noch keine Vertreter der heutigen Libellen dar.

Erste Vertreter der heute lebenden Libellentaxa traten erstmalig in der Kreide, eventuell auch bereits im Jura, auf. Veränderungen im Bau und wahrscheinlich auch in der Lebensweise der Libellen sind in den letzten 150 Millionen Jahren nur noch minimal.



Bild 10 - Schlüpfende Libelle

---

## SYSTEMATIK DER LIBELLEN

---

Bei den Libellen unterscheidet man drei Untergruppen, welche auch als monophyletische Gruppen angesehen werden (Lohmann 1996). Nach Ansicht einiger Forscher sind die Kleinlibellen allerdings keine natürliche Gruppe (Monophylum), sondern eine Zusammenfassung mehrerer basaler Taxa der Libellen.

Die Kleinlibellen (Zygoptera, ca. 2600 Arten) haben wie die Stammart der Libellen gleich große Flügelpaare, die in Ruhestellung nach hinten über dem Körper zusammengefaltet werden, die Augen stehen weit auseinander. Ein weiteres Merkmal dieses Taxons ist die Ausstattung der Larven mit drei Tracheenkiemen.

Als Epiprocta werden die beiden folgenden Gruppen aufgrund der vergrößerten und nahe beieinander liegenden Augen sowie der Ausstattung mit einer Greifzange am Hinterleib der Männchen zusammengefasst (Epiproct). Auch die Entwicklung der Rektalkiemen bei diesen Taxa taucht als gemeinsames Merkmal auf.

Die Urlibellen (Anisozygoptera oder Epiophlebioptera) existieren heute nur noch in zwei Arten im Himalaya und in Japan. Sie unterschieden sich von den Großlibellen durch eine spezifische Ausbildung des Pedicellus, der Antennen sowie durch den Besitz eines Stridulationsorgans am Abdomen. Bei den Großlibellen (Anisoptera, ca. 2500 Arten), sind die Flügelpaare ungleich groß und stehen in Ruhestellung seitlich vom Körper ab. Außerdem ist die dorsale Flugmuskulatur reduziert und die Tiere besitzen einen speziell ausgestalteten Kopulationsapparat (Penis).

Libellen (Odonata)

|-- Kleinlibellen (Zygoptera)

|-- Epiprocta

|-- Urlibellen (Anisozygoptera, Epiophlebioptera)

|-- Großlibellen (Anisoptera)



Bild 11 - Große Pechlibelle (*Ischnura elegans*)

---

## LIBELLEN IN KUNST UND KULTUR

---

Libellen besitzen eine Reihe volkstümlicher Namen, die sich auf ihre Verwendung in der Mythologie und im Volksglauben zurückführen lassen. So waren die Libellen in der germanischen Mythologie der Göttin Freya oder Frigg zugeordnet und heilig. Diese heidnische Verehrung wurde von Missionaren gemeinsam mit der Bedeutung des der Freya gewidmeten Freitag umgekehrt, die Libellen wurden zu "Teufelsnadeln", "Teufelsbolzen" oder "Augenstechern" und der Freitag zum Unglückstag. Bis heute hat sich die damals verbreitete Angst vor Libellen durch das Märchen, Libellen könnten stechen, gehalten. In Luxemburg ist der Name "Siwestécher" (Siebenstecher) gebräuchlich, der auf den Glauben zurückgeht, dass sieben Libellenstiche einen Menschen töten können.

Auch in der Literatur ist die Libelle regelmäßig zu finden, so etwa in Heinrich Heines Gedicht "Die Libelle" ([http://wikisource.org/wiki/Heinrich\\_Heine\\_Die\\_Libelle](http://wikisource.org/wiki/Heinrich_Heine_Die_Libelle)), in verschiedenen Werken von Annette von Droste-Hülshoff (Der Weiher (<http://www.planet-interkom.de/wolf.busch/drweiher.htm>), Westphälische Schilderungen aus einer westphälischen Feder) oder auch in Heinz Erhardts humoristischen Gedicht "Die Libelle", in dem er schrieb:

*Liebe Libelle,  
flieg nicht so schnelle!  
Denk der Gefahren,  
die deiner harren ...*

Vor allem in modernen Zeichentrickserien, beginnend mit der Biene Maja über Antz bis hin zu verschiedenen japanischen Mangas wird die Libelle aufgrund ihrer Flugkünste als Fluggerät genutzt, in anderen stellt sie das Design für futuristisch anmutende Raumschiffe in Libellenform dar (etwa bei Captain Future).

---

## LITERATUR

---

- Bellmann H (1993): *Libellen beobachten - bestimmen*, Naturbuch Verlag Augsburg
- Corbet PS (1999): *Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata*, Harley Books Colchester
- Jurzitza G (2000): *Der Kosmos-Libellenführer*, Franckh-Kosmos Verlags GmbH & Co., Stuttgart
- Lohmann H (1996): *Das phylogenetische System der Anisoptera (Odonata)*, Entomol. Z. **106**, 209-252
- Sternberg K, Buchwald R (2000): *Libellen Baden-Württembergs*, Eugen Ulmer Verlag

---

## WEBLINKS

---

- Libellen im Natur-Lexikon (<http://www.ausgabe.natur-lexikon.com/libellen.php>)
- Seite der Schutzgemeinschaft Libellen in Baden-Württemberg e.V. (<http://www.sglibellen.de/libellen.html>)
- Wissenswertes über Libellen (<http://umweltundnatur.lernnetz.de/libell01.htm>)
- Kunstflieger par excellence S.60-74 - Buch im PDF-Format (<http://www.clv.de/pdf/255133.pdf>) (Libellen aus kreationistischer Sicht)
- englischer Text über die Abstammung der Libellen, mit Abbildungen zum Bau (<http://tolweb.org/tree?group=Odonata&contgroup=Pterygota>).

---

## TROPISCHER WIRBELSTURM

---

Ein **tropischer Wirbelsturm** ist ein frontenloses Tiefdrucksystem mit organisierter Konvektion, schweren Gewittern und Zirkulation der zum Tiefdruckzentrum ziehenden Luftmassen.

---

## BEGRIFFLICHE ABGRENZUNGEN

---

Tropische Wirbelstürme rotieren zyklonal, also auf der Nordhalbkugel entgegen dem Uhrzeigersinn, auf der Südhalbkugel im Uhrzeigersinn. Diese Rotation verleiht dem Wirbelsturm seine typischen, spiralförmig angeordneten Wolkenbänder. Die

Entwicklungsbedingungen werden meistens in den Tropen oder Subtropen erfüllt. Je nach Region der Entstehung tragen tropische Wirbelstürme unterschiedliche Zusatzbezeichnungen, gemeint ist aber immer das gleiche.

#### **offizielle Definition laut WMO:**

- **Tropischer Wirbelsturm** (auch tropischer Zyklon, Tropical Cyclone)
  - **Hurrikan:** Nordatlantik, Nordpazifik östlich der Datumsgrenze und der Südpazifik östlich von 160°O
  - **Taifun:** Nordpazifik westlich der Datumsgrenze
  - **tropischer Zyklon:** Bezeichnung in allen anderen Gebieten

#### **inoffizielle regionale Bezeichnungen:**

- **Mauritius Orkan:** Madagaskar und Ostafrika
- **Willy Willy:** Australien
- **Baguio:** Philippinen
- **Cordonazo:** Mexiko

---

## **GEFAHREN**

Tropische Wirbelstürme zählen zu den Naturkatastrophen, da von ihnen mehrere Gefahren ausgehen, die Menschen, Natur und Sachwerte bedrohen. Die meisten Todesopfer forderte ein Zyklon 1970 in Bangladesh, damals starben rund 300 000 Menschen:

- **Wind:** In Böen sind über 350 km/h möglich. Bei diesen Geschwindigkeiten sind auch schon massiv gebaute Strukturen gefährdet.
- **Niederschlag:** Innerhalb eines Tages können über 500 mm Niederschlag fallen. Diese enormen Regenmengen lösen an Land dann häufig verheerende Erdrutsche und Überschwemmungen aus. Niederschlagsrekorde (<http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/E4.html>) (englisch)
- **Wellen:** Über 20 m hohe Wellen bedrohen die Schifffahrt sowie die Küsten und Inseln.
- **Tornados:** Tornados sind eine häufige Begleiterscheinung von tropischen Wirbelstürmen. Diese bilden sich in den Gewittern, die den tropischen Wirbelsturm umkreisen. Die Tornados wirken dann zwar kleinräumiger, jedoch sind bei einem Tornado die Windgeschwindigkeiten oft höher als bei dem tropischen Wirbelsturm. Außer einer vertikalen Drehachse haben diese beiden Systeme jedoch nichts gemeinsam. Eine genaue Unterscheidung ist hier notwendig, da es zwischen diesen beiden Systemen oft zu Verwechslungen kommt.

---

## **ENTWICKLUNGSBEDINGUNGEN**

- **Reibung und Feuchtigkeit:** Tropische Wirbelstürme bilden sich nur über Wasseroberflächen, da hier die Reibung wesentlich niedriger ist als an Land und weil hier die Luft feucht genug ist, um ausreichend Konvektion zu verursachen. Die Luftfeuchtigkeit spielt eine wesentliche Rolle, da in ihr Energie (latente Wärme) enthalten ist. Diese Wärme wird dem Ozean beim Verdunsten langsam entzogen und bei der Kondensation schnell wieder abgegeben. Diese Kondensationswärme treibt einen tropischen Wirbelsturm hauptsächlich an.
- **Wasseroberflächentemperatur:** Die Wasseroberflächentemperatur muss mindestens 26,5° C betragen.
- **vertikale Windscherung** Da die Rotationsachse eines tropischen Wirbelsturms vertikal verläuft, ist es für die Systemerhaltung wichtig, dass die niedrigen und hohen Winde möglichst mit gleicher Geschwindigkeit aus der gleichen Richtung wehen. Die vertikale Windscherung bildet einen Vektor aus diesen beiden Winden. Dabei gelten Scherungswerte bis 10 m/s als günstig und ab 20 m/s als sehr ungünstig für eine Entwicklung.

---

## **ENTSTEHUNGsort**

Die meisten tropischen Wirbelstürme entstehen wegen der günstigen Wassertemperaturen innerhalb einer Zone, die zwischen dem südlichen und dem nördlichen 25. Breitengrad liegt. Da die Corioliskraft, die ablenkende Kraft der Erdrotation, erst ab 5

Grad nördlicher und südlicher Breite stark genug ist, um eine Drehbewegung der Zyklone einzuleiten, ist das Äquatorgebiet grundsätzlich als Entstehungszone für tropische Wirbelstürme ausgeschlossen.

In diesen Zonen wird das Entstehen eines tropischen Wirbelsturms noch durch die innertropische Konvergenzzone (ITC) zusätzlich unterstützt. Die ITC sorgt für aufsteigende Luftmassen und starke Konvektion, weil hier oberflächennah die beiden Passatwinde aufeinanderstoßen (Konvergenz). In ca. 12-15 km Höhe streben die Luftmassen nach dem Aufsteigen wieder auseinander (Höhendivergenz).

Im südatlantischen Ozean und im südöstlichen Pazifik gibt es sehr selten tropische Wirbelstürme, da hier die kalten Meeresströmungen Benguela- und Humboldtstrom die tropischen Ozeane deutlich abkühlen, sodass die erforderliche Wassertemperatur von mindestens 26,5° C selten erreicht wird. Am 26.03.04 wurde der bislang einzige tropische Wirbelsturm im Südatlantik vor Brasilien beobachtet. Auf dem Mittelmeer werden manchmal Stürme beobachtet, die den tropischen Wirbelstürmen ähnlich sind.

Es ergeben sich 7 Entstehungsgebiete:

- Nordatlantik: Karibisches Meer, Golf von Mexiko, USA, Kanada, Mexiko
- Nordostpazifik: Hawaii, Mexiko, USA
- Nordwestpazifik: Philippinen, Taiwan, China, Japan, viele Inseln
- Nordindischer Ozean: Golf von Bengalen, Arabisches Meer, Indien
- Südwestpazifik: Ostaustralien
- Südostindischer Ozean: Westaustralien
- Südwestindischer Ozean: Madagaskar, Ostafrika

---

## ENTWICKLUNGSSTADIEN

---

- **Störung:** Wenn eine großflächig Konvektion auslösende Störung, beispielsweise eine Eesterly Wave oder ein außertropisches Tief über ausreichend warmem Wasser auf ausreichend feuchte Luftmassen und auf günstige Scherungsbedingungen trifft, kann ein selbsterhaltender Vorgang ausgelöst werden.
- **Konvektion:** Die durch das Auskondensieren frei werdende Wärme führt dazu, dass die aufsteigende Luft zusätzlich beschleunigt wird. Dadurch entsteht an der Wasseroberfläche ein Unterdruck, also ein Tief. Die von unten nachströmenden Luftmassen erfüllen dieselben Kriterien und werden ebenfalls beschleunigt. Dadurch wird der Kettenprozess aber alleine noch nicht ausgelöst. Sonst würden ja auch in unseren Gegenden aus großen Gewittern tropische Wirbelstürme entstehen.
- **Rotation:** Hinzu kommt jetzt noch, dass die von allen Seiten auf das durch Tiefdruck geprägte Konvektionsgebiet zuströmenden Luftmassen (Low Level Inflow) auf der relativ reibungsfreien Wasseroberfläche durch die Corioliskraft anfangen, um ein Rotationszentrum herum zu zirkulieren. Es entsteht ein LLCC (Low Level Circulation Centre). Diese Zirkulation organisiert und unterstützt die Konvektion nun zusätzlich. Durch die Rotation kann nun noch mehr Luft aufsteigen. Außerdem wird durch die Rotation verhindert, dass die nachströmenden Luftmassen den Unterdruck im Zentrum ausgleichen können. Die Rotation unterstützt dadurch die Selbsterhaltung des Tiefdrucks im Rotationszentrum. Je schneller sich der Wirbelsturm dreht, desto mehr warme, feuchte Luft wird zum Auskondensieren gebracht. Wenn die Luft genug Feuchtigkeit abgegeben hat steigt sie nicht weiter auf und bewegt sie sich in der Höhe seitwärts vom Rotationszentrum weg (High Level Outflow). Einen sehr guten Eindruck vermittelt dieses Video (<http://www.comet.ucar.edu/nsflab/web/hurricane/324.htm>) mit englischer Erklärung zum Thema *Low Level Inflow* und *High Level Outflow*.
- **Intensivierung:** Das entstandene System intensiviert sich nun immer weiter, solange die Bedingungen es zulassen. Sind die Entwicklungsbedingungen optimal erfolgt eine Intensivierung bis zu einer Obergrenze. Diese kann nicht überschritten werden, da die Oberflächenreibung und andere Gründe eine bremsende Wirkung hervorrufen. Den Rekord hält der Hurrikan Tip mit 870 Hektopascal Kerndruck und 2200 km Durchmesser. Durchschnittlich erreichen tropische Wirbelstürme einen Durchmesser von 500 - 700 km. Damit sind sie deutlich kleiner als außertropische Tiefdrucksysteme.
- **Auge:** Dreht sich der tropische Wirbelsturm schnell genug, dann kann sich sogar ein Auge bilden. Das Auge ist ein relativ wolkenfreier, schwachwindiger Bereich um das Rotationszentrum in dem kalte trockene Luft von oben herabsinkt. Ein Auge kann bis zu 50 km Durchmesser erreichen. Umgeben ist das Auge von hochreichenden Quellwolken,

der Eyewall. Die höchsten Windgeschwindigkeiten erreicht der tropische Wirbelsturm im Bereich dieser Eyewall. Da der Sturm noch eine zusätzliche Eigenbewegung aufweist, die noch zur Rotationsgeschwindigkeit dazu addiert wird, liegt das Hauptwindfeld immer auf der Seite, wo die Rotation und die Eigenbewegung in die selbe Richtung zeigen. Beispiel: Zieht ein Zyklon mit einer Rotationsgeschwindigkeit von 200 km/h auf der nördlichen Hemisphäre gegen den Uhrzeigersinn drehend mit einer Eigengeschwindigkeit von 30 km/h nach Norden so ergibt sich eine totale Geschwindigkeit an der östliche Eyewall von 230 km/h. Auf der westlichen Seite wird hingegen nur 170 km/h erreicht, da hier ja die Eigenbewegung entgegen der Rotationsbewegung wirkt.

- **Abschwächung:** Tropische Wirbelstürme bewegen sich unterschiedlich schnell fort: in niederen Breiten mit 8 bis 32 Kilometern pro Stunde, in höheren Breiten mit bis zu 80 Kilometern pro Stunde. Sie können bis zu 3,6 Millionen Tonnen Luft bewegen. Auf beiden Erdhalbkugeln ziehen die Zyklone zuerst meist in westliche Richtung und kehren dann parabelförmig nach Osten um. Auf der Nordhalbkugel in der Regel folgendermaßen: W NW N NO. Dabei verlassen sie dann irgendwann den Bereich günstiger Bedingungen und schwächen sich ab, entweder durch Landkontakt (Landfall), zu kaltes Wasser, trockene Luftmassen oder wegen zu hoher Scherung. Den Rekord an Langlebigkeit hält der tropische Wirbelsturm John, der 1994 31 Tage lang über den Pazifik fegte. Wenn tropische Wirbelstürme die Frontalzone der mittleren Breiten erreichen, können sie sich in ein außertropisches Tiefdrucksystem umwandeln (Extratropical Transition).

---

## EINSTUFUNGEN

---

Tropische Wirbelstürme werden meist nach der **Saffir-Simpson-Skala** eingestuft. Kriterium ist die höchste mittlere Windgeschwindigkeit:

- Tropisches Tief: bis 61 km/h
- Tropischer Sturm: 62 bis 117 km/h
- Kategorie 1: 118 bis 153 km/h
- Kategorie 2: 154 bis 178 km/h
- Kategorie 3: 179 bis 210 km/h
- Kategorie 4: 211 bis 249 km/h
- Kategorie 5: 250 km/h und mehr

---

## BEZEICHNUNGEN, NAMEN UND NUMMERN

---

- **tropisches Tief:** Jedes tropische Tief (Tropical Depression: TD) wird nach Regionen unterteilt durchnummeriert. Beispielsweise bezeichnet "TD 06W" das 6. tropische Tief des Jahres auf dem Westpazifik.
- **tropischer Sturm:** Wenn die Stärke eines tropischen Sturmes (Tropical Storm: TS) erreicht wird, bekommt das System einen Namen. Das geschieht zur besseren Unterscheidung und um die Bevölkerung eindrücklicher warnen zu können. Je nach Region wird dieser Name nach eigenen Regeln und eigenen Listen festgelegt. Eine Übersicht über alle Namenslisten befindet sich auf der "Worldwide Tropical Cyclones Names" Seite (<http://www.nhc.noaa.gov/aboutnames.shtml>) vom National Hurrikane Center der USA (<http://www.nhc.noaa.gov/index.shtml>) in englischer Sprache. Beinahe weltweit (Ausnamen siehe Noname) haben sich kurze menschliche Eigennamen durchgesetzt, da diese am wenigsten Irrtümer verursachen und leicht behalten werden.
- **Zusatzbezeichnung:** Wird eine mittlere Windgeschwindigkeit von 117 km/h überschritten bekommt das Zyklonsystem zusätzlich noch eine regionale Zusatzbezeichnung wie beispielsweise Hurrikan (von Indianisch: huracan - Gott des Windes) oder Taifun.
- **Supertaifun:** Ein Taifun mit mittleren Windgeschwindigkeiten von über 240 km/h wird als Supertaifun bezeichnet.
- **Major Hurricane:** Ein Hurrikan ab Kategorie 3 wird als "Major Hurricane" bezeichnet
- **Noname:** Tropische Stürme auf dem Südatlantik und dem Nordindischen Ozean erhalten nur Nummern, keine Namen.

---

## WEBLINKS

---

### Welweite Beobachtungsdienste:

- Satellite Data Tropical Cyclone Page - FNMOC ([http://152.80.49.216/tc-bin/tc\\_home.cgi](http://152.80.49.216/tc-bin/tc_home.cgi))
- Tropical Products - SSD / NOAA (<http://www.ssd.noaa.gov/PS/TROP/>)
- Tropical Storm Risk - University College London (<http://forecast.mssl.ucl.ac.uk/shadow/tracker/dynamic/main.html>)
- Tropical Cyclones - CIMSS - UW-Madison / NASA / NOAA (<http://cimss.ssec.wisc.edu/tropic/>)

### Interessante Links:

- Hurrikan und Taifun Seite - Thomas Sävert - Naturgewalten (<http://www.saevert.de/hurr.htm>) Eine aktuelle deutsche Seite mit vielen Infos zu allen Stürmen.
- Current Tropical Cyclone Information von Carl Smith (<http://users.qldnet.com.au/%7ecarls/current.htm>) Eine aktuelle Übersicht über viele Dienste, die gerade über tropische Wirbelstürme berichten.

---

## ATOMBOMBENEXPLOSION

---

**Atombombenexplosionen** (auch Atomexplosionen, nukleare Explosionen) sind die mächtigsten von Menschen verursachten Explosionen, zu denen es beim Abwurf oder Test von Atombomben kommt. Dieser Artikel behandelt die Klassifikation, den physikalischen Ablauf und die physikalischen, technischen und biologischen Auswirkungen von Atombombenexplosionen. Für eine allgemeine Einführung in das Thema Atomwaffen sowie in die geschichtlichen und politischen Hintergründe sei auf den Artikel Atomwaffe, für Informationen über die Technologie der Sprengsätze selbst auf Atombombe (Technik) verwiesen.

---

### EINFÜHRUNG

---

Der auffälligste Unterschied zu konventionellen Explosionen besteht in der wesentlich größeren Energiemenge sowie den hohen Temperaturen. Bei Atombombenexplosionen werden Temperaturen bis über 100 Millionen Kelvin erreicht, dagegen haben chemische Explosionen lediglich solche von einigen tausend Kelvin. Die hohe Temperatur von Atombombenexplosionen ist auch Ursache für die Bildung des charakteristischen, hell leuchtenden Feuerballs. Die Sprengwirkung einer atomaren Explosion wird üblicherweise in Kilotonnen oder Megatonnen TNT-Äquivalent angegeben, die die Explosionsenergie in Relation zum chemischen Sprengstoff TNT setzt.

Die Beschreibung einer Nuklearexplosion anhand ihrer Sprengkraft ist jedoch etwas irreführend, denn anders als konventionelle Explosionen wirkt sich eine Atombombenexplosion neben der starken Druckwelle vor allem durch intensive Wärmestrahlung des Feuerballs (auch sichtbares Licht) sowie durch ionisierende Direktstrahlung und radioaktive Rückstände (Fallout) auf ihre Umgebung aus; insbesondere letztere machen die besondere Gefährlichkeit nuklearer Explosionen aus, da ihre Wirkung nicht auf den Moment der Explosion begrenzt ist, sondern viele Jahre oder sogar Jahrtausende andauern kann. Elektrische und elektronische Anlagen werden zudem durch einen starken nuklearen elektromagnetischen Impuls (NEMP) beeinflusst oder zerstört.

Der physikalische Ablauf sowie die militärisch beabsichtigte Wirkung von Atomexplosionen wurde vor allem in den 1950er Jahren von den USA und der Sowjetunion in zahlreichen Atombombentests untersucht. Die meisten physikalischen Kenntnisse über den Ablauf der Explosionen und ihre Auswirkungen auf die Umgebung stammen aus solchen Versuchen, während die medizinischen, wirtschaftlichen und sozialen Folgen hauptsächlich nach den Atombombenabwürfen durch die USA im August 1945 im Zweiten Weltkrieg über den japanischen Städten Hiroshima und Nagasaki "studiert" wurden. Ein Teil dieser Informationen wurde inzwischen zur Veröffentlichung freigegeben.



*Bild 12 - Pilzwolke nach Atomexplosion über Nagasaki in Japan, 1945*

---

## DETONATIONSARTEN

---

Üblicherweise spricht man im Zusammenhang atomarer Explosionen auch von Detonationen. Physikalisch ist das jedoch nicht ganz richtig, denn eine Detonation setzt eine Reaktionsfront voraus, die sich mit Überschallgeschwindigkeit durch das Energie freisetzende Medium fortpflanzt. Bei der Kernspaltung gibt es jedoch keine Reaktionsfront, und die Kernfusion im Innern einer Wasserstoffbombe entspricht eher einer Deflagration. Lediglich der chemische Sprengstoff, der das Spaltmaterial zur überkritischen Masse verdichtet, detoniert.

Es mag logisch erscheinen, Atomwaffen direkt im Ziel zu zünden, das heißt als Bodendetonation. Allerdings entwickeln Atomexplosionen ihre größte Zerstörungskraft bei Luftdetonationen, vom taktischen Gesichtspunkt ist eine derartige Detonation deshalb meist günstiger. Boden- und Untergedetonationen werden nur in einigen Sonderfällen - zum Beispiel als Bunkerbrecher - eingesetzt.

### LUFTDETONATIONEN

Als Luftdetonationen werden Explosionen innerhalb der unteren Atmosphärenschichten (unterhalb 30 Kilometer) bezeichnet, bei denen der Feuerball nicht den Erdboden berührt. Die Druckwelle der Detonation breitet sich ähnlich einer Seifenblase aus und wird zunächst im Hypozentrum (Erdoberfläche unter der Bombe, Bodennullpunkt, *ground zero*, GZ) reflektiert, was eine zweite, infolge des "Fahrwassers" der Primärwelle schnellere Druckwelle verursacht. In einiger Entfernung zum Hypozentrum vereinigen sich beide zu einer einzigen sich ringförmig ausbreitenden Druckwelle, die im Vergleich zur Druckwelle einer Bodendetonation zwar in der Nähe des Hypozentrums schwächer, in größerer Entfernung jedoch erheblich zerstörerischer ist. Die militärischen Planungen während des Kalten Krieges sahen Luftdetonationen entweder zur großflächigen Zerstörung ungepanzelter Ziele wie Industriegebiete, Luftstützpunkte oder Truppenverbände, oder zur Ausschaltung von Luftzielen wie Fliegerverbände oder Raketen vor.

Die Detonationshöhe spielt beim Angriff auf ausgedehnte Bodenziele eine entscheidende Rolle. Je höher die Detonation stattfindet, umso schwächer ist die Druckwelle, die den Boden erreicht. Gleichzeitig vergrößert sich die von der Druckwelle betroffene Bodenfläche. Für jede vorgegebene Explosionsstärke, Überdruck der Druckwelle und Entfernung zum Hypozentrum gibt es eine "optimale" Detonationshöhe. Durch die "optimale" Wahl der Höhe kann man auf größtmöglicher Fläche einen größeren Schaden erreichen als bei einer Bodendetonation. Die zerstörte Fläche kann dabei bis zu doppelt so groß sein wie bei einer Bodendetonation.

Bei Luftzielen spielt die reflektierte Welle meist keine Rolle, da die Entfernung zum Ziel wesentlich geringer ist als die Höhe. Dafür muss die Höhenabhängigkeit von Luftdruck und Temperatur stärker berücksichtigt werden. Die Verwendung von atomaren Explosionen zur Ausschaltung von Luftzielen ist heutzutage allerdings weitgehend obsolet und ersetzt durch zielgenaue konventionelle Waffen wie die MIM-104 Patriot-Raketen.

Ein weiterer Effekt einer Luftdetonation ist die größere Wirkung der Wärmestrahlung, da der Auftreffwinkel größer ist und damit die Abschirmung durch vorstehende Gebäude abnimmt.

### BODENDETONATION

Hauptmerkmale einer Bodendetonation sind die radioaktive Verseuchung großer Landstriche durch Fallout sowie die lokal erheblich stärkere, aber in der Reichweite begrenzte Druckwelle. Der Einsatz erfolgt zur Zerstörung von Bunkeranlagen wie Kommandozentralen, Raketensilos und Staudämmen. Insbesondere aufgeschüttete Staudämme erfordern die Kraterbildung der Bodendetonation. Nähere Informationen zur Entstehung und der Größe der Sprengkrater in Abhängigkeit von der Sprengkraft sind im Artikel Explosionskrater zu finden.

### UNTERGRUNDETONATIONEN

Als möglicher Einsatz von nuklearen Explosionen ist die Untergedetonation in letzter Zeit wieder stärker in die Diskussion geraten. Dieser Detonationstyp ist besonders geeignet, unterirdische Befehlszentralen und Bunkerkomplexe zu zerstören. Es ist allerdings problematisch, die Bombe unbeschadet tief genug in den Untergrund zu bringen. Bei Atomtests hat die Untergedetonation in hinreichender Tiefe gegenüber der Explosion an oder über der Oberfläche den Vorteil, dass die radioaktiven Produkte im Erdinneren verbleiben. Eine langfristige Freisetzung der Spaltprodukte ins Grundwasser oder ins Meer kann nach heutigem Wissensstand jedoch nicht ausgeschlossen werden, insbesondere bei Testexplosionen im porösen Gestein von Atollen, zum Beispiel auf der Pazifikinsel Mururoa.

## UNTERWASSERDETONATIONEN

Die Unterwasserdetonation dient insbesondere der Bekämpfung von U-Booten oder Flottenverbänden. Dazu wurden von allen wichtigen Atommächten unterschiedlichste nukleare Waffen gebaut und getestet. Da sich im Wasser Druckwellen besonders gut ausbreiten können, sind solche Unterwasserexplosionen ebenso wie Untergrundexplosionen nahezu weltweit mit Unterwassermikrofonen nachweisbar. Durch die hohe Dichte des Wassers wird die Energie besonders stark auf Unterwasserziele übertragen und kann Rumpfe von Schiffen und U-Booten eindrücken oder aufreißen. Die Druckwellen breiten sich infolge der hohen Schallgeschwindigkeit im Wasser (etwa 1400 m/s) mehr als fünfmal schneller als in Luft aus und sind, sobald sie die Oberfläche erreichen, dort als sichtbare Störung zu erkennen. Hingegen wird die Druckwelle aufgrund des großen Dichteunterschieds nur in geringem Maße an die Luft übertragen. Lediglich bei geringer Detonationstiefe tritt eine starke Luftdruckwelle auf.

Ähnlich wie bei flachen Untergrundexplosionen werden große Mengen radioaktiven Materials in der unmittelbaren Umgebung des Explosionsortes verteilt, wenngleich die nukleare Direktstrahlung weitgehend absorbiert wird. Doch führen Meeresströmungen nach einiger Zeit zu einer weltweiten Verteilung der Rückstände, während die lokale Verseuchung schnell abnimmt. Neuere Messungen am Bikini-Atoll, wo mehrere Unterwasserexplosionen gezündet wurden, ergaben kaum erhöhte Aktivität am Grund der Lagune.

## HÖHENDETONATION

Interkontinentalraketen bewegen sich über einen weiten Teil ihrer Flugbahn im erdnahen Weltraum. Um sie zu zerstören, planten die USA und UdSSR den Einsatz von Abwehrraketen mit Atomsprengkopf, welche in unmittelbarer Nähe der herannahenden Sprengköpfe zünden sollten. Auf die gleiche Weise sollten auch Militärsatelliten zerstört werden. Zumindest die USA führten hierzu mehrere Testexplosionen durch, die teilweise unerwartete Auswirkungen auf die obere Atmosphäre zeigten.

Die Detonation einer kleinen Atombombe in der oberen Stratosphäre mehr als 30 Kilometer über dem Erdboden oder im erdnahen Weltraum hat in Bezug auf die Druckwelle am Boden kaum Auswirkungen. Dennoch kann sie gravierende Auswirkungen auf die zivile und zum Teil auch die militärische Infrastruktur haben, da ein sehr starker elektromagnetischer Impuls (EMP) ausgelöst wird. Dieser kann vor allem elektronische Geräte mit Halbleiterbauelementen wie Computer, Fernseher, Radios oder die elektronische Zündung im Auto irreparabel beschädigen. Schätzungen zufolge könnten etwa vier bis fünf Detonationen ausreichen, um die gesamten USA zu lähmen. Zudem beeinträchtigen bereits schwache EMPs den Funkverkehr. Daher sind die Ausschaltung gegnerischer elektronischer Systeme sowie Störung der Kommunikation weitere mögliche Einsatzziele neben der direkten Bekämpfung von Höhenzielen.

---

## ABLAUF EINER EXPLOSION

---

Die Vorgänge bei der Explosion einer Atombombe reichen von der nuklearen Kettenreaktion über die Entstehung von Feuerball und Druckwelle bis hin zur Ausbreitung der Explosionswolke und der radioaktiven Rückstände in der Atmosphäre. Die Zeitskalen der einzelnen Abläufe reichen von Millionstel Sekunden bis zu mehreren Minuten. Grob lässt sich der Explosionsvorgang unterteilen in

1. Nukleare Kettenreaktion ( $0-10^{-6}$  Sekunden),
2. Feuerball- und Druckwellenformation ( $10^{-6}-0,1$  Sekunden),
3. Ausbreitung der Druckwelle, Abkühlen des Feuerballs (0,1–10 Sekunden),
4. Formierung der Pilzwolke (Sekunden bis Minuten),
5. Ausbreitung der Wolke, Fallout (Minuten bis Monate).

Die Zeitskalen sind nur ungefähre Anhaltspunkte, da sie stark von der Sprengkraft und der Detonationshöhe abhängen.

## NUKLEARE ENERGIEFREISETZUNG

Je nach Typ der Atomwaffe variiert die Art und Zeitskala der Energiefreisetzung. Im einfachsten Fall einer Kernspaltungsbombe mit Plutonium oder hochangereichertem Uran setzt unmittelbar nach Überschreiten der kritischen Masse die Kettenreaktion ein. Da die freigesetzten Neutronen mit Geschwindigkeiten um  $1,4 \cdot 10^7$  Metern pro Sekunde die meist nur etwa 10 bis 20 Zentimeter große überkritische Spaltmasse innerhalb von  $10^{-8}$  Sekunden durchqueren, und dabei jeweils mit hinreichend hoher Wahrscheinlichkeit einen weiteren Spaltprozess induzieren, beträgt die mittlere Zeit zwischen zwei Spaltungsgenerationen ebenfalls etwa  $10^{-8}$  Sekunden. Waffenfähige Spaltmaterialien müssen dabei im Mittel etwa zwei oder mehr Neutronen pro Spaltung freisetzen, um eine ausreichend hohe Wachstumsrate zu gewährleisten. Da jeder gesplattene Uran oder Plutonium-Kern etwa 200

Millionen Elektronenvolt (200 MeV) freisetzt, liefern etwa  $2 \cdot 10^{24}$  Kernspaltungen eine Energie von 20 Kilotonnen TNT, die Sprengkraft der ersten Atombombe. Bei einem Multiplikationsfaktor von Zwei pro Generation sind – einschließlich des ersten Neutrons – also

$$n = \log_2(2 \cdot 10^{24}) - 1 = 81,7 \approx 82$$

Generationen erforderlich. Bei ununterbrochener Kettenreaktion ist die Energiefreisetzung folglich nach etwa 0,8 Mikrosekunden abgeschlossen. Aufgrund des exponentiellen Wachstums wird der größte Teil der Energie in den letzten Generationen freigesetzt. Während die ersten 60 Generationen kaum die Energie der konventionellen Implosionsladung der Bombe erreichen, schnell die Energie nach 77 Generationen auf ein Äquivalent von tausend Tonnen TNT und die verbleibenden 95% werden in den verbleibenden fünf Generationen freigesetzt.

Nach Abschluss der Kernspaltungsprozesse wird eine erhebliche Energie durch den Zerfall kurzlebiger Spaltprodukte freigesetzt.

Bei der Wasserstoffbombe folgt noch die Phase der Kernfusion, die wenige Mikrosekunden beansprucht, sowie, je nach Bauart, noch eine zweite, durch schnelle Fusionsneutronen induzierte Kernspaltung.

## FEUERBLASE

Sofort nach Abschluss der Kernspaltung liegt die Energie innerhalb des Bombenmantels in Form von

- elektromagnetischen Wellen (Photonen) sowie
- kinetischer Energie freier Elektronen, Neutronen und Atomkerne (Spaltprodukte)

vor.

Aufgrund der enormen Energiedichte steigen die Temperaturen im Innern der Bombe rapide auf 60 bis 100 Millionen Grad Celsius an. Dies entspricht ungefähr dem 10.000 bis 20.000fachen der Oberflächentemperatur unserer Sonne. Die so entstehende „Blase“ aus heißen Spaltprodukten, Bombenmantel und auch umgebender Luft wird als *Feuerblase* bezeichnet. Die Strahlungsleistung pro Oberflächeneinheit (auch spezifische Ausstrahlung, Leucht- oder Strahlungsintensität) ist nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz etwa um den Faktor  $10^{16}$  mal größer als die der Sonne. Allerdings verhält sich die Feuerblase in diesem frühen Stadium, weit vom Strahlungsgleichgewicht entfernt, kaum wie ein *schwarzer Strahler*, so dass diese Abschätzung nur sehr ungenau ist.

Die erste Energie, die den Bombenmantel verlässt, ist Gammastrahlung, die mit Lichtgeschwindigkeit auf die umgebende Luft trifft und dort einen dichten Nebel aus Ozon und Stickoxiden bildet. Dieser Nebel führt dazu, dass die aus der *gemessenen* Strahlungsintensität bestimmte Effektivtemperatur in diesem Frühstadium erheblich unter der wahren Temperatur liegt.

Die Feuerblase, auch *Isothermalsphäre* oder von einigen Quellen auch bereits „Feuerball“ genannt, dehnt sich schlagartig aus, und sobald sie den Bombenmantel verlässt, gibt sie Licht- und Wärmestrahlen in die Umgebung ab. Sie hat zu diesem Zeitpunkt einen Durchmesser von wenigen Metern. Die Ausdehnung erfolgt in diesem Stadium vor allem durch Strahlung, die von Luftmolekülen absorbiert und wieder ausgestrahlt und so an weitere Luftmassen übertragen wird. Die Ausdehnung der heißen Gase spielt dagegen noch kaum eine Rolle.

Die sich ausdehnende Feuerblase kühlt sich innerhalb von 100 Mikrosekunden auf etwa 300.000 Grad Celsius ab. Die thermische Strahlungsleistung, die sich in diesem Stadium zumindest grob durch das Stefan-Boltzmann-Gesetz abschätzen lässt, erreicht jedoch jetzt ein erstes Maximum, zumal der Ozon- und Stickoxid-Nebel mittlerweile selbst zum großen Teil von der Feuerblase eingenommen worden ist. Zu diesem Zeitpunkt (im Fall einer 20-kT-Explosion) bildet sich an der Oberfläche der jetzt etwa 25 Meter durchmessenden Feuerblase eine Schockwelle, welche sich mit anfänglich etwa 30 Kilometer pro Sekunde ausbreitet und dabei einen Teil ihrer Energie in Form von Wärme an die umgebende Luft abgibt. Eine zweite Schockwelle entsteht durch die Expansion des Bombenmaterials; sie vereinigt sich wenig später mit der Welle an der Oberfläche. Wie stark und wie gleichmäßig diese innere Schockfront ist und wann sie sich mit der äußeren vereinigt, hängt stark von Masse und Bauweise der Bombe ab.

Während sich diese innere Schockfront durch die Feuerblase ausbreitet, vermischt sich das verdampfte Bombenmaterial mit der ionisierten Luft. Bei Bodenexplosionen kommt noch verdampftes Erdreich hinzu, wodurch die Feuerblase gegenüber der Luftexplosion stark heruntergekühlt wird. Dieser Effekt ist besonders stark, wenn die Detonationshöhe kleiner ist als der Radius der äußeren Schockfront im Moment der Ablösung; andernfalls wird das verdampfte Erdreich größtenteils zur Seite geblasen.

## FEUERBALL UND DRUCKWELLE

Diese Kompression erhitzt die Luft auf etwa 30.000 Grad Celsius (etwa das Fünffache der Sonnenoberflächentemperatur) - es bildet sich der eigentliche Feuerball, die von außen sichtbare Leuchterscheinung der Explosion, die sich in dieser Phase gut durch einen schwarzen Strahler annähern lässt. Bei dieser Temperatur wird Luft ionisiert und damit undurchsichtig, was die Leuchtkraft der erheblich heißeren und sich weiterhin ausdehnenden Feuerblase etwas abschwächt oder sie gar völlig abschirmt. Bei einer 20 kT-Bombe erreicht die Leuchtkraft nach etwa 15 Millisekunden auf diese Weise ein temporäres Minimum. Der Feuerball hat zu diesem Zeitpunkt etwa einen Durchmesser von 180 Metern.

Während der weiteren Ausdehnung des Feuerballs kühlt er sich weiter auf etwa 3.000 Grad Celsius ab und wird durchsichtig. Dahinter wird wieder die hell leuchtende Feuerblase mit einer Temperatur von rund 8000 Grad Celsius sichtbar, die von nun an selbst als Feuerball bezeichnet wird. Auf diese Weise kommt der für Atomexplosionen typische Doppelblitz zustande. Zu diesem Zeitpunkt haben Feuerblase und Feuerball nahezu ihre größte Ausdehnung erreicht. Die Druckwelle aber breitet sich weiter aus. Anders als die Zonen gleichen Druckpegels skaliert die maximale Ausdehnung des Feuerballs *nicht* mit der Kubikwurzel sondern eher mit

$$D_{\max} \approx 150 \left( \frac{W}{\text{kT}} \right)^{0,95}$$

Die Zeit bis zur maximalen Leuchtkraft  $t_L$  beziehungsweise maximalen Größe (vor Verlöschen und Ausbildung der Pilzwolke)  $t_D$  skaliert ebenfalls abweichend:

$$t_L \approx 0,043 \left( \frac{W}{\text{kT}} \right)^{0,75} ; \quad t_D \approx 0,3 \left( \frac{W}{\text{kT}} \right)^{0,75}$$

Der Grund hierfür ist, dass die Strahlungsdurchlässigkeit für zunehmende optische Dicke (größerer Feuerballdurchmesser) exponentiell statt linear abnimmt und die Wärmeenergie daher gegenüber dem reinen Kubikgesetz etwas langsamer freigesetzt wird. Die Effektivtemperatur der Feuerballoberfläche ist somit aufgrund der Energieerhaltung *niedriger* für größere Explosionen.

## AUSBREITUNG DER DRUCKWELLE

Nach der Auflösung der stoßerhitzten Hülle des Feuerballs breitet sich die Druckwelle (siehe auch Detonationswelle) unsichtbar weiter aus; dabei verdichtet sie weiterhin die Luft und treibt sie vom Explosionszentrum fort. Die Stärke der Druckwelle nimmt mit der Entfernung ab: Erstens durch die geometrische Ausdünnung bei zunehmendem Radius, zweitens infolge der Umwandlung der Wellenenergie in Wärme und drittens aufgrund der zunehmenden Dauer der positiven Druckphase als Folge der Nichtlinearität von Stoßwellen. Die Abhängigkeit des *Überdrucks* vom Abstand von einer 1-kT-Explosion in einem ausgedehnten homogenen Luftraum wird durch eine *Standardkurve* beschrieben. Aus dem Überdruck kann über die Rankine-Hugoniot-Gleichungen auch die Geschwindigkeit von Druckwelle und der verdrängten Luftmassen, und aus letzterer der *dynamische Druck* (auch Staudruck genannt) berechnet werden. Die Standardkurve kann für beliebige Sprengenergien und Atmosphärenbedingungen skaliert werden. So skalieren für beliebige Sprengenergien  $W$  alle Längen  $L$  mit der Kubikwurzel:

$$L(W) = L(1 \text{ kT}) \cdot \left( \frac{W}{\text{kT}} \right)^{1/3}$$

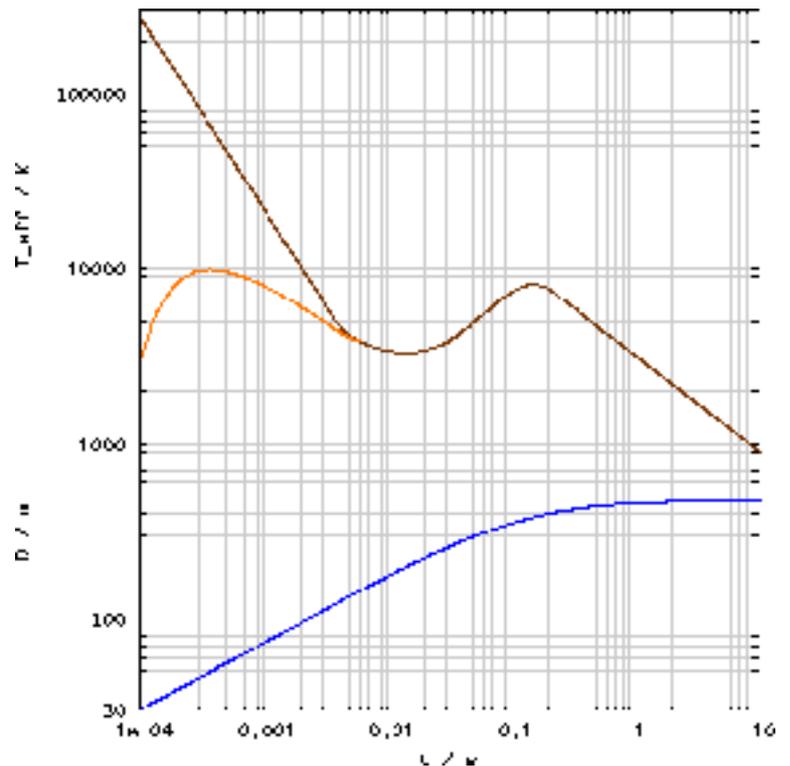


Bild 13 - Feuerballtemperatur (oben) und -durchmesser (unten) einer 20-kT-Luftexplosion als Funktion der Zeit. Die orange Teilkurve zeigt die durch Absorption scheinbar reduzierte Effektivtemperatur im Frühstadium.

Beispiel: Bei einer Explosion mit einer Sprengkraft eines Äquivalents von einer Megatonne TNT (1000 kT) müssen Grundradius und Detonationshöhe um den Faktor  $1000^{1/3} = 10$  skaliert werden.

Neben der Explosionsstärke geht außerdem noch das Verhältnis des Luftdrucks  $p$  zum mittleren Luftdruck auf Meereshöhe  $p_0 = 101,325$  Kilopascal über die Faktoren

$$S_p = \frac{p}{p_0} \quad \text{und} \quad S_r = S_p^{-1/3}.$$

in die wahre Druckkurve mit ein, welche die Abhängigkeit des Überdrucks  $OP$  vom Luftdruck  $p$  und dem Abstand zum Explosionszentrum  $R$  beschreibt:

$$OP(R, p) = S_p \cdot OP(R/S_r, p_0).$$

Die Temperatur hat auf die Stärke der Druckwelle keinen Einfluss, sie beeinflusst allerdings die Ausbreitungsgeschwindigkeit, die ebenso wie die klassische Schallgeschwindigkeit mit der Quadratwurzel der Temperatur in Kelvin skaliert. Befinden sich Ziel und Explosionszentrum in unterschiedlichen Höhen, wie das etwa bei Luftexplosionen der Fall ist, so ist für die Skalierung des Überdrucks in guter Näherung die Höhe des Ziels anstatt der Detonationshöhe ausschlaggebend.

Der positiven Druckphase folgt eine Phase mit negativem Druck (Unterdruck, „Sog“). Sie entsteht aufgrund der Verdünnung der Gase hinter der Stoßfront, besonders innerhalb des Feuerballs. Die Dauer dieser Phase ist im Allgemeinen länger als die der positiven, jedoch ist der Betrag des Unterdrucks geringer als der des positiven Druckmaximums.

Die Unterdruckphase ist auch verantwortlich für die typischen *Kondensringe*, die sich bei hoher Luftfeuchtigkeit um den Explosionsherd herum ausbreiten und vor allem das typische Erscheinungsbild der Testexplosionen im Pazifik bestimmten. Der Druckabfall führt dabei - trotz der enormen Wärmestrahlung des Feuerballs - zur *Abkühlung* der Luft und damit zur Kondensation der Feuchtigkeit. Der Nebel verschwindet, sobald der Druck sich wieder normalisiert. Ähnliche Erscheinungen können auch bei konventionellen Explosionen oder bei Überschallflugzeugen beobachtet werden.

## PILZWOLKE

Nach dem "Wegbrechen" der Druckwelle kühlt sich der Feuerball weiter ab und beginnt sich aufgrund von Konvektion zu heben. Er reißt Staub und Asche mit in die Höhe. Die bekannte Pilzwolke („Atompilz“) entsteht.

Die maximale Höhe der Pilzwolke hängt vor allem von der Explosionsenergie, ferner auch von der Detonationshöhe und von der Wetterlage ab. Die Gipfelhöhe der Explosionswolke einer bodennahen Explosion im kT-Bereich beträgt nur wenige Kilometer, während die Wolke der 50 MT starken „Zar-Bombe“, der stärksten je gezündeten Bombe, 64 Kilometer hoch aufstieg. Nach einigen Minuten stabilisiert sich der Kopf der Pilzwolke auf einer bestimmten Höhe; bei großen Explosionen (über etwa 1 MT) kann kurzfristig eine größere Höhe erreicht werden. Nach Erreichen der Endhöhe kann sich die Wolke nur noch zur Seite ausbreiten; daher nimmt die Breite bei großen Sprengkräften sehr stark zu. Simulationen zufolge würde eine Explosion von mehr als etwa 1000 Megatonnen sich nicht mehr stabilisieren, sondern sich als Plume in den Weltraum ausdehnen. Atmosphärische Explosionen dieser Größe wurden bisher nur beim Einschlag des Kometen Shoemaker-Levy 9 auf dem Jupiter beobachtet.

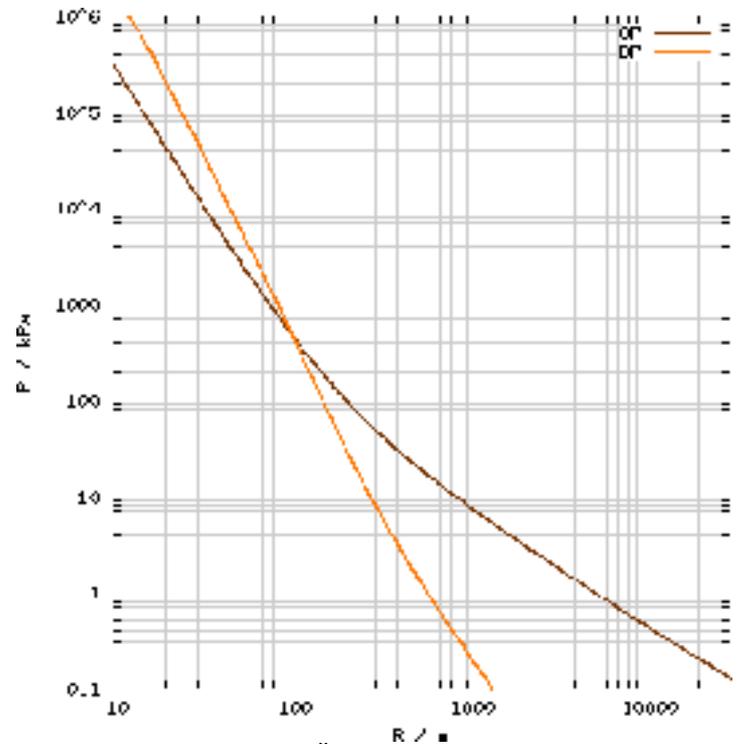


Bild 14 - Abhängigkeit des Überdrucks  $OP$  und des dynamischen Drucks  $DP$  vom Abstand einer 1-kT-Standardexplosion in unbegrenzter homogener Atmosphäre mit Meereshöhebedingungen.

## AUSWIRKUNGEN VON ATOMEXPLOSIONEN

Eine Atombombenexplosion wirkt sich durch folgende Effekte auf ihre Umgebung aus:

- Druckwelle, die ähnlich wie bei normalen Explosionen ist, aber erheblich stärker
- direkte thermische Strahlung (UV- und Infrarotstrahlung sowie sichtbares Licht)
- direkte Kernstrahlung

- indirekte Radioaktivität durch Fallout-Partikel
- Nuklearer elektromagnetischer Puls (NEMP)

Dabei fallen etwa 50 bis 60 Prozent der Gesamtenergie auf die Druckwelle, 35 bis 45 Prozent auf die thermische Strahlung und 5 Prozent auf die direkte und indirekte Kernstrahlung sowie den NEMP. Der Anteil der indirekten Kernstrahlung wird fast ausschließlich durch die Spaltprodukte bewirkt und ist daher bei reinen Kernspaltungsbomben am größten (etwa 10 Prozent der Gesamtenergie). Eine Ausnahme stellt die Kobaltbombe dar.

## FOLGEN DER DRUCKWELLE

Der größte Schaden wird in bebauten Regionen (Städte) durch die Explosionsdruckwelle angerichtet. Wie weiter oben beschrieben, verursacht sie plötzliche starke Druckschwankungen (statischer Über- und Unterdruck) und orkanartige Winde (dynamischer Druck). Der statische Überdruck zerstört vor allem massive Bauten, während der orkanartige Wind Menschen, Tiere, Bäume und leichte Bauten "umbläst". Der statische Unterdruck, der der Überdruckphase folgt und mit schwächeren Winden in Richtung auf das Explosionszentrum einhergeht, ist in Bezug auf Schäden meist vernachlässigbar.

Die folgende Tabelle gibt einen Eindruck von den Auswirkungen der Druckwelle. Es ist allerdings zu beachten, dass die Wirkung auf Menschen *alle* Effekte der Explosion, also auch thermische und radiologische Effekte, mit einschließt.

Druckpegel		Typische Auswirkungen auf Stadtgebiete
PSI	kPa	
0,2	1,4	Bruch typischer Fensterscheiben
1	6,9	Fenster zertrümmert, Verletzungen durch Splitter möglich
3	21	Wohnhäuser (leichte Bauweise) schwer beschädigt oder zerstört, zahlreiche Schwerverletzte, vereinzelte Todesopfer
5	34	Zerstörung der meisten unverstärkten Gebäude, zahlreiche Todesopfer
10	69	Zerstörung oder schwere Beschädigung von Stahlbetonbauten, Tod der meisten Einwohner
20	138	Zerstörung oder schwere Beschädigung auch schwerer Betonbauten, kaum Überlebende (Hypozentrum von Hiroshima: etwa 30 PSI)
50	345	Vollständige Zerstörung aller oberirdischen Bauwerke (Hypozentrum von Nagasaki: etwa 60 PSI)
300	2000	Völlige Einebnung der Landschaft (Hypozentrum der „Zar-Bombe“)

Die Beziehung zwischen maximiertem Abstand vom Hypozentrum  $GR_{OP}$  („ground range“), innerhalb dessen der gegebene Überdruck  $OP$  auftritt, und optimaler Detonationshöhe  $H_{OP}$  ist für eine Explosion von einer Kilotonne TNT-Äquivalent näherungsweise gegeben durch

$$H_{OP} \text{ in m} \approx 16100 \left( \frac{OP}{1 \text{ Pa}} \right)^{-0,33} = 500 \left( \frac{OP}{1 \text{ PSI}} \right)^{-0,33}$$

Der durch diese Wahl von  $H_{OP}$  maximierte Radius  $GR_{OP}$  lässt sich durch folgende Näherung abschätzen:

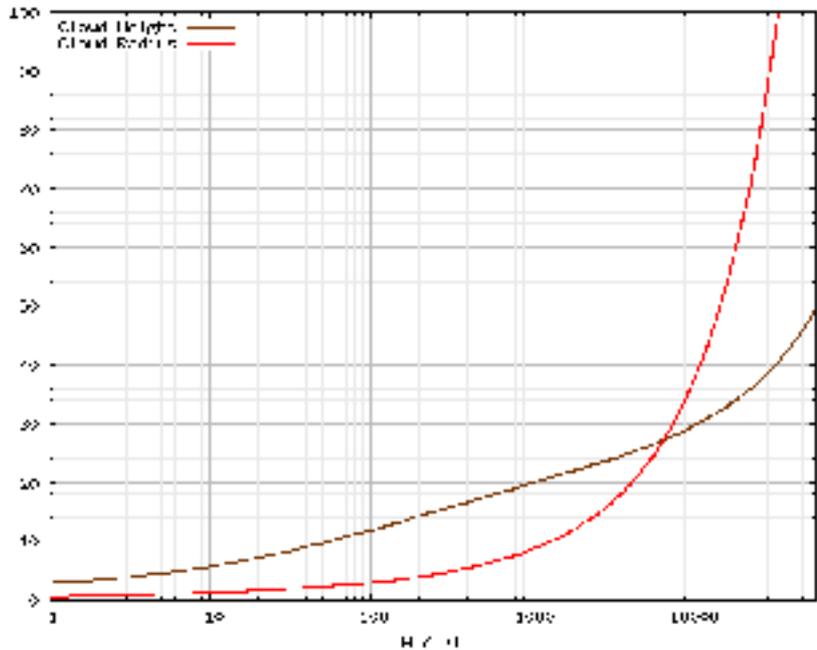


Bild 15 - Durchschnittliche Endhöhe und -radius der Pilzwolke

$$GR_{opt} \approx \left( \left( 9,54 \cdot 10^{-3} \frac{H_{opt}^{0,75}}{m} \right)^4 - \left( 3,01 \frac{H_{opt}^{0,75}}{m} \right)^4 \right)^{1/2}$$

Für andere Sprengenergien ist die erwähnte Kubikwurzelregel anzuwenden. Diese Formeln sind rechnerisch genau auf  $\pm 20$  Prozent für  $H$  und  $\pm 10$  Prozent für  $GR$  im Bereich von 0,1 bis 10000 PSI, jedoch unter Vernachlässigung der atmosphärischen Druckvariation und für ebenes Gelände. Für Detonationshöhen unter etwa 6000 Metern (das entspricht etwa dem halben Luftdruck am Boden) ist diese Vereinfachung noch plausibel.

Der militärisch interessante Bereich für Luftdetonationen liegt zwischen 5 und etwa 50 PSI (34,5 beziehungsweise 345 Kilopascal). Typische Nutzgebäude wie Fabriken, Kasernen oder sonstige nicht besonders verstärkte Gebäude werden bei einem Überdruck von etwa 5 PSI oder dem damit korrespondierenden dynamischen Druck zerstört; daher sind für  $H_{15 \text{ PSI}}$  die größten Zerstörungen in urbanen Gebieten zu erwarten. Schwere Betonbauten oder gepanzerte Fahrzeuge können jedoch weitaus größeren Drücken standhalten. Oberhalb eines anvisierten Druckes von 50 PSI ist der Verstärkungseffekt allerdings vernachlässigbar und eine Bodendetonation vorzuziehen. Die im Zweiten Weltkrieg über Japan abgeworfenen Atombomben hatten Sprengenergien von 15 kT (Hiroshima) beziehungsweise 21 kT (Nagasaki) und detonierten in 580 beziehungsweise 503 Metern Höhe, was nach obigen Formeln einem maximierten Radius für 10 beziehungsweise 19 PSI (68 beziehungsweise 132 Kilopascal) entsprach. Grund für diese konservative Wahl („optimal“ für 5 PSI wären etwa 800 Meter beziehungsweise 900 Meter) war die Unsicherheit der vorausberechneten Sprengkraft; zudem können auch bestimmte strategisch wichtige Bauten wie beispielsweise Brücken höheren Drücken standhalten.

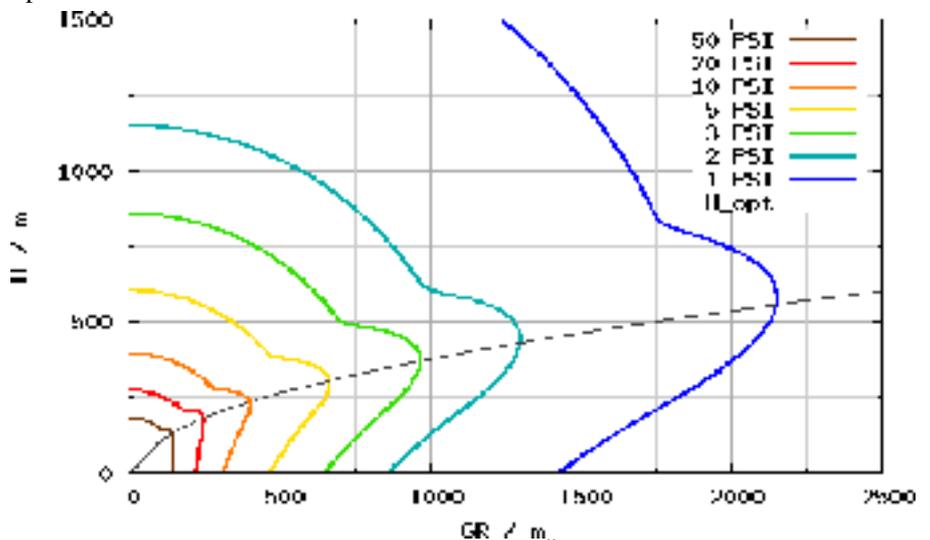


Bild 16 - Abhängigkeit der Zonen verschiedenen Überdrucks von Detonationshöhe  $H$  und Entfernung  $GR$  vom Hypozentrum einer 1-kT-Standardexplosion.  $H_{opt}$  ist die optimale Höhe.

Die meisten Todesfälle außerhalb von Gebäuden treten durch den dynamischen Druck ein. Menschen und Tiere werden durch die Luft geschleudert und lose Gegenstände können die Wirkung von Geschossen erreichen. Dies ist übrigens auch die größte Gefahr bei starken Wirbelstürmen wie zum Beispiel Tornados. Die Druckwelle ist auch verantwortlich für Brände, welche durch die Zerstörung von Gasleitungen, Stromkabeln und Brennstoffanlagen entstehen.

Bei einer Bodendetonation verursacht der enorme Druck ferner die Bildung eines Explosionskraters. Der Großteil des Erdreiches aus dem Krater lagert sich am Kraterrand ab; Erdreich in unmittelbarer Nähe des Sprengsatzes wird jedoch pulverisiert und mit radioaktiven Rückständen aus dem Spaltmaterial angereichert. Dieses trägt maßgeblich zum Fallout bei.



Bild 17 - "Ground zero" in Hiroshima vor (oben) und nach der Explosion der Bombe (unten)

## FOLGEN DER LICHT- UND WÄRMESTRAHLUNG

Ungefähr 35 Prozent der freiwerdenden Energie einer Atomexplosion wird in Wärmestrahlung umgesetzt.

Da sich Wärmestrahlung mit Lichtgeschwindigkeit in der Atmosphäre ausbreitet, treten Lichtblitz und Wärmestrahlung gleichzeitig einige Sekunden vor dem Eintreffen der Druckwelle auf.

Blickt man unmittelbar während oder kurz nach der Detonation in Richtung der Explosion, so kann die enorme Leuchtdichte noch bis in weite Entfernungen zu vorübergehender oder permanenter Erblindung führen, da das Licht des Feuerballs von der Augenlinse aus die Netzhaut gebündelt wird, und bei größerer Entfernung lediglich der Brennfleck kleiner, jedoch, außer durch Absorption in der Luft, kaum schwächer wird.

Die abgegebene Wärmestrahlung verursacht Verbrennungen der Haut, die mit größerer Entfernung zum Bodennullpunkt abnehmen. Im Hypozentrum ist die Wärmeentwicklung im allgemeinen so stark, dass Lebewesen augenblicklich zur Unkenntlichkeit verbrennen und sogar Metalle verdampfen können. Die Entfernungen in denen Verbrennungen auftreten, sind sehr unterschiedlich, da hohe Luftfeuchtigkeit oder Staubpartikel (Smog) die Wärmestrahlung abschwächen, während Schnee, Eis oder heller Sand sowie eine Wolkendecke oberhalb des Explosionspunktes sie lokal auf mehr als das Doppelte erhöhen können. Bei klarem Himmel und durchschnittlicher Sichtweite (20 Kilometer) verursacht eine Luftexplosion von 1 MT Verbrennungen dritten Grades im Umkreis von bis zu 12 Kilometer, zweiten Grades bis 15 Kilometer und ersten Grades bis 19 Kilometer.

Zusätzlich können sich Materialien wie Gardinen, Bettwäsche, Laub, Zeitungspapier entzünden. Diese Feuer treten vor dem Eintreffen der Druckwelle auf und werden zum Teil von ihr "ausgeblasen".

## FOLGEN DER DIREKTEN KERNSTRAHLUNG

Alle Atomwaffen senden während der Detonation ionisierende Strahlung aus. Als direkte oder Initialstrahlung wird die ionisierende Strahlung bezeichnet, die während der ersten Minute nach der Zündung freigesetzt wird. Sie setzt sich im Wesentlichen aus drei Komponenten zusammen, die eine relativ hohe Reichweite in der Luft haben:

- Neutronenstrahlung aus den Kernspaltungs und Kernfusionsprozessen,
- Gammastrahlung aus den Kernprozessen und Anregung von Kernen der Luft,
- Gammastrahlung aus den Zerfallsprozessen kurzlebiger Spaltprodukte.

Ferner sind noch Beta- und Alphastrahlen vorwiegend aus Zerfallsprozessen zu nennen, die aufgrund ihrer kurzen Reichweite in Luft jedoch überwiegend zur indirekten Strahlung (vorwiegend über die Kontamination von Atemluft, Wasser und Nahrung durch den Fallout), aber kaum zur direkten Kernstrahlung beitragen. Die Strahlungsdosis  $D$  nimmt dabei infolge der Absorption in Luft (exponentiell) und der geometrischen Verteilung (quadratisch) annähernd nach der Beziehung

$$D(r) = \frac{C}{r^2} \cdot e^{-kr} ; \quad C, k = \text{positive Konstanten}$$

mit der Entfernung  $r$  vom Explosionszentrum ab, und hat nur bei kleineren Sprengkräften bis etwa 50 Kilotonnen eine relevante Auswirkung, da bei größeren Sprengkräften die (in viel geringerem Maße von der Luft absorbierte) Wärmestrahlung und die Druckwelle bereits tödlich sind. So forderte die direkte Kernstrahlung bei den Explosionen in Hiroshima und Nagasaki, gemessen an ihrem Anteil von nur wenigen Prozent der Gesamtenergie, die meisten Todesopfer. Die Betroffenen erkrankten an der sog. Strahlenkrankheit. Die direkte Kernstrahlung wirkt nur während der Atomexplosion für die Dauer etwa eine Minute - allerdings sehr stark, wobei der größte Teil der Strahlung innerhalb der ersten Sekundenbruchteile freigesetzt wird. Kann ein Betroffener die direkte Kernstrahlung durch geeigneten Schutz teilweise oder ganz abschirmen, wird sein Risiko für die Strahlenkrankheit erheblich reduziert. So überlebten in Hiroshima Menschen, die im Augenblick der Explosion durch beispielsweise eine Betonwand geschützt waren, während ungeschützte Menschen in nur wenigen Metern Abstand von dem Hindernis an der Strahlenkrankheit starben.

## FOLGEN DES FALLOUT

Als Fallout wird ein Gemisch aus verschiedenen radioaktiven Substanzen und Staub bezeichnet, das im Laufe der Zeit aus der Pilzwolke ausfällt oder durch Regen ausgewaschen wird. Der meiste Fallout wird bei Boden- oder bodennahen Detonationen erzeugt, wobei radioaktiv kontaminierter Staub durch die Druckwelle aufgewirbelt und gemeinsam mit der Pilzwolke in die Atmosphäre transportiert wird. Anders als die feinen Rückstände der Bombe, die über mehrere Monate sogar weltweit verteilt werden, fallen die größeren Staubpartikel zum großen Teil schon nach einigen Stunden oder gar Minuten wieder aus. Bei Luftexplosionen fehlt diese kurzzeitige Komponente weitgehend oder vollständig.

Das Ausfallen der Substanzen erfolgt je nach vorherrschender Windrichtung und Windgeschwindigkeit über eine sehr große Fläche. Die größte Menge verstrahlter Partikel fallen, speziell bei Bodenexplosionen, rund um das Hypozentrum zu Boden, und mit zunehmender Entfernung nimmt der Grad der Verstrahlung ab. Dennoch können lokal höhere Konzentrationen, so genannte *Hotspots* zum Beispiel durch mit verstrahltem Staub angereicherten Regenfällen auftreten.

Ist der Fallout als dünne Staubschicht sichtbar, so ist oftmals die Strahlung stark genug, um sofortige Gesundheitsschäden verursachen zu können. Wird eine gewisse Dosis erreicht, so führt dies für die betroffenen Personen zu schweren Strahlenschäden, welche entweder die Erkrankung an der Strahlenkrankheit oder gar den Tod zur Folge haben.

## FOLGEN DES ELEKTROMAGNETISCHEN IMPULSES

Der Elektromagnetische Impuls (EMP), im Besonderen NEMP (Nuklearer elektromagnetischer Impuls) ist ein kurzzeitiges, sehr starkes elektromagnetisches Feld, welches auftritt, wenn Röntgen- oder Gammastrahlung mit Elektronen der Luftmoleküle wechselwirkt (Compton-Effekt). Da die Elektronen eine viel kleinere Masse als die Atomkerne haben, werden sie durch den Compton-Effekt wesentlich stärker beeinflusst und radial vom Explosionsort weggetrieben. Dieses führt zu einer, aufgrund des atmosphärischen Dichtegradienten leicht asymmetrischen elektrischen Ladungstrennung und damit zu einem elektrischen Dipolmoment. Die Beschleunigung der Elektronen verursacht zudem Magnetfelder, so dass elektromagnetische Wellen entstehen. Der EMP unterscheidet sich von gewöhnlichen Radiowellen in zwei Punkten:

- Der EMP ist aufgrund seiner hohen Amplitude in der Lage, in Metallstrukturen großer räumlicher Ausdehnung Spannungen im Kilovoltbereich zu induzieren.
- Die Energie wird als einzelner Impuls mit einer Dauer im Mikrosekundenbereich und einer Anstiegszeit in der Größenordnung einer Nanosekunde freigesetzt.

Somit besitzt der EMP Ähnlichkeit mit einem Blitzschlag, was die Auswirkungen auf elektrische Leitungen betrifft, jedoch ist der Spannungsanstieg erheblich steiler als bei natürlichen Blitzen. Darum sprechen Blitzschutzsysteme aufgrund ihrer Trägheit nicht an.

Alle elektrischen oder elektronischen Geräte und Anlagen mit langen Leitungen oder Antennen und empfindlichen Bauteilen wie Halbleitern und Kondensatoren werden durch den EMP geschädigt. Dazu gehören unter anderem die Stromversorgung (Freileitungsnetz), Telefonnetze, Haushaltsgeräte, Radio- und Fernsehsender. Nur Funkgeräte mit sehr kurzen Antennen werden weniger beeinflusst.

Man unterscheidet je nach Art der Zündung zwischen einem Endo-NEMP, der durch eine Explosion innerhalb der Atmosphäre zwischen etwa 30 und 100 Kilometern Höhe entsteht, und dem Exo-NEMP, bei dem der Sprengsatz bereits im Weltraum explodiert. Die Varianten weisen hinsichtlich ihrer Stärke und Ausdehnung zum Teil starke Unterschiede auf. So werden die Gamma- und Teilchenstrahlen beim Endo-NEMP noch in der Umgebung des Explosionsortes absorbiert, während bei Exo-NEMP die Teilchendichte in der Detonationshöhe so gering ist, dass die Strahlen Hunderte oder gar Tausende von Kilometern zurücklegen können, ehe sie durch Luftmoleküle absorbiert werden. Zudem ist in großer Höhe die geometrische Distanz zum Erdhorizont größer. Dadurch kann ein ganzer Kontinent von den Auswirkungen betroffen sein, wenngleich der Impuls wesentlich schwächer als beim lokal konzentrierten Endo-NEMP ist.

Ein EMP lässt sich auch losgelöst von nuklearen Explosionen durch E-Bomben hervorrufen.

## TABELLE DER WICHTIGSTEN AUSWIRKUNGEN

Die wichtigsten Auswirkungen nuklearer Explosionen sind hier in tabellarischer Form zusammengefasst. Die Informationen stammen aus den unten angegebenen Quellen. Die Tabelle gilt für typische Luftexplosionen unter den folgenden Bedingungen:

- Ebenes Gelände
- Sichtweite: 20 Kilometer
- Explosionshöhe: Optimiert für 15 PSI (etwa 103 kPa)

Der Überdruck im Hypozentrum beträgt in allen Fällen etwa 42 PSI (290 kPa).

Wirkung bis GR / km	Sprengenergie / Explosionshöhe		
	20 kT / 540 m	1 MT / 2,0 km	20 MT / 5,4 km
<b>Druckwirkung</b>			
Totale Zerstörung (20 PSI)	0,6	2,4	6,4
Weitgehende Zerstörung (5 PSI)	1,7	6,2	17
Mäßige zivile Schäden (1 PSI)	4,7	17	47

Themische Wirkung			
Starke Brandwirkung	2,0	10	30
Verbrennungen 3. Grades	2,5	12	38
Verbrennungen 2. Grades	3,2	15	44
Verbrennungen 1. Grades	4,2	19	53
Wirkung der ionisierenden Direktstrahlung (Raumdiagonale <sup>1</sup> SR / km)			
Tödliche <sup>2</sup> Gesamtdosis (Neutronen und $\gamma$ -Strahlen)	1,4	2,3	4,7
Akut schädliche <sup>2</sup> Gesamtdosis	1,8	2,9	5,4

<sup>1</sup>) Für den Wirkungsradius der nuklearen Direktstrahlung hier die *Raumdiagonale SR* (engl. „slant range“) anstelle des Grundradius *GR* angegeben. Der Wirkungs-Grundradius ist entsprechend kleiner, und im Fall  $SR < H$  tritt die angegebene Wirkung selbst im Hypozentrum nicht auf.

<sup>2</sup>) „Akut schädlich“ meint hier eine Gesamtdosis von etwa einem Gray (Gy), „tödlich“ eine von etwa zehn Gray.

---

## FOLGEN EINES ATOMKRIEGES

---

Die Folgen eines interkontinentalen Atomkrieges lassen sich nicht allein durch bloße Summation zahlreicher Atombombenexplosionen verstehen. Vielmehr sind aufgrund der großen Flächendeckung weitere Auswirkungen zu erwarten:

- Zusammenbruch nationaler oder kontinentaler Populationen (Nuklearer Holocaust)
- Langfristig vermehrtes Auftreten von Fehlbildungen und Krebs bei allen Lebewesen aufgrund der das Erbgut schädigenden Wirkung ionisierender Strahlen und der Langlebigkeit einiger radioaktiver Nuklide
- Zerstörung oder schwere Schädigung ganzer Ökosysteme, Massenaussterben
- Klimaveränderungen durch von Rauch und Staub verminderter Sonneneinstrahlung (Nuklearer Winter)
- Vollständige oder weitgehende Zerstörung der gesamten Infrastruktur der beteiligten Länder, erschwerte Erholung durch Verlust von Anlagen zur Produktions- und Rohstoffgewinnung

Über das Ausmaß der einzelnen Folgen herrscht Uneinigkeit, denn eine zuverlässige Vorhersage ist aufgrund der Komplexität allein des Weltklimas und erst recht biologischer und sozialer Systeme kaum möglich. Daher sind diese Angaben sehr allgemein und mit kritischer Distanz zu betrachten.

---

## LITERATUR

---

- Samuel Glasstone und Philip J. Dolan, *The Effects of Nuclear Weapons (third edition)* (<http://www.cddc.vt.edu/host/atomic/nukeeffct/>), U.S. Government Printing Office, 1977. Eine der ausführlichsten Publikationen zu diesem Thema. PDF-Version komplett (<http://www.princeton.edu/~globsec/publications/effects/effects.shtml>)
- George C. Messenger und Milton S. Ash, *The effects of radiation on electronic systems*, Van Nostrand Reinhold, New York 1986, ISBN 0-442-25417-2

---

## WEBLINKS

---

- Nuclear Weapon Archive (<http://nuclearweaponarchive.org>) - Informationen über Atomwaffen, Atomtests und Atompolitik
- Software zur Berechnung von Explosionseffekten (<http://nuclearweaponarchive.org/Library/Nukesims.html>) - neben Glasstone und Dolan (1977) die Basis der Formeln

---

# DIE WELLE

---

Der im Jahr 1981 erschienene Roman *Die Welle* von Morton Rhue (deutsche Erstübersetzung 1984) verfolgt Ereignisse an einer Highschool in einer US-amerikanischen Kleinstadt.

---

## INHALT

---

Ganz normale Kinder in einer ganz normalen Umgebung lernen im Geschichtsunterricht vom Nationalsozialismus, politischer Manipulation und von Konzentrationslagern im Dritten Reich. Neben der Betroffenheit einiger Schüler findet sich vielfach eine "das ist Vergangenheit"- und "das betrifft mich nicht"-Mentalität. Um einen tieferen Eindruck zu vermitteln, beschließt der Lehrer Ben Ross, seine Schüler zu ihnen fremden Verhaltensweisen zu bewegen, um ihnen ihre eigene Manipulierbarkeit vor Augen zu führen. Dazu gründet er *Die Welle*, eine Jugendbewegung, die Erfolg durch Disziplin und Uniformität verspricht.

Der Roman zeichnet den Verlauf des Experiments nach, in dem einer Mehrzahl von blind der Welle folgenden Schülern nur eine Minderheit gegenübersteht, die sich nicht vereinnahmen lässt. Auch innerhalb der Welle ist nur eine Minderheit führend, während die breite Masse tatenlos zusieht, wie ihre Wertevorstellungen umgeworfen werden. Das Experiment droht Beziehungen zwischen guten Freunden zu zerstören, und führt daneben zu Konflikten zwischen elitären Mitgliedern der Welle und Außenstehenden.

In einer dramatischen Schlusszene bricht Ben Ross das Experiment ab: Anstatt der erwarteten Ansprache des nicht-existenten nationalen Führers der Welle, zeigt er ein Bild Adolf Hitlers, und klagt sowohl die Schüler als auch sich selbst an.

---

## HINTERGRUND

---

Der Roman "Die Welle" basiert auf einer wahren Begebenheit, die sich im Herbst 1968 an der Cubberley High School in Palo Alto zutrug. Als Reaktion auf Aussagen in der Klasse, dass Verhaltensformen des Nationalsozialismus "bei uns nicht vorkommen könnten", stellte der Geschichtslehrer Ron Jones zusammen mit Schülern und Lehrern ein Experiment an.

Die Schüler wurden in dem Experiment als The Third Wave ("Die Dritte Welle") organisiert, bekamen Rollen zugeteilt und wurden Einschränkungen unterworfen; Verhaltensnormen wurden aufgestellt und streng durchgesetzt. Ursprünglich für einen Tag vorgesehen, lief das Experiment über fünf Tage.

Aufgeschreckt durch die Leichtigkeit, mit der die Schüler sich vereinnahmen und manipulieren ließen, brach Ron Jones das Experiment abrupt ab, indem er in einer Schulversammlung der begeisterten Anhänger der "Dritten Welle" einen direkten Vergleich mit Jugendorganisationen im "Dritten Reich" vorführte.

1972 entstand ein kurzer Artikel von Ron Jones unter dem Titel *The Third Wave*, der in englischer Sprache unter (<http://www.vaniercollege.qc.ca/Auxiliary/Psychology/Frank/Thirdwave.html>) nachzulesen ist. Jahre später fasste Ron Jones seine Erfahrungen in dem Buch *No Substitute for Madness: A Teacher, His Kids, and the Lessons of Real Life* zusammen.

Der Roman wurde auch verfilmt.

---

## LITERATUR

---

- Morton Rhue: *Die Welle*. Ravensburger Buchverlag 1997, ISBN 3-473-58008-2
  - Morton Rhue: *The Wave*. Puffin Books 1988, ISBN 0-14-037188-5
- 

# SWETLANA ALEXANDROWNA KUSNEZOWA

---

**Swetlana Alexandrowna Kusnezowa** (russisch *Светлана Александровна Кузнецова*; \* 27. Juni 1985 in St. Petersburg) ist eine russische Tennisspielerin.

Kusnezowa ist die Tochter von Alexander Kusnezow, der insgesamt fünf Radsportler zu Olympiasiegen und Weltmeisterschaften führte. Ihr Vater trainierte auch Swetlanas Mutter, Galina Zarewa, sechsfache Weltmeisterin und 20-fache Weltrekord-

halterin, und Swetlanas Bruder, Nikolai Kusnezow, Silbermedaillengewinner bei den Olympischen Sommerspielen 1996 in Atlanta.

Ihren größten Erfolg feierte Kusnezowa 2004 bei den US Open, als sie im zweiten russischen Finale bei einem Grand-Slam-Turnier ihre Landsfrau Jelena Dementjewa mit 6:3 und 7:5 besiegte. Kusnezowa war nach Anastasia Myskina bei den French Open und Marija Scharapowa in Wimbledon die dritte Russin in Folge, die 2004 ein Grand-Slam Turnier gewann.

---

## PETROS VII.

---

**Petros (Papapetrou) VII** (\* 3. September 1949 in Sichari, Zypern; † 11. September 2004) war der orthodoxe Patriarch von Alexandria mit dem offiziellen Titel *Patriarch und Papst von Alexandria und ganz Afrika*.

Petros wurde am 21. Februar 1997 von der Heiligen Synode gewählt und trat sein Amt am 9. März des gleichen Jahres an. Vor seiner Wahl diente Petros als Diakon und Priester. 1983 wurde er zum Bischof geweiht. Er stand in einem engen Verhältnis zu seinem Vorgänger Patriarch Parthenios III. und nahm nach dessen Tod 1996 seinen Posten ein.

Petros VII. starb zusammen mit 16 anderen, darunter drei Bischöfen der Alexandrinischen Kirche, als sein Hubschrauber über der Ägäis abstürzte.

# APPENDIX

## AUTOREN

Die folgenden 85 Autoren haben an den im WikiReader Digest verwendeten Artikeln mitgearbeitet, ausgelassen sind nicht-angemeldete Benutzer (IP-Adressen):

4tilden, Aglarech, Andre Engels, Baldhur, Ben-Zin, Brummfuss, Ce2, Cornischong, Darkone, Denisoliver, Dipe, Eugen Ettelt, Fire, Franz Xaver, Germania, Haeber, Hagbard, Head, Herr Klugbeisser, Ilja Lorek, Irmgard, Jakob stevo, JakobVoss, Jpp, Juesch, Karrackoo, Katharina, Kiker99, Kku, Langec, Lennex, Limasign, Lley, Lode, Lucky18, M mb, Marcela, Martin-vogel, Mathias Schindler, Matthias Zimmermann, Matthäus Wander, MikeKrueger, Naddy, Nd, Necrophorus, Nemonand, Nerd, Odin, Paddy, Peng, Peter Witte, PhilippWeissenbacher, PierreAbbat, Radarheinrich, Ralf Pfeifer, Richardfabi, Schubbay, SiriusB, Soebe, Sonnenwind, Sputnik, Spyro, Srbauer, Stechlin, Stefan Kühn, Stern, Temistokles, Thommess, Tobe man, TomK32, Traroth, Triebtäter, Tsui, Unscheinbar, Unukorno, Uwe Hermann, Van Flamm, Vic Fontaine, Wiegels, Wmeinhart, Wolfgang1018, Xorph, Zinnmann, Zumbo, ~fm~Herbi

Die Bilder stammten von folgenden 16 Benutzern:

Aglarech, Anthere, Baldhur, Denisoliver, Doc Sleeve, Head, Karrackoo, Kku, Limasign, Martinroell, Matthias Zimmermann, Matthäus Wander, Necrophorus, SiriusB, Soebe, Vilsecker

## QUELLENVERZEICHNIS

Atombombenexplosion um 00:11, 11. Sep 2004

Die\_Welle um 10:45, 14. Sep 2004

Libellen um 22:47, 7. Sep 2004

Petros\_VII. um 10:59, 15. Sep 2004

Schwarzer\_Holunder um 10:06, 15. Sep 2004

Swetlana\_Alexandrowna\_Kusnezowa um 00:09, 13. Sep 2004

Tropischer\_Wirbelsturm um 15:38, 7. Sep 2004

## BILDVERZEICHNIS

Blastcurves\_1.png um 17:21, 27. Apr 2004

Druckwelle\_Standardkurve.png um 20:09, 8. Mai 2004

Facettenauge\_einer\_Libelle.jpg um 17:54, 16. Aug 2004

Feuerballkurven.png\_ um 19:25, 11. Mai 2004

Hiroshima\_davor\_und\_danach.jpg um 10:32, 12. Sep 2004

Libelle-groß.jpg um 13:12, 20. Jul 2004

Libelle.jpg um 13:33, 22. Feb 2004

Libelle\_frisch\_geschluepft.jpg um 01:25, 13. Jul 2004

Libellenlarve.jpg um 00:08, 21. Aug 2004

Libellepaarung2.jpg um 22:44, 29. Apr 2004

Mushroomcloud\_Size.png um 15:09, 25. Aug 2004

Nagasaki-Pilzwolke-Atombombe.jpg um 05:45, 29. Mär 2004

Prachtlibelle.jpg um 21:46, 5. Sep 2004

Prachtlibelle\_Matthias\_Zimmermann.jpg um 11:29, 13. Sep 2004

Sambucus\_nigra.jpg um 08:41, 18. Jul 2004

Sambucus\_nigra\_Blute.jpg um 21:56, 29. Jun 2004

Sambucus\_nigra\_Frucht\_klein.jpg um 22:41, 8. Jan 2004

## GNU FREIE DOKUMENTATIONEN LIZENZ

This is an unofficial translation of the GNU Free Documentation License into German. It was not published by the Free Software Foundation, and does not legally state the distribution terms for documentation that uses the GNU FDL—only the original English text of the GNU FDL does that. However, we hope that this translation will help German speakers understand the GNU FDL better.

Dies ist eine inoffizielle deutsche Übersetzung der GNU Free Documentation License. Sie ist nicht von der Free Software Foundation herausgegeben und erläutert nicht die Bedingungen der GNU FDL – Dies tut nur der original englische Text der GNU FDL. Dennoch hoffen wir, dass diese Übersetzung mit dazu beiträgt deutschsprachigen Personen das Verstehen der GNU FDL zu erleichtern.

### PRÄAMBEL

Der Zweck dieser Lizenz ist es, ein Handbuch, Textbuch oder ein anderes zweckdienliches und nützliches Dokument frei, im Sinne von Freiheit, zu machen; jedermann die Freiheit zu sichern, es zu kopieren und mit oder ohne Änderungen daran, sowohl kommerziell als auch nicht kommerziell weiter zu verbreiten. Weiterhin sichert diese Lizenz einem Autor oder Verleger die Möglichkeit, Anerkennung für seine Arbeit zu erhalten ohne für Änderungen durch Andere verantwortlich gemacht zu werden.

Diese Lizenz ist eine Art des „copyleft“, was bedeutet, dass von diesem Dokument abgeleitete Werke ihrerseits in derselben Weise frei sein müssen. Dies vervollständigt die GNU General Public License, die eine „copyleft“-Lizenz ist, und für freie Software entworfen wurde.

Diese Lizenz wurde für Handbücher für freie Software entworfen, denn freie Software braucht freie Dokumentation: Ein freies Programm sollte von Handbüchern begleitet sein, die dieselben Freiheiten bieten, die auch die Software selbst bietet. Diese Lizenz ist aber nicht auf Softwarehandbücher beschränkt; vielmehr kann sie für jede Art von textuellen Werken verwendet werden, unabhängig davon, was das Thema ist, oder ob es als gedrucktes Buch veröffentlicht wurde. Wir empfehlen diese Lizenz prinzipiell für Werke, die als Anleitungen oder Referenzen dienen sollen.

### 1. ANWENDBARKEIT UND DEFINITIONEN

Diese Lizenz findet Anwendung auf jedes Handbuch oder andere Werk, unabhängig von dem Medium, auf dem es erscheint, das einen vom Rechteinhaber eingefügten Hinweis enthält, der besagt, dass das Werk unter den Bedingungen dieser Lizenz verbreitet werden darf.

Ein solcher Hinweis gewährt eine weltweit gültige, tantiemenfreie und zeitlich unbefristete Lizenz, die es gestattet das Werk, unter den hier festgelegten Bedingungen, zu nutzen.

Der Begriff Dokument wird im Folgenden für alle solche Handbücher und Werke verwendet.

Jede Person kann Lizenznehmer sein und wird im Folgenden mit Sie angesprochen.

Sie akzeptieren diese Lizenz, wenn Sie ein Dokument derart kopieren, verändern oder verteilen, dass Sie gemäß den Gesetzen zum Copyright die Erlaubnis benötigen.

Eine modifizierte Version des Dokumentes steht für jedes Werk, das das Dokument als Ganzes oder in Teilen enthält, sowohl auf Datenträger kopiert, als auch mit Änderungen und/oder in andere Sprachen übersetzt.

Ein zweitrangiger Abschnitt ist ein benannter Anhang oder eine Einleitung des Dokumentes, der sich ausschließlich mit dem Verhältnis des Autors oder Verlegers des Dokumentes zu dem eigentlichen Thema des Dokumentes (oder damit zusammenhängender Dinge) beschäftigt, und der nichts enthält, das direkt zu dem eigentlichen Thema gehört. (Wenn das Dokument beispielsweise ein Buch über Mathematik ist, dann darf ein zweitrangiger Abschnitt nichts über Mathematik enthalten).

Dies kann eine historische Beziehung zu dem Thema, oder damit zusammenhängender Dinge, oder von gesetzlicher, gesellschaftlicher, philosophischer, ethischer oder politischer Art sein, die das Thema betreffen.

Die unveränderlichen Abschnitte sind benannte zweitrangige Abschnitte, deren Titel als unveränderlicher Abschnitt in dem Lizenzhinweis, der das Dokument unter diese Lizenz stellt, aufgeführt sind.

Wenn ein Abschnitt nicht in die oben stehende Definition eines zweitrangigen Abschnittes passt, dann ist es nicht erlaubt diesen Bereich als unveränderlichen Bereich zu kennzeichnen.

Umschlagtexte sind bestimmte, kurze Textstücke, die als vorderer Umschlagtext oder als hinterer Umschlagtext in der Notiz benannt werden, die besagt, dass das Dokument unter dieser Lizenz freigegeben ist.

Ein vorderer Umschlagtext kann bis zu 5 Worte enthalten, ein hinterer Umschlagtext bis zu 25 Worte.

Eine transparente Kopie des Dokumentes bezeichnet eine maschinenlesbare Kopie, dargestellt in einem Format, dessen Spezifikationen allgemein verfügbar sind, und das geeignet ist das Dokument auf einfache Weise mit einem allgemeinen Texteditor oder (für Bilder, die aus Pixeln bestehen) mit einem allgemeinen Bilderbearbeitungsprogramm oder (für Zeichnungen) mit einem häufig verfügbaren Zeichenprogramm zu überarbeiten, und das geeignet ist es als Eingabe für Textformatierer zu verwenden, oder als Eingabe für automatische Konvertierungsprogramme, die eine Reihe von unterschiedlichen Formaten erzeugen, die ihrerseits als Eingabe für Textformatierer verwendet werden können. Eine Kopie in ein anderes transparentes Dateiformat dessen Auszeichnung oder das fehlen der Auszeichnungen derart beschaffen sind, nachfolgende Modifikationen durch die Leser zu verhindern oder zu erschweren ist nicht transparent

Ein Bildformat ist nicht transparent, wenn es für eine wesentliche Menge von Text verwendet wird. Eine Kopie, die nicht transparent ist, wird als opak bezeichnet.

Beispiele verwendbarer Formate für transparente Kopien schliessen einfachen ASCII-Text ohne Auszeichnungen, TeX-info Eingabe, LaTeX-Eingabeformat, SGML oder XML, sofern die verwendete DTD öffentlich verfügbar ist, sowie standardkonformes, einfaches HTML, PostScript oder PDF, die für Veränderungen durch Menschen entworfen sind, ein.

Beispiele für transparente Bildformate sind unter anderem PNG, XCF und JPG.

Opake Formate sind unter anderen solche proprietären Formate, die nur von proprietären Textverarbeitungsprogrammen gelesen und bearbeitet werden können, SGML oder XML deren DTD und/oder Verarbeitungswerkzeuge nicht allgemein verfügbar sind, und maschinengeneriertes HTML, PostScript oder PDF, das von manchen Textverarbeitungsprogrammen nur zu Ausgabemaschinen erzeugt wird.

Mit Titelseite wird in einem gedruckten Buch die eigentliche Titelseite sowie die direkt darauf folgenden Seiten bezeichnet, die all das in lesbarer Form enthalten, was in dieser Lizenz gefordert ist, dass es auf der Titelseite erscheinen muss.

Für Werke, die in Formaten vorliegen, die keine Titelseiten haben, gilt als Titelseite der Text, der der auffälligsten Darstellung des Titels des Werkes direkt folgt, aber noch vor dem Inhalt des Werkes steht.

Ein Abschnitt mit dem Titel xyz bezeichnet einen benannten Unterbereich des Dokumentes, dessen Titel entweder genau xyz ist, oder der xyz in Anführungszeichen enthält, der einem Text folgt, der xyz in eine andere Sprache übersetzt. (Hier steht xyz für einen speziellen Abschnittsnamen, der im Folgenden erwähnt wird wie „Danksagung“ (Acknowledgements), „Widmung“ (Dedications), „Anmerkung“ (Endorsement) oder „Historie“ (History)).

Den Titel erhalten eines Abschnittes bedeutet, dass beim Modifizieren des Dokumentes dieser Abschnitt mit dem Titel xyz bleibt, wie es in dieser Definition festgelegt ist.

Das Dokument kann direkt hinter der Notiz, die besagt, dass das Dokument unter dieser Lizenz freigegeben ist, Garantieausschlüsse enthalten. Diese Garantieausschlüsse werden so behandelt, als seien sie als Referenzen in diese Lizenz eingeschlossen, allerdings nur um Garantien auszuschliessen: Jede andere Implizierung, die dieser Ausschluss hat ist ungültig und keine Wirkung im Sinne dieser Lizenz.

## 2. DATENTRÄGERKOPIEN

Sie dürfen das Dokument auf jedem Medium sowohl kommerziell als auch nicht kommerziell kopieren und verbreiten, vorausgesetzt, dass diese Lizenz, die Copyright-Hinweise sowie der Lizenzhinweis, der besagt, dass diese Lizenz auf das Dokument anzuwenden ist, in allen Kopien reproduziert wird, und dass keine weiteren Bedingungen jeglicher Art zu denen dieser Lizenz hinzugefügt werden.

Sie dürfen in den Kopien, die Sie erstellen oder verbreiten, keinerlei technische Maßnahmen treffen um das Lesen oder das weitere Kopieren zu erschweren oder zu kontrollieren. Dennoch dürfen Sie Gegenleistungen für Kopien akzeptieren. Wenn Sie eine ausreichend große Menge von Kopien verteilen, müssen Sie zusätzlich die Bestimmungen von Ziffer 3 beachten.

Sie können ausserdem unter denselben Bedingungen, die oben angeführt sind, Kopien verleihen und sie können Kopien auch öffentlich bewerben.

## 3. KOPIEN IN STÜCKZAHLEN

Wenn Sie gedruckte Kopien des Dokumentes (oder Kopien auf Medien, die üblicherweise gedruckte Umschläge haben), in einer Stückzahl von mehr als 100 veröffentlichen, und der Lizenzhinweis des Dokumentes Umschlagtexte verlangt, müssen die Kopien in Hüllen verpackt sein, die alle diese Umschlagtexte klar und lesbar enthalten. Die vorderen Umschlagtexte auf dem vorderen Umschlag, die hinteren Umschlagtexte auf dem hinteren Umschlag.

Beide Umschläge müssen Sie ausserdem klar und lesbar als den Herausgeber dieser Kopien benennen.

Der vordere Umschlag muss den gesamten Titel darstellen, mit allen Worten gleich auffällig und sichtbar. Sie können weiteres Material den Umschlägen hinzufügen.

Das Kopieren mit Änderungen, die auf Umschläge begrenzt sind, können, so lange der Titel des Dokumentes erhalten bleibt, ansonsten als Datenträgerkopien behandelt werden.

Auf den vorgeschriebene Text für einen der Umschläge zu umfangreich ist um lesbar zu bleiben, sollten Sie den ersten der aufgelisteten Texte auf den aktuellen Umschlag nehmen (so viel wie vernünftigerweise möglich ist) und den Rest auf direkt angrenzenden Seiten.

Wenn Sie mehr als 100 opake Kopien veröffentlichen oder verbreiten, müssen Sie entweder eine maschinenlesbare, transparente Kopie jeder opaken Kopie beilegen, oder mit bzw. in jeder opaken Kopie eine Computer-Netzwerk Adresse angeben, von wo die allgemeine, netzwerk benutzende Öffentlichkeit, Zugriff zum Download einer kompletten transparenten Kopie über öffentliche Standardnetzwerkprotokolle hat.

Wenn Sie sich für die letztere Möglichkeit entscheiden, müssen Sie mit Beginn der Verbreitung der opaken Kopien in Stückzahlen, zumutbare und vernünftige Schritte unternehmen, um sicher zu stellen, dass die transparenten Kopien mindestens ein Jahr nach der Auslieferung der letzten opaken Kopie (direkt oder über einen Agenten oder Händler) dieser Ausgabe an die Öffentlichkeit, an der genannten Adresse verfügbar bleiben.

Es ist erbeten, aber nicht gefordert, dass Sie ausreichend lange vor der Auslieferung einer grösseren Menge von Kopien, Kontakt mit den Autoren des Dokumentes aufnehmen, um jenen die Möglichkeit zu geben, Ihnen eine aktualisierte Version des Dokumentes zuzuleiten.

## 4. MODIFIKATIONEN

Unter den obigen Bedingungen unter Ziffer 2 und 3 können Sie modifizierte Versionen kopieren und verbreiten, vorausgesetzt, dass Sie die modifizierte Version unter exakt dieser Lizenz herausgeben, wobei die modifizierte Version die Rolle des Dokumentes einnimmt, und dadurch die weitere Modifikation und Verbreitung an jeden Lizenzieren, der eine Kopie davon besitzt.

Zusätzlich müssen Sie die folgenden Dinge in der modifizierten Version beachten:

- Benutzen Sie auf der Titelseite (und auf Umschlägen, sofern vorhanden) einen Titel, der sich von dem Titel des Dokumentes und von früheren Versionen unterscheidet. (Die früheren Versionen sollten, wenn es welche gibt, in dem Abschnitt Historie aufgelistet werden.) Sie können denselben Titel wie den einer Vorgängerversion verwenden, wenn der ursprüngliche Herausgeber damit einverstanden ist.
- Geben Sie auf der Titelseite eine oder mehrere Personen oder Einheiten, die als Autoren auftreten können, als für die Modifikationen verantwortliche Autoren der modifizierten Version, zusammen mit mindestens fünf der ursprünglichen Autoren der Ursprungsversion an (alle vorherige Autoren, wenn es weniger als fünf sind), es sei denn diese befreien Sie von dieser Notwendigkeit.
- Geben Sie auf der Titelseite den Namen des Herausgebers als Herausgeber an.
- Erhalten Sie alle Copyright-Vermerke des Dokumentes.
- Setzen Sie einen passenden Copyright-Vermerk für Ihre Modifikationen direkt hinter die anderen Copyright-Vermerke.
- Schliessen Sie direkt hinter den Copyright-Vermerken einen Lizenzhinweis ein, der die öffentliche Erlaubnis erteilt, die modifizierte Version unter den Bedingungen dieser Lizenz zu benutzen, wie es im Anhang weiter unten beschrieben ist.
- Erhalten Sie im Copyright-Vermerk die komplette Liste der unveränderlichen Abschnitte und obligatorischen Umschlagtexte, die in dem Lizenzvermerk des Dokumentes aufgeführt sind.
- Schliessen Sie eine unveränderte Kopie dieser Lizenz mit ein.
- Erhalten Sie den Abschnitt „Historie“. Erhalten Sie den Titel und fügen Sie einen Punkt hinzu der mindestens den Titel, das Jahr, die neuen Autoren und Herausgeber, wie sie auf der Titelseite aufgeführt sind, enthält. Sollte es keinen Abschnitt Historie geben, dann erstellen Sie einen, der Titel, Jahr, Autor und Herausgeber des Dokumentes, wie auf der Titelseite angegeben, enthält und fügen Sie einen Punkt hinzu, der die modifizierte Version wie oben dargestellt beschreibt.
- Erhalten Sie die Netzwerkadresse, die angegeben wurde, um Zugang zu einer transparenten Kopie zu gewähren, sowie entsprechend angegebene Adressen früherer Versionen, auf denen das Dokument aufbaute. Diese Angaben können in den Abschnitt Historie verschoben werden. Sie können die Netzwerkadresse weglassen, wenn sie sich auf ein Werk bezieht, das mindestens 4 Jahre vor dem Dokument selbst veröffentlicht wurde, oder wenn der ursprüngliche Herausgeber der Version, auf die sich die Adresse bezieht, seine Erlaubnis erteilt.
- Erhalten Sie für alle Abschnitt, die als Danksagungen(Acknowledgements) oder Widmungen(Dedications) über-

schriften sind, den Titel sowie die Substanz und den Ton aller vom Geber gemachten Danksagungen und/oder Widmungen in diesem Abschnitt.

- Erhalten Sie alle unveränderlichen Abschnitte unverändert, sowohl im Titel als auch im Text. Abschnittsnummern oder dergleichen gelten hierbei nicht als Teil des Titels.
- Löschen Sie alle Abschnitte, die als Anmerkungen(Endorsements) überschrieben sind. Ein solchen Abschnitt sollte nicht in der modifizierten Version enthalten sein.
- Benennen Sie keinen Abschnitt in Anmerkungen, um oder in einen Namen, der in Konflikt mit einem unveränderlichen Abschnitt gerät.
- Erhalten Sie alle Garantieausschlüsse.

Wenn die modifizierte Version neue Vorspannabschnitte oder Anhänge enthält, die zweitragige Abschnitte sein können, und die kein vom Dokument kopiertes Material enthalten, können Sie, nach Ihrem Belieben, einige oder alle diese Abschnitte als unveränderliche Abschnitte in die Lizenzanmerkung der modifizierten Version aufnehmen. Diese Titel müssen sich von allen anderen Titeln unterscheiden.

Sie können einen Abschnitt Anmerkungen anfügen, sofern dieser nichts als Bemerkungen, verschiedener Stellen, zu der modifizierten Version enthält.

Beispielsweise Publikumsreaktionen oder eine Mitteilung, dass der Text von einer Organisation als maßgebliche Definition eines Standards geprüft wurde.

Sie können einen Teil mit bis zu fünf Worten als vorderen Umschlagtext und einen mit bis zu 25 Worten als hinteren Umschlagtext an das Ende der Liste mit den Umschlagtexten der modifizierten Version hinzufügen.

Nur je ein Teil für den vorderen Umschlagtext und den hinteren Umschlagtext können von jeder Einheit hinzugefügt (oder durch entsprechende Anordnung erstellt) werden.

Wenn das Dokument bereits einen Umschlagtext für denselben Umschlag enthält, das von Ihnen oder der Einheit, in deren Namen Sie tätig sind, bereits früher eingefügt wurde, dürfen Sie keine neue hinzufügen. Sie können aber den alten ersetzen, wenn sie die ausdrückliche Genehmigung des Herausgebers haben, der den früheren Text eingefügt hat.

Der/die Autor(en) und Herausgeber des Dokumentes geben durch diese Lizenz weder implizit noch explizit die Erlaubnis ihren Namen für Werbung in den Anmerkungen der modifizierten Version zu benutzen.

## 5. DOKUMENTE KOMBINIEREN

Sie können mehrere Dokumente, die unter dieser Lizenz freigegeben sind, unter den Bedingungen unter Ziffer 4 für modifizierte Versionen miteinander kombinieren, vorausgesetzt, dass in der Kombination alle unveränderlichen Abschnitte aller Originaldokumente, enthalten sind, und dass Sie diese alle in der Liste der unveränderlichen Abschnitte der Lizenzanmerkung des kombinierten Dokumentes aufführen, sowie alle Garantieausschlüsse erhalten.

Das kombinierte Werk braucht nur eine Kopie dieser Lizenz zu enthalten, und mehrere identische unveränderliche Abschnitte können durch eine einzelne Kopie ersetzt werden.

Wenn es mehrere unveränderliche Abschnitte mit unterschiedlichem Inhalt aber gleichem Namen gibt, machen Sie den Namen eindeutig, indem Sie am Ende des Titels, in Anführungszeichen, den Namen des original Autors oder Herausgebers, falls bekannt, oder andernfalls eine eindeutige Nummer anhängen.

Machen Sie dasselbe mit den Titeln der Abschnitte in der Liste der unveränderlichen Abschnitte im Lizenzhinweis des kombinierten Werkes.

In der Kombination müssen Sie alle Abschnitte mit dem Titel Historie in den unterschiedlichen Dokumenten zu einem einzelnen Abschnitt Historie zusammenführen; entsprechend verfahren Sie mit den Abschnitten Danksagungen und Widmungen. Sie müssen alle Abschnitte mit dem Titel Anmerkungen löschen.

## 6. SAMMLUNGEN VON DOKUMENTEN

Sie können eine Sammlung von Dokumenten erstellen, bestehend aus diesem Dokument und weiteren, unter dieser Lizenz stehenden Dokumenten, wobei Sie die einzelnen Kopien dieser Lizenz in den verschiedenen Dokumenten durch eine einzelne Kopie, die in der Sammlung enthalten ist, ersetzen, vorausgesetzt, Sie befolgen in allen andern Punkten, für jedes der Dokumente, die Regeln für Datenträgerkopien.

Sie können ein einzelnes Dokument aus einer solchen Sammlung herausziehen und einzeln unter dieser Lizenz verbreiten, vorausgesetzt, Sie fügen eine Kopie dieser Lizenz in das extrahierte Dokument ein, und befolgen ansonsten die Bedingungen dieser Lizenz für Datenträgerkopien.

## 7. AGGREGATION MIT UNABHÄNGIGEN WERKEN

Eine Zusammenstellung des Werkes, oder von Ableitungen davon, mit anderen, separaten und unabhängigen Dokumenten oder Werken, in oder auf demselben Band eines Speicher- oder Verbreitungsmediums, wird dann eine Aggregation genannt, wenn die Copyrights der Zusammenstellung nicht dazu verwendet werden die Rechte der Benutzer, die für die einzelnen Werke gewährt werden, stärker zu beschränken als dies durch die Lizenzen der einzelnen Werke geschieht.

Wenn das Werk in einer Aggregation vorhanden ist, so gilt diese Lizenz nicht für die anderen Werke dieser Aggregation, die keine Ableitung des Dokumentes sind.

Wenn die Bestimmungen für die Umschlagtexte aus Ziffer 3 Anwendung finden, und wenn das Dokument weniger als die Hälfte der gesamten Aggregation ausmacht, dann können die Umschlagtexte auf Seiten gesetzt werden, die das Dokument innerhalb der Aggregation umschliessen, oder auf das elektronische Äquivalent eines Umschlages, wenn das Dokument in elektronischer Form vorliegt.

Andernfalls müssen sie auf gedruckten Umschlägen erscheinen, die das gesamte Werk umschliessen.

## 8. ÜBERSETZUNG

Übersetzungen werden als eine Art von Modifikationen betrachtet. Damit können Sie eine Übersetzung des Dokumentes unter den Bestimmungen von Ziffer 4 verbreiten.

Um die unveränderlichen Abschnitte durch eine Übersetzung zu ersetzen, benötigen Sie die spezielle Erlaubnis des Copyright-Inhabers. Sie können allerdings Übersetzungen von einigen oder allen unveränderlichen Abschnitten zu den original Versionen der unveränderlichen Abschnitte hinzufügen.

Sie können eine Übersetzung dieser Lizenz und allen Lizenzhinweisen im Dokument sowie allen Garantieausschlüssen hinzufügen, vorausgesetzt, dass Sie ebenso die originale englische Version dieser Lizenz und aller Hinweise und Ausschlüsse beifügen.

Sollten die Übersetzung und die Originalversion dieser Lizenz oder eines Hinweises oder Ausschlusses voneinander abweichen, so hat die Originalversion Vorrang.

Wenn ein Abschnitt des Dokumentes als Danksagung, Widmungen oder Historie überschrieben ist, so erfordert die Forderung (Ziffer 4) den Titel dieses Abschnittes zu erhalten, die Änderung des aktuellen Titels.

## 9. ABSCHLUSSBESTIMMUNGEN

Sie dürfen dieses Dokument nicht kopieren, verändern, unterlizenzieren oder verteilen mit der Ausnahme, dass Sie es ausdrücklich unter dieser Lizenz tun.

Jedweder andere Versuch zu kopieren, zu modifizieren, unter zu lizenzieren oder zu verbreiten ist unzulässig und führt automatisch zum Entzug der durch diese Lizenz gewährten Rechte. Dennoch verlieren jene Parteien, die von ihnen Kopien oder Rechte unter dieser Lizenz erhalten haben, nicht Ihre Rechte, so lange sie sich in völliger Übereinstimmung mit der Lizenz befinden.

## 10. SPÄTERE ÜBERARBEITUNGEN DIESER LIZENZ

Die Free Software Foundation kann von Zeit zu Zeit neue, überarbeitete Versionen der GNU Free Dokumentation License veröffentlichen. Diese neuen Versionen werden im Geiste gleich bleiben, können sich aber in Details unterscheiden um neuen Problemen oder Besorgnissen gerecht zu werden.

Siehe: <http://www.gnu.org/copyleft/>

Jede Version dieser Lizenz erhält eine eigene Versionsnummer.

Wenn das Dokument bestimmt, dass eine bestimmte nummerierte Version oder jede spätere Version dafür gilt, haben Sie die Wahl den Bestimmungen dieser speziell benannten Version zu folgen, oder jeder Version, die später von der Free Software Foundation, nicht als Entwurf, veröffentlicht wurde.