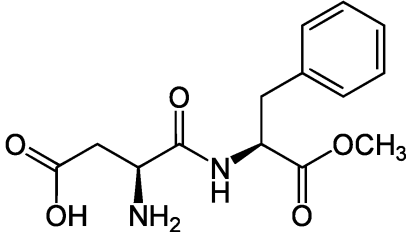


# Aspartam

Strukturformel	
	
Allgemeines	
Name	Aspartam
Andere Namen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>N</i>-(<i>L</i>-<math>\alpha</math>-Aspartyl)- <i>L</i>-phenylalanin- methylester</li> <li>• (<i>S,S</i>)-<i>N</i>-(<math>\alpha</math>-Aspartyl)-phenylalanin- methylester</li> <li>• H-Asp-Phe-OMe</li> </ul>
Summenformel	$C_{14}H_{18}N_2O_5$
CAS-Nummer	22839-47-0
PubChem	134601 <sup>[1]</sup>
Kurzbeschreibung	farblose, süß schmeckende Kristalle <sup>[2]</sup>
Eigenschaften	
Molare Masse	294,31 g·mol <sup>-1</sup>
Aggregatzustand	fest
Schmelzpunkt	248–250 °C <sup>[3]</sup>
Löslichkeit	schlecht in Wasser <sup>[3]</sup> und den meisten organischen Lösemitteln <sup>[2]</sup>
Sicherheitshinweise	
<p><b>EU-Gefahrstoffkennzeichnung</b> <sup>[4]</sup></p> <p><i>keine Gefahrensymbole</i></p> <p>R- und S-Sätze R: <i>keine R-Sätze</i></p> <p>S: 22-24/25</p>	
LD <sub>50</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 10.000 mg·kg<sup>-1</sup> (Maus, Ratte, oral) <sup>[5]</sup> <sup>[6]</sup></li> <li>• &gt; 5000 mg·kg<sup>-1</sup> (Maus, Ratte intraperitoneal) <sup>[6]</sup></li> <li>• TDLo 3,71 mg·kg<sup>-1</sup> (Frauen, oral) <sup>[7]</sup></li> </ul>
Soweit möglich und gebräuchlich, werden SI-Einheiten verwendet. Wenn nicht anders vermerkt, gelten die angegebenen Daten bei Standardbedingungen.	

**Aspartam** ist ein synthetisch hergestellter Süßstoff (Markennamen zum Beispiel **NutraSweet**, **Canderel**). Der Süßstoff leitet sich von den beiden  $\alpha$ -Aminosäuren *L*-Asparaginsäure und *L*-Phenylalanin ab, die miteinander zu einem Dipeptid verknüpft sind. Aspartam ist der Methylester des Dipeptids *L*-Aspartyl-*L*-phenylalanin.

Als Lebensmittelzusatzstoff wird es als E 951 deklariert<sup>[8]</sup>, die erlaubte Tagesdosis beträgt in der EU 40 mg pro kg Körpergewicht und Tag.<sup>[9]</sup> Aspartam ist ein weit verbreiteter Inhaltsstoff in Softdrinks und Kaugummi.

## Entdeckung und Zulassung

Aspartam wurde 1965 durch Zufall von James M. Schlatter, einem Chemiker des pharmazeutischen Unternehmens G.D. Searle & Company entdeckt<sup>[10]</sup>, der an der Synthese des Peptidhormons Gastrin arbeitete.<sup>[11]</sup>

Erste Verträglichkeitsuntersuchungen führten zu einem uneindeutigen Ergebnis und mündeten in eine Debatte darüber, ob Aspartam bei Ratten krebserregend wirken kann. Die für die Zulassung von Lebensmittelzusatzstoffen verantwortliche amerikanische Behörde Food and Drug Administration (FDA) lehnte eine Zulassung von Aspartam deshalb mehrere Jahre lang ab. 1980 hatte sich ein Untersuchungsausschuss der FDA, der aus unabhängigen Beratern gebildet wurde, mit der Frage zu befassen, ob Aspartam Gehirntumore auslösen kann. Der Ausschuss verneinte dies, lehnte jedoch eine Zulassung aufgrund der offenen Frage der Karzinogenität in Ratten ab.<sup>[12]</sup>

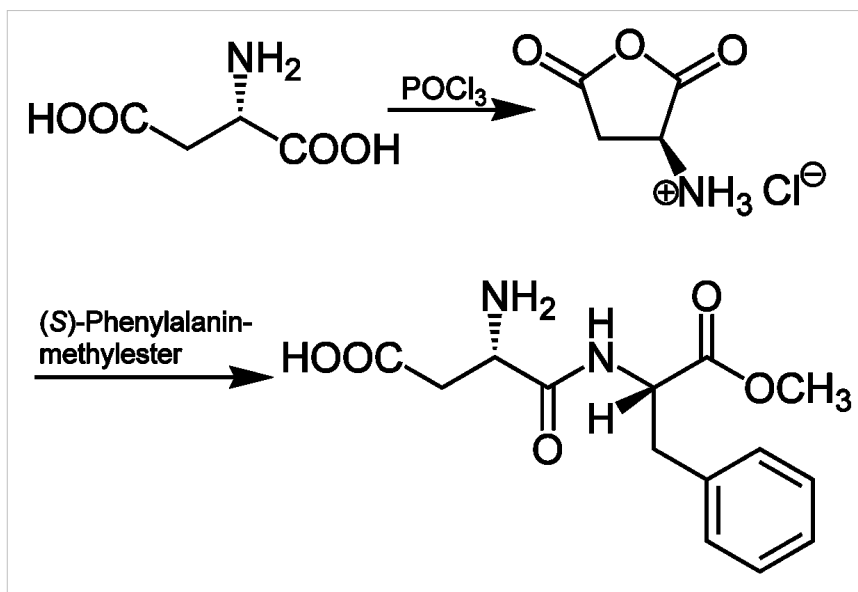
1981 erhielt die G.D. Searle & Company von der FDA eine Zulassung für Aspartam (NutraSweet)<sup>[10]</sup>. Arthur Hull Hayes, der Vorsitzende der FDA, veranlasste zunächst die Zulassung von Aspartam in Trockenprodukten, wobei er sich auf eine japanische Studie berief, die dem Untersuchungsausschuss noch nicht zur Verfügung gestanden hatte, sowie die Aussagen einer Expertengruppe.<sup>[13]</sup> <sup>[12]</sup> 1983 wurde Aspartam auch für die Verwendung in kohlen säurehaltigen Getränken und 1993 für die Verwendung in sonstigen Getränken, Back- und Süßwaren zugelassen. Seit 1996 unterliegt es in den USA keinen Verwendungsbeschränkungen mehr.

Searle hielt ein Patent auf Aspartam und vermarktete es unter dem Handelsnamen NutraSweet. 1985 wurde Searle von dem Unternehmen Monsanto übernommen, welches die Süßstoffproduktion unter dem Namen NutraSweet Company als selbstständigen Unternehmensteil fortführte und im Jahr 2000 wieder abstieß; die NutraSweet Company gehört heute dem privaten Investmentfonds J.W. Childs Equity Partners II L.P. Da das Patent bereits 1992 abgelaufen ist, wird der weltweite Aspartam-Markt heute von verschiedenen Wettbewerbern versorgt.

In Deutschland wurde Aspartam am 13. Juni 1990 gemäß der Zusatzstoffzulassungsverordnung zugelassen.<sup>[10]</sup>

## Herstellung

Es sind chemische und enzymatische Verfahren zur Herstellung von Aspartam beschrieben.<sup>[14]</sup> <sup>[15]</sup> Ausgangsstoff der chemischen Synthese ist (S)-Asparaginsäure, die durch die Reaktion mit Phosphoroxychlorid in ein cyclisches Carbonsäureanhydrid überführt wird. Dessen Umsetzung mit (S)-Phenylalaninmethylester liefert dann Aspartam:



Als Nebenprodukt entstehen bei dieser Reaktionssequenz bis zu 20 % des unerwünschten  $\beta$ -Isomers. Die Reinigung erfolgt durch fraktionierende Kristallisation.<sup>[15]</sup>

## Verwendung

Aspartam hat einen Energiegehalt von 17 kJ/g, ungefähr so viel wie Zucker. Aufgrund seiner höheren Süßkraft, die ungefähr 180-mal so stark ist wie die des Zuckers, wird es in viel geringeren Mengen eingesetzt. So haben mit Aspartam gesüßte Lebensmittel einen erheblich niedrigeren Energiegehalt. Es ist daher für Menschen, die nicht an Phenylketonurie leiden, für energiearme Diäten sowie für Diabetes-Diäten geeignet.<sup>[16]</sup> Die Bildung von Karies wird durch Zuckeraustausch- oder Süßstoffe nicht oder deutlich weniger stark gefördert.

## Verwendungseinschränkung durch Zersetzung

Aspartam ist nicht hitzebeständig und zersetzt sich im Trockenzustand bei 196 °C.<sup>[17]</sup> Schon bei Temperaturen von mehr als 150 °C findet ein rascher Zerfall des Aspartam statt. Der Abbau bei 105 und 120 °C verläuft demgegenüber relativ langsam.<sup>[18]</sup> Wird Aspartam in Mischungen mit einem Wassergehalt über 8 % verwendet, so wird Aspartam wesentlich rascher abgebaut.<sup>[17]</sup>

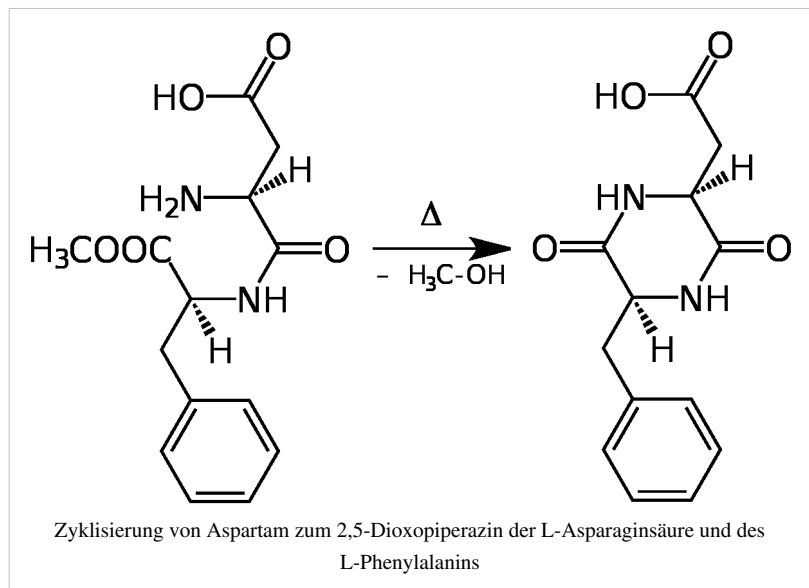
Darüber hinaus kann sich Aspartam in seine Einzelkomponenten (L-Asparaginsäure, L-Phenylalanin und Methanol) zersetzen oder zu einem

2,5-Dioxopiperazin („Diketopiperazin“) cyclisieren,<sup>[19]</sup> was vorwiegend beim Kochen und Backen geschieht und wodurch es die Süßkraft verliert.<sup>[20]</sup>

Die Stabilität von Aspartam in Lösungen wird durch drei Faktoren wesentlich beeinflusst: Zeit, Temperatur und pH-Wert. Bei konstanter Temperatur und konstantem pH nimmt der Süßstoffgehalt langsam ab. Die optimale Stabilität wird im schwach sauren pH-Bereich, in dem sich die meisten Getränke ohnehin bewegen, erreicht. Im Bereich von pH 2,5 bis 5,5 kann Aspartam als relativ stabil betrachtet werden. Das Stabilitätsoptimum liegt bei pH 4,2.<sup>[18]</sup>

## Metabolisierung

Da Aspartam ein Dipeptid ist, wird es – wie auch Proteine – von Peptidase-Enzymen, die Proteine und Peptide spalten können, in die natürlich vorkommenden, proteinogenen Aminosäuren Phenylalanin und Asparaginsäure zerlegt. Dabei entstehen neben 50 % Phenylalanin und 40 % Asparaginsäure auch 10 % Methanol. Sowohl Methanol als auch dessen Oxidationsprodukt Formaldehyd sind giftig. Im Gegensatz zu in alkoholischen Getränken enthaltenem Methanol wird dessen Abbau aber nicht durch Ethanol kompetitiv gehemmt.



## Gesundheitsfragen

Aspartam darf von Menschen mit der angeborenen Stoffwechselerkrankung Phenylketonurie nicht eingenommen werden. Dies betrifft etwa eine von 8000 Personen.<sup>[21]</sup> Daher müssen Produkte, die Aspartam enthalten, in der EU mit dem Hinweis „enthält eine Phenylalaninquelle“ oder „mit Phenylalanin“ gekennzeichnet sein.<sup>[22]</sup> Neugeborene werden heute auf Phenylketonurie routinemäßig getestet, damit schwerste Gehirnschäden verhindert werden. Jede eiweißhaltige Ernährung (insbesondere auch Milch, einschließlich Muttermilch) kann Menschen mit Phenylketonurie schädigen.

Bezüglich der Auswirkungen auf Hungergefühl und Insulinausschüttung siehe den Artikel Süßstoff.

## Offizielle Beurteilung

- Der EU-Grenzwert wurde auf 40 mg/kg Körpergewicht/Tag festgesetzt. Praktisch bedeuten 40 mg/kg Körpergewicht für einen 70 kg schweren Menschen etwa 266 Süßstofftabletten, oder 26,6 Liter Cola light, die an einem Tag eingenommen werden müssten.
- Die FDA wertete eine große Anzahl toxikologischer und klinischer Studien zu Aspartam aus und erklärte 1981 den Gebrauch für sicher, sofern eine Tagesdosis von 50 mg/kg Körpergewicht nicht überschritten wird.

## Studien

Über mögliche weitere Gesundheitsgefahren bei der Verwendung von Aspartam gibt es verschiedene kontroverse Studien:

- Eine im Jahr 1986 von Anthony Kulczycki Jr. durchgeführte Doppelblindstudie zeigte an *Frauen* bei Dosen ab 3–4 mg/kg (bei 70 kg Körpergewicht 210–280 mg), d. h. Dosen weit unter der von der EU erlaubten Tagesdosis von 40 mg/kg (2800 mg/Tag für 70 kg Körpergewicht), Symptome wie Nesselsucht, Dermatitis und andere allergische Reaktionen. Kulczycki gab den Testpersonen Diätgetränke und berichtete schon nach ein bis zwei Stunden über die geschilderten Symptome. Er postulierte die Bildung von Amiden aus endogenen Proteinen und Aspartam sowie ein Abbau zu Diketo-Piperazinderivaten als Ursache.<sup>[23]</sup> [7] Andere Untersuchungen mit Personen, die an Nesselsucht litten oder glaubten, empfindlich auf Aspartam zu reagieren, konnten die Ergebnisse von Kulczycki jedoch nicht bestätigen.<sup>[24]</sup>
- In einer von Schiffman *et al.*<sup>[25]</sup> 1987 veröffentlichten doppelblinden Cross-Over-Studie mit 30 mg Aspartam pro Kilogramm Körpergewicht oder einem Placebo mit 40 Personen klagten die Patienten nach dem Konsum aspartamhaltiger Produkte wiederholt über Kopfschmerzen. Die Inzidenzrate von Kopfschmerzen (35 %) nach der Aspartameinnahme unterschied sich nicht bedeutend von der Rate nach Placeboeinnahme (45 %) ( $P < 0,50$ ). Keine ernsten Reaktionen wurden beobachtet, und die Inzidenz anderer Symptome als Kopfschmerzen nach Einnahme von Aspartam und Placebo war gleich. Bei vitalen Körperfunktionen, Blutdruck oder Kortison-, Insulin-, Glucagon-, Histamin-, Adrenalin- oder Noradrenalin-Konzentrationen im Plasma wurden keine behandlungsbezogenen Auswirkungen beobachtet. Die meisten Personen waren gebildete Menschen mit Übergewicht und hatten eine persönliche Krankengeschichte oder Familiengeschichte mit allergischen Reaktionen. Personen mit Kopfschmerzen hatten kurz vor Ausbruch der Kopfschmerzen niedrigere Noradrenalin- ( $P < 0,0002$ ) und Adrenalin-Konzentrationen ( $P < 0,02$ ) im Plasma. Die Studie kommt damit zu dem Schluss, dass Aspartam bei dieser Population nicht wahrscheinlicher zu Kopfschmerzen führt als Placebo. Die Schiffman-Studie wurde unter anderem durch eine Spende der *NutraSweet Company* finanziert.<sup>[25]</sup>
- J.R. Johns schilderte 1986 ein Fallbeispiel einer Frau, welche nach Genuss von aspartam-haltigen Nahrungsmitteln Migräne bekam<sup>[26]</sup>. Eine Befragung von 171 Patienten mit Migräne im Jahr 1988 ergab, dass 8,2 % der Befragten Aspartam für einen Auslöser ihrer Migräne halten<sup>[27]</sup>. In einer Studie von Koehler und Glaros 1988 wurde während der Aspartamaufnahme häufiger über Kopfschmerzen geklagt als während der Placebophase; allerdings beendeten nur 11 von 25 Studienteilnehmer diese Studie; aufgrund dieser hohen

Ausfallrate und des weit gefassten Versuchsaufbaus ist eine exakte Interpretation der Daten schwierig<sup>[28]</sup>.

- In einer von Walton et al.<sup>[29]</sup> 1993 mit 13 Personen durchgeführten Doppelblind-Studie wurde ein Zusammenhang zwischen dem Verbrauch von Aspartam und Befindlichkeitsstörungen, insbesondere bei depressiven Personen, konstatiert. Danach träten bereits bei einer Gabe von 30 mg pro kg Körpergewicht signifikant häufiger Kopfschmerzen auf.
- Im Juli 2005 veröffentlichte die in Bologna beheimatete *Fondazione Europea di oncologia e scienze ambientali „Bernardino Ramazzini“* (Europäische Stiftung für Onkologie und Umweltforschung „Bernardo Ramazzini“) die Ergebnisse einer Studie mit Ratten, die offenbar einen direkten Zusammenhang zwischen der Einnahme des Süßstoffs und der Erkrankung an Krebs belegen.<sup>[30]</sup>
- Im April 2006 veröffentlichte das US National Cancer Institute eine aktuelle Studie mit dem Ergebnis: „Die Hypothese, Leukämie oder hirntumorfördernde Wirkung des Aspartams wird nicht bestätigt.“<sup>[31]</sup>

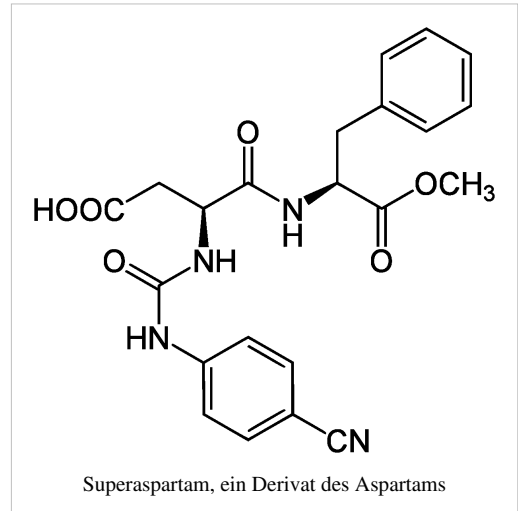
## Meinungen

Zudem gibt es diverse kontroverse Meinungen:

- Der wissenschaftliche Ausschuss für Lebensmittel der Europäischen Kommission kam nach der Auswertung des wissenschaftlichen Materials im Juni 1997 zu dem Schluss, dass das vorliegende Material einen behaupteten Anstieg der Hirntumorraten nicht belege.<sup>[32]</sup> Diese Meinung teilte auch Prof. Dr. med. Trefs von der Universität Tübingen. Der Toxikologe Fritz Schweinsberg vom Hygiene-Institut der Universität Tübingen wiederum hat der Meinung der Studie von John W. Olney *et al.*<sup>[33]</sup>, Aspartam könne einen Beitrag zur Krebsentstehung leisten oder sogar selbst krebsauslösend wirken, zugestimmt. Trefs wie Schweinsberg waren Mitglieder des wissenschaftlichen Ausschusses.
- Das Bundesinstitut für Risikobewertung konnte im Jahr 2003 keinen Zusammenhang zwischen den durch Stoffwechsel aus Aspartam entstehenden Stoffen Asparaginsäure, Phenylalanin und Methanol mit unerwünschten Wirkungen wie Kopfschmerzen, Allergien, neuroendokrinen Veränderungen, Epilepsie oder Hirntumoren bestätigen.<sup>[9]</sup>
- Die US-amerikanische FDA kam im April 2007 auf Basis der von der *Fondazione Europea di oncologia e scienze ambientali „Bernardino Ramazzini“* (siehe oben) zur Verfügung gestellten Versuchsdaten zum Ergebnis, dass die Studie nicht bestätigt werden kann. Es wurde bemängelt, dass nicht die gesamten Daten zur Verfügung gestellt wurden, und stellte seinerseits fest, dass aufgrund der vielen Studien, welche die Sicherheit von Aspartam bestätigen, kein Grund erkennbar ist, von der bisherigen Linie abzuweichen.<sup>[34]</sup>

## Superaspartam

Superaspartam ist ein Derivat des Aspartams, das ca. 14.000 mal süßer ist als Saccharose.<sup>[35]</sup> Bei Superaspartam ist die freie Aminogruppe durch einen (*p*-Cyanophenyl)carbamoylrest substituiert.



## Einzelnachweise

- [1] <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=134601>
- [2] Thieme Chemistry (Hrsg.): *Römp Online*. Version 3.1. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2007.
- [3] Datenblatt *Aspartam* ([http://www.acros.be/DesktopModules/Acros\\_Search\\_Results/Acros\\_Search\\_Results.aspx?search\\_type=ProductNumber&SearchString=22865](http://www.acros.be/DesktopModules/Acros_Search_Results/Acros_Search_Results.aspx?search_type=ProductNumber&SearchString=22865)) bei Acros, abgerufen am 30. März 2007.
- [4] Datenblatt *Aspartam* (<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/search/ProductDetail/SUPELCO/47135>) bei Sigma-Aldrich, abgerufen am 15. Oktober 2007.
- [5] *Aspartam* (<http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/direct.jsp?regno=22839-47-0>) bei ChemIDplus.
- [6] *Toksikologicheskii Vestnik*. Vol. (3), Pg. 37, 1996.
- [7] Kulczycki A. Jr.: *Aspartame-induced urticaria*. In: *Annals of Internal Medicine*. Vol. 104, Pg. 207, 1986. PMID 3946947.
- [8] ZZuV – Anlage 4 (zu § 5 Abs. 1 und § 7) Begrenzt zugelassene Zusatzstoffe ([http://www.gesetze-im-internet.de/zzulv\\_1998/anlage\\_4\\_16.html](http://www.gesetze-im-internet.de/zzulv_1998/anlage_4_16.html)).
- [9] Bundesinstitut für Risikobewertung – Bewertung von Süßstoffen ([http://www.bfr.bund.de/cm/208/bewertung\\_von\\_suessstoffen.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/208/bewertung_von_suessstoffen.pdf)).
- [10] Thieme Chemistry (Hrsg.): Eintrag zu *Aspartam* im *Römp Online*. Version 3.11. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2011, abgerufen am 28. Juni 2011.
- [11] Wissenschaft-Online-Lexika: Eintrag zu „*Aspartam*“ im *Lexikon der Biochemie*, abgerufen am 28. Juni 2011.
- [12] *[ Food and Drug Administration: Food Additive Approval Process Followed for Aspartame*. (<http://archive.gao.gov/d28t5/133460.pdf>) *HRD-87-46*, 18. Juni 1987.
- [13] *FDA Statement on Aspartame* (<http://web.archive.org/web/20041128020903/www.fda.gov/bbs/topics/answers/ans00772.html>), 18. November 1996.
- [14] K. Oyama: *The Industrial Production of Aspartam* in: *Chirality in Industry* (Herausgeber: A. N. Collins, G. N. Sheldrake und J. Crosby, Wiley, 1992, S. 237-247, ISBN 0-471-93595-6).
- [15] Axel Kleemann, Jürgen Engel, Bernd Kutscher und Dietmar Reichert: *Pharmaceutical Substances*, 4. Auflage (2000), 2 Bände erschienen im Thieme-Verlag Stuttgart, S. 139, ISBN 978-1-58890-031-9; seit 2003 online mit halbjährlichen Ergänzungen und Aktualisierungen.
- [16] Hellmut Mehnert: *Diabetologie in Klinik und Praxis*. 5. Auflage, Georg Thieme Verlag, 2003, ISBN 3-13-512805-9.
- [17] G. G. Habermehl, P. E. Hammann, H. C. Krebs: *Naturstoffchemie: Eine Einführung*. 3. Auflage, S. 307, Springer, 2008, ISBN 978-3-540-73732-2.
- [18] Bergmann, J.N. & Vetsch, W.: *Aspartam*. In: von Rymon Lipinski, G.-W. & Schiweck, H. (Hrsg.): *Handbuch Süßungsmittel: Eigenschaften und Anwendung*. Behr's Verlag, 1991, ISBN 3-925673-77-6.
- [19] Hans-Dieter Belitz, Werner Grosch und Peter Schieberle: *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. 6., vollst. überarb. Auflage 2008, Springer-Verlag Berlin; ISBN 3-540-73201-2; doi: 10.1007/978-3-540-73202-0 (<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-73202-0>); S. 453.
- [20] K. K. Glandorf, P. Kuhnert, E. Lück: *Handbuch Lebensmittelzusatzstoffe*, S. 12, Behr's Verlag DE, 1991, ISBN 978-3-925673-89-4.
- [21] Screeningreport der Deutschen Gesellschaft für Neugeborenen-Screening ([http://www.screening-dgns.de/PDF/Screeningreport\\_2004.pdf#page=18](http://www.screening-dgns.de/PDF/Screeningreport_2004.pdf#page=18))
- [22] ZZuV – Einzelnorm – § 9 Kenntlichmachung ([http://www.gesetze-im-internet.de/zzulv\\_1998/\\_9.html](http://www.gesetze-im-internet.de/zzulv_1998/_9.html)).
- [23] J. E. Perkin, J. A. Anderson: *Food Allergies and Adverse Reactions*. S. 129ff, 1990, Jones & Bartlett Publishers, ISBN 0-8342-0170-4.
- [24] J. P. F. D'Mello: *Food Safety: Contaminants and Toxins*. 2003, CABI Publishing, ISBN 0-85199-607-8.
- [25] Schiffman, S.S. et al. (1987): *Aspartame and susceptibility to headache* (<http://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM198711053171903>). In: *N. Engl. J. Med.* Bd. 317, S. 1181–1185, PMID 3657889.
- [26] J. R. Johns: *Migraine provoked by aspartame*. *N. Engl. J. Med.* 1986, 315:456.
- [27] R. B. Lipton, L. C. Newman, S. Solomon: *Aspartame and headache*. *N. Engl. J. Med.* 1988, 318(18):1200–1201.
- [28] K. M. Koehler, A. Giaros: *The effect of aspartame on migraine headache*. *Headache*, 1988, 28:10–13.
- [29] Walton, R.G. (1993): *Adverse reactions to aspartame: double-blind challenge in patients from a vulnerable population*. In: *Biol. Psychiatry*. Bd. 34, S. 13–17, PMID 8373935.
- [30] Morando Soffritti, M. et al. (2005): *Aspartame Induces Lymphomas and Leukemias in Rats (PDF)*. ([http://www.ramazzini.it/ricerca/pdfUpload/Eur J Oncol Vol 10 107-116\\_2005.pdf](http://www.ramazzini.it/ricerca/pdfUpload/Eur%20J%20Oncol%20Vol%2010%20107-116_2005.pdf)) In: *European J. of Oncology*. Bd. 10, S. 107–116 .

- [31] Lim, U. *et al.* (2006): *Consumption of aspartame-containing beverages and incidence of hematopoietic and brain malignancies*. In: *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* Bd. 15, S. 1654–1659, PMID 16985027.
- [32] Opinion of the SCF: Update on Safety of Aspartame ([http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out155\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out155_en.pdf)).
- [33] Olney, J.W. *et al.* (1996): *Increasing brain tumor rates: is there a link to aspartame?* In: *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* Bd. 55, S. 1115–1123, PMID 8939194.
- [34] FDA Statement on European Aspartame Study (<http://www.foodsafety.gov/~lrd/fpaspar2.html>), vom 20. April 2007.
- [35] Hans-Dieter Belitz, Werner Grosch und Peter Schieberle: *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. 6., vollst. überarb. Auflage 2008, Springer-Verlag Berlin; ISBN 3-540-73201-2; doi: 10.1007/978-3-540-73202-0 (<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-73202-0>); S. 454.

## Weblinks

- Diplomarbeit: Gesundheitliche Bewertung des Lebensmittelzusatzstoffes Aspartam ([http://opus.haw-hamburg.de/volltexte/2007/134/pdf/ern\\_y\\_500a.pdf](http://opus.haw-hamburg.de/volltexte/2007/134/pdf/ern_y_500a.pdf)) (PDF-Datei; 600 kB)
- Material und Berichte der Ajinomoto AG, einem Hersteller des Süßstoffes (<http://www.aspartam.info>)
- Geschichte 1975–1988 Monsanto und G.D. Searle & Co ([http://www.monsanto.de/Monsanto/geschichte\\_1988.php](http://www.monsanto.de/Monsanto/geschichte_1988.php))
- zusatzstoffe-online.de: Aspartam ([http://www.zusatzstoffe-online.de/zusatzstoffe/291.e951\\_aspartam.html](http://www.zusatzstoffe-online.de/zusatzstoffe/291.e951_aspartam.html))

# Quelle(n) und Bearbeiter des/der Artikel(s)

**Aspartam** *Quelle:* <http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=90605218> *Bearbeiter:* 24karamea, 27. Mai 1955, A Ruprecht, A.Savin, Aleks-ger, Alexander Fischer, Andante, Andreas Karrer, Assistent, Augiasstallputzer, Ayacop, Baba-milka, Baird's Tapir, Baumfreund-FFM, Baumi, Boemmels, BrunoBoehmler, Carol.Christiansen, Carstor, Centre, Chaddy, Chhanser, Cholo Aleman, ChrisHamburg, Cottbus, Crux, Cvf-ps, Cymothoa exigua, D, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, Dingo, Donauturm, Drahhreg01, Drummerboy, Echolot, EpixAimz, Erock, Eschenmoser, Esco, Euku, Fasten, Fedi, Felix Stember, Firsthuman, FlügelRad, Friedenfüralle, Gleiberg, Greatpatton, Gurane, Haneburger, Hannes Kuhnert, Hans J. Castorp, HenrikHolke, Hoffmeier, Hofres, Hubertl, Icek, Ijbond, InternalMedicine, JWBE, Jergen, Jivee Blau, Jkbw, Jodo, Joven, Jü, Karl-Henner, Keimzelle, Kopfwerker, Laborfaktotum, Leyo, Linux2010, Ly, Maieronfire, Martin Aggel, Master Lenman, Matthias M., Miaoow Miaoow, Michail, Mogelzahn, Morten Haan, MrBurns, NEUROtiker, Nemissimo, Nerd, Nick B., Nina, Oberlaender, OecherAlemanne, Oliver S.Y., Orci, Ottomanisch, PDD, Pendulin, Peter200, Philippe landau, Pittmann, Prometheus, Q-Exodus, Rayfun, Redecke, Regi51, Rhinux, Rhododendronbusch, Rjh, RoBri, Romankawe, S nova, S.Didam, SKopp, STBR, Seewolf, Sieglinde, Stefan64, Steffen 962, Subjektivobjektiv, Suirenn, Sumsiladnav, Swing, Syrcro, THWZ, Temistokles, TheK, Thorbjørn, Timk70, Troll Sockenpuppe, Tsor, Umweltschützen, Wiegels, Wikifreund, Wilhans, Winkelmann, Wise guy, Wolfgang1018, Yikrazuul, YourEyesOnly, Zaphiro, Zoelomat, 257 anonyme Bearbeitungen

# Quelle(n), Lizenz(en) und Autor(en) des Bildes

**Datei:Aspartame.svg** *Quelle:* <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Aspartame.svg> *Lizenz:* Public Domain *Bearbeiter:* Yikrazuul

**Datei:Chemische Aspartam-Synthese.png** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Chemische\\_Aspartam-Synthese.png](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Chemische_Aspartam-Synthese.png) *Lizenz:* GNU Free Documentation License *Bearbeiter:* Jü. Original uploader was Jü at de.wikipedia

**Datei:Diketopiperazine from Aspartam.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Diketopiperazine\\_from\\_Aspartam.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Diketopiperazine_from_Aspartam.svg) *Lizenz:* Public Domain *Bearbeiter:* Jü

**Datei:Superaspartame.svg** *Quelle:* <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Superaspartame.svg> *Lizenz:* Public Domain *Bearbeiter:* Yikrazuul

# Lizenz

## Wichtiger Hinweis zu den Lizenzen

Die nachfolgenden Lizenzen beziehen sich auf den Artikeltext. Im Artikel gezeigte Bilder und Grafiken können unter einer anderen Lizenz stehen sowie von Autoren erstellt worden sein, die nicht in der Autorenliste erscheinen. Durch eine noch vorhandene technische Einschränkung werden die Lizenzinformationen für Bilder und Grafiken daher nicht angezeigt. An der Behebung dieser Einschränkung wird gearbeitet. Das PDF ist daher nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Eine Weiterverbreitung kann eine Urheberrechtsverletzung bedeuten.

## Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported - Deed

Diese "Commons Deed" ist lediglich eine vereinfachte Zusammenfassung des rechtsverbindlichen Lizenzvertrages ([http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Lizenzbestimmungen\\_Commons\\_Attribution-ShareAlike\\_3.0\\_Unported](http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Lizenzbestimmungen_Commons_Attribution-ShareAlike_3.0_Unported)) in allgemeinverständlicher Sprache.

Sie dürfen:

- das Werk bzw. den Inhalt **vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen**
- Abwandlungen und Bearbeitungen** des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen

Zu den folgenden Bedingungen:

- Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
- Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie das lizenzierte Werk bzw. den lizenzierten Inhalt bearbeiten, abwandeln oder in anderer Weise erkennbar als Grundlage für eigenes Schaffen verwenden, dürfen Sie die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieser Lizenzverträge identisch, vergleichbar oder kompatibel sind.

Wobei gilt:

- Verzichtserklärung** — Jede der vorgenannten Bedingungen kann aufgehoben werden, sofern Sie die ausdrückliche Einwilligung des Rechteinhabers dazu erhalten.
- Sonstige Rechte** — Die Lizenz hat keinerlei Einfluss auf die folgenden Rechte:

- Die gesetzlichen Schranken des Urheberrechts und sonstigen Befugnisse zur privaten Nutzung;
- Das Urheberpersönlichkeitsrecht des Rechteinhabers;
- Rechte anderer Personen, entweder am Lizenzgegenstand selber oder bezüglich seiner Verwendung, zum Beispiel Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen.

- Hinweis** — Im Falle einer Verbreitung müssen Sie anderen alle Lizenzbedingungen mitteilen, die für dieses Werk gelten. Am einfachsten ist es, an entsprechender Stelle einen Link auf <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de> einzubinden.

## Haftungsbeschränkung

Die „Commons Deed“ ist kein Lizenzvertrag. Sie ist lediglich ein Referenztext, der den zugrundeliegenden Lizenzvertrag übersichtlich und in allgemeinverständlicher Sprache, aber auch stark vereinfacht wiedergibt. Die Deed selbst entfaltet keine juristische Wirkung und erscheint im eigentlichen Lizenzvertrag nicht.

## GNU Free Documentation License

Version 1.2, November 2002

Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc.

51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies

of this license document, but changing it is not allowed.

## 0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

## 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of PDF image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties; any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

## 2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3. You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

## 3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

If it is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

#### 4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- **A.** Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- **B.** List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- **C.** State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- **D.** Preserve all the copyright notices of the Document.
- **E.** Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- **F.** Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- **G.** Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- **H.** Include an unaltered copy of this License.
- **I.** Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- **J.** Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- **K.** For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- **L.** Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- **M.** Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- **N.** Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to be conflated in title with any Invariant Section.
- **O.** Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

#### 5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

#### 6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

#### 7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

#### 8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

#### 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

#### 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

#### ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document

under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2

or any later version published by the Free Software Foundation;

with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled

"GNU Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the

Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.