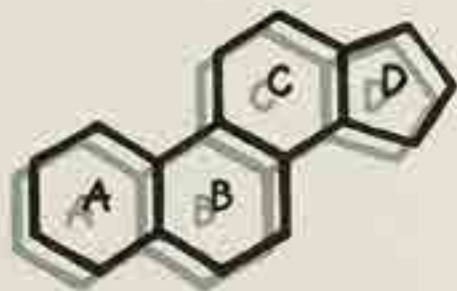


Willmes

# Taschenbuch Chemische Substanzen



Verlag  
Harri  
Deutsch



# Periodensystem der Elemente

Ordnungszahl → 16 32,06 →  
 Elektronegativität → 2,5 **S** ←  
 Schwefel ←

1 1,0079 1 H Wasserstoff										
2 3,94 3 Li Lithium	4 9,0122 4 Be Beryllium									
11 22,99 11 Na Natrium	12 24,30 12 Mg Magnesium									
19 39,09 19 K Kalium	20 40,078 20 Ca Calcium	21 44,956 21 Sc Scandium	22 47,88 22 Ti Titan	23 50,94 23 V Vanadium	24 51,996 24 Cr Chrom	25 54,938 25 Mn Mangan	26 55,847 26 Fe Eisen	27 58,93 27 Co Cobalt		
37 85,468 37 Rb Rubidium	38 87,62 38 Sr Strontium	39 88,906 39 Y Yttrium	40 91,224 40 Zr Zirkonium	41 92,906 41 Nb Niob	42 95,94 42 Mo Molybdän	43 (99) 43 Tc Technetium	44 101,07 44 Ru Ruthenium	45 101,07 45 Rh Rhodium		
55 132,9 55 Cs Cäsium	56 137,33 56 Ba Baryum	57 138,91 57 La Lanthan	58 140,12 58 Ce Cerium	59 140,91 59 Pr Praseodym	60 144,24 60 Nd Neodym	61 145 61 Pm Promethium	62 150,36 62 Sm Samarium	63 151,96 63 Eu Europium		
			72 178,49 72 Hf Hafnium	73 180,95 73 Ta Tantal	74 183,84 74 W Wolfram	75 186,21 75 Re Rhenium	76 190,23 76 Os Osmium	77 192,22 77 Ir Iridium		
87 223 87 Fr Francium	88 226 88 Ra Radium	89 227 89 Ac Actinium	90 232,04 90 Th Thorium	91 231,04 91 Pa Protactinium	92 238,03 92 U Uran	93 237 93 Np Neptunium	94 244 94 Pu Plutonium	95 243 95 Am Americium		
			104 (261) 104 Rf Rutherfordium	105 (262) 105 Db Dubnium	106 (263) 106 Sg Seaborgium	107 (264) 107 Bh Bohrium	108 (277) 108 Hs Hassium	109 (285) 109 Mt Meitnerium		

relative Atommasse

( ) Massenzahl des stabilsten Isotops

Symbol

Elementname

										2	4,0026
											He Helium
										5	10,811
										6	12,011
										7	14,007
										8	15,999
										9	18,998
										10	20,180
										11	22,990
										12	23,803
										13	26,982
										14	28,086
										15	30,974
										16	32,006
										17	35,453
										18	39,948
										19	39,098
										20	44,956
										21	47,887
										22	50,942
										23	54,938
										24	58,933
										25	63,929
										26	68,926
										27	72,630
										28	78,972
										29	88,906
										30	90,908
										31	95,939
										32	101,07
										33	106,905
										34	112,905
										35	118,905
										36	85,468
										37	85,468
										38	85,468
										39	85,468
										40	85,468
										41	85,468
										42	85,468
										43	85,468
										44	85,468
										45	85,468
										46	85,468
										47	85,468
										48	85,468
										49	85,468
										50	85,468
										51	85,468
										52	85,468
										53	85,468
										54	85,468
										55	85,468
										56	85,468
										57	85,468
										58	85,468
										59	85,468
										60	85,468
										61	85,468
										62	85,468
										63	85,468
										64	85,468
										65	85,468
										66	85,468
										67	85,468
										68	85,468
										69	85,468
										70	85,468
										71	85,468
										72	85,468
										73	85,468
										74	85,468
										75	85,468
										76	85,468
										77	85,468
										78	85,468
										79	85,468
										80	85,468
										81	85,468
										82	85,468
										83	85,468
										84	85,468
										85	85,468
										86	85,468
										87	85,468
										88	85,468
										89	85,468
										90	85,468
										91	85,468
										92	85,468
										93	85,468
										94	85,468
										95	85,468
										96	85,468
										97	85,468
										98	85,468
										99	85,468
										100	85,468
										101	85,468
										102	85,468
										103	85,468
										104	85,468
										105	85,468
										106	85,468
										107	85,468
										108	85,468
										109	85,468
										110	85,468
										111	85,468
										112	85,468
										113	85,468
										114	85,468
										115	85,468
										116	85,468
										117	85,468
										118	85,468
										119	85,468
										120	85,468

**Taschenbuch  
Chemische Substanzen**

# Taschenbuch Chemische Substanzen

Elemente – Anorganika – Organika  
Naturstoffe – Polymere

Dr. Arnold Willmes

3., vollständig überarbeitete  
und erweiterte Auflage

Verlag  
Harri  
Deutsch



Dr. Arnold Wilkes ist Diplom-Chemiker und über sein viertes Leben in der pharmazeutisch-chemischen Industrie sowie beruende als auch geschäftsführende Funktionen von allem in der Herstellung und Veredelung von APIs (Active Pharmaceutical Ingredients) aus.

*Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnbl.de> abrufbar.

ISBN 978-3-8171-1787-1

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches – oder von Teilen daraus – sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsvermittlung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, weiterverbreitet, kopiert oder auf andere Weise öffentlich zugänglich gemacht werden. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig zurichtet. Dennoch übernehmen Autor und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

1., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage 2007

© Wissenschaftlicher Verlag Hans-Deitch GmbH, Frankfurt am Main, 2007

Satz: Satzrezension Dr. Nucke, Bernd-Erfordia

Druck: Christian & Böse, Leck

Printed in Germany

## Vorwort

Das Buch enthält 6 Chemische Leitfäden, die jeweils in alphabetischer Ordnung alphabetisch über 1.500 Elemente, Anorganika, Organika, Naturstoffe und Polymere in Forschungsrelevanz, Vorkommen, Synthese, Eigenschaften, Anwendungen, Analytik und Toxikologie. Auch aktuelle Entwicklungen und Erkenntnisse sind soweit möglich berücksichtigt, beispielsweise Exosomale, Protein und BSE, Füllstoffe, Vernetz. Tinte, in. neue Katalysator-Systeme, neue Polymerstoffe, neue Verfahren.

Die Chemie steht heute mitten im 21. Jahrhundert, und es nimmt sich die Frage (im unerbittlichen Lesersinn überhaupt) einen Sinn ergibt, warum die notwendige Anzahl von Leitfäden mit ihrem gewissen Wackeln bedient ist. Bei den älteren Durchblättern wird der Leser aber feststellen, dass sich das knapp 1500 Seiten umfassende Produkt genau die Schwächen beschreiben, welche mit diesem Buch beseitigt. Dieses Buch beginnt mit dem „so kann“ Eine Analogie zum Fremdsprachenunterricht, wie man Sie wie eine sehr kleine Anzahl an Vokabeln für die alltägliche Verständigung schon ausreicht, bilden die hier beschriebenen chemischen Substanzen den molekularen Grundbauern für die chemische Alltag.

Das Buch enthält 6 Chemische Leitfäden, die jeweils in alphabetischer Ordnung der Stoffnamen, in dem unüblichen physikalischen Zahlenformat, darunter thermodynamische Daten, und über 2.500 Synthesen und Reaktionen. Schemata der Versuchsanordnungen, Details zu den Geräten und ihre Anordnung werden in der *Handreichung zur Handreichung*.

Darüber hinaus ist das Buch aber nicht mehr als eine Sammlung von praktischen Experimenten. Um die Bedeutung der Chemie in allen Lebensbereichen zu veranschaulichen, ist der Leitfaden vollständig hochschulreife Zusammenfassungen wie Acrylnitrilpolymerisation, Katalytische Elementarreaktion, organische Analytik, Atombau, Kerne, oder rechnerische Prozesse dar. Die mit einer Substanz verbundenen Sachverhalte werden so weit wie möglich zusammen in Betrachtung gezogen. So werden etwa bei Angabe der Synthese von Salzsäure nicht nur die Ausgangsprodukte genannt, sondern auch die vorgeschlagenen Mechanismen in allgemeiner Form dargestellt; es wird beispielsweise unter *Chlorwasser* auf den Chemismus der Erdsynthese, unter *Acrylnitril* in auf die Neutronenmission und seine Wechselwirkung mit Dinitrochlorbenzol hingewiesen usw. Tabellenliche Übersichten und Zusammenfassungen ermöglichen den schnellen Zugriff auf diese wertvollen Informationen. Die ausführliche Prozedur zum Nachvollziehen der Reagenzien, die in der Tabelle ist, steht nicht nur zur Nachvollziehbarkeit, sondern auch zur Erreichung anderer Ergebnisse zur Verfügung.

Beim Wechsel von der ersten zur zweiten Auflage waren etwa 300 Notizen hinzugekommen. Die von weitgehend dieser Auflage wurde zwar nur um 30 Einträge ergänzt, trotzdem ist der Umfang noch einmal um über 100 Seiten angewachsen. Diese Zunahme ist überwiegend der großen Zahl an Ergänzungen, Erweiterungen und Verbesserungen zum Inhalt des gesamten Leitfaden geschuldet. Insbesondere die Anzahl zusätzlicher literarischer Zusammenfassungen wurde deutlich erweitert, die Tabellen zur Übersichten und Zusammenfassungen zu ihrer Erschließung von aufgenommen. Auch das Stichwortregister hat erheblich an Umfang gewonnen und wird jetzt eine Begriffe der Stoffnamen auf die Leser treffen.

Besonders den vielen Lesern und Lesern möchte ich herzlich danken, die sich mit freundlichen Zuschriften, Kritik, Hinweisen auf Fehler und Mängel, und Verbesserungsvorschlägen an mich gemeldet haben. Mit ihr und Verlag zusammen mit der wissenschaftlichen Redaktion, von der ich das Buch bei der weitestgehend nur nur profitieren kann.

Wiederum schulde ich immer lieben Frau Margret großen Dank, die nicht nur viel Schreibarbeit übernahm, sondern auch durch ihr wohlwollendes Interesse an der Sache äußere sowie die Unterstützung geleistet hat.

Es bleibt noch denen zu danken, die dafür gesagt haben, daß das Buch gedruckt werden könnte, also dem Verlag und insbesondere Herrn Dipl.-Phys. K. Helm für die wieder sehr angenehme Zusammenarbeit, Herrn Dr.-Ing. S. Nauke und hier bei mir Frau Uta, Herrn. Dariusz Samra für die sorgfältige Erzielung des neu hinzugekommenen Strömungs- und Reaktions-Schemata.

Der Autor hofft, daß das vorliegende Buch von seinen Lesern und Lesern als nützlicher Begleiter durch Ausbildung und Beruf gesehen und genutzt wird.

Saarbrücken, im August 2007

Dr. Arnold Wilburn

Autor und Verlag freuen sich über Anregungen und konstruktive Anmerkungen.

Autor und Verlag Herr Dariusz  
Größe 47  
D-44386 Frankfurt am Main  
E-mail: [wilbur@harm-deutsch.de](mailto:wilbur@harm-deutsch.de)  
<http://www.harm-deutsch.de>



# Hinweise zur Benutzung

Die Einträge zu den Substanzen sind alphabetisch geordnet, jeder Eintrag besteht aus dem Namen

- Bezeichnung
- Beschreibung
- Daten (physikalische, thermodynamische und optische), soweit verfügbar

Die Register am Ende des Buches erlauben den schnelleren Zugriff auf Substanzen und Sachverhalte. Im Text sind die Begriffe, die im Sachverzeichnis auftreten, **blau** gedruckt.

Einträge für Verbindungen sind wie folgt aufgebaut:

## Substanzname

Physikalische Bezeichnung **Alkanamer** **Arten**

Die Beschreibung des Substanz folgt in der Regel dem Schema

- Erscheinungsbild, Löslichkeit, enthalten sind Hinweis auf Reinstoffigkeit
- natürliches Vorkommen, Gewinnung, technische und/oder Lebensmittel
- physikalische und thermische Eigenschaften, Strukturformeln, elementare Kennwerte
- biochemische und pharmakologische Fakten
- Anwendungen
- sonstige Anmerkungen

► Besondere Hinweise zur Toxikologie und zum Umgang mit der Substanz:

*Sonnenblende*  $M_2 = \text{Methylwasserstoff}$  *Eisensulfidwasser*

$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{18}$	$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{18}$	10	10
$C_{10}$	$C_{10}H_{18}$	$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{18}$	10	10
$C_{10}$	$C_{10}H_{18}$	$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{18}$	10	10
MAK	R 501	S 521			

Einträge für Elemente unterscheiden sich von denen für Verbindungen im Detail:

*Äthyl*  $Z = \text{Zinn(II)chlorid}$   $A_2 = \text{Aluminium}$  *Isopropyl* *ammonisch* *ammonisch* *Äthyl*

$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{18}$	$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{18}$	10	10
$C_{10}$	$C_{10}H_{18}$	$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{18}$	10	10
$C_{10}$	$C_{10}H_{18}$	$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{18}$	10	10
MAK	R 501	S 521			

<sup>1</sup> Weiterführende physikalische, chemische, thermodynamische Werte sind in: W. L. Fieser, C. E. Searles, H. C. Brown, and P. D. Bartlett, J. Wiley, New York, 1955; J. March, *Chemical Handbook* (http://webbook.nsl.gov/)

# Symbolverzeichnis

$A_0$	relatives Atomgewicht
	Hier sind die von der IUPAC, 1989 festgelegten Standard-Atomgewichte aufgeführt
$C_p$	Molare Wärmekapazität (Molareinheit) bei konstantem Druck in $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
$d$	Dichte in $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
$d_{4,20}$	Dichte des kritischen Punktes in $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
$E^0, A$	elektrochemisches Standardpotential
$\Delta_f H^\circ$	Molare Standard-Bildungsenthalpie in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
	Die Reaktionsenthalpie für die Bildung von 1 Mol des reinen Stoffes aus reinen Elementen (unter Normalbedingungen)
$\Delta_f H^\circ$	Molare Schmelzenthalpie in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
	Die Änderung der Enthalpie bei Überführung von 1 Mol des Stoffes vom festen in den flüssigen Zustand bei der Schmelztemperatur
$\Delta_v H^\circ$	Molare Verdampfungsenthalpie in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
	Die Änderung der Enthalpie bei Überführung von 1 Mol des Stoffes vom flüssigen in den gasförmigen Zustand bei der Siedetemperatur
$\Delta_{\text{sub}} H^\circ$	Sublimationsenthalpie in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
	Dabei gilt: $\Delta_{\text{sub}} H^\circ = \Delta_f H^\circ + \Delta_v H^\circ$
MAX	Maximale Abfallquell-Konzentration gemäß TRGS 900 in $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Mf	Meltemperatur in $^\circ\text{C}$
	Das von 1 Mol des Elementes unter Normalbedingungen eingeschlossene Volumen
$M_r$	(relative) Molekülmasse
	Hier liegen die von der IUPAC, 1989 festgelegten Standard-Atomgewichte zugrunde
$P_{\text{crit}}$	Druck des kritischen Punktes in MPa
$Q_v$	Molare Verbrennungswärme in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
	Die bei Verbrennung von 1 Mol des Stoffes unter konstantem Druck abgegebene Wärmemenge
R-Satz	Hinweis auf besondere Gefahr (Reiner Satz)
S-Satz	Sicherheitsentscheidung (Sicherheits-Satz)
$S^\circ$	Molare Standardentropie in $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
$T^*$	Dampfdruck-Temperatur in $^\circ\text{C}$
$T_g$	Glasübergangstemperatur in $^\circ\text{C}$
$T_m$	Schmelzpunkt in $^\circ\text{C}$
$T_{\text{sub}}$	Sublimationstemperatur in $^\circ\text{C}$
$T_{\text{Zersetzung}}$	Zersetzungstemperatur in $^\circ\text{C}$
$T_{\text{crit}}$	Temperatur des kritischen Punktes in $^\circ\text{C}$
$T_{\text{trip}}$	Temperatur des Tripelpunktes in $^\circ\text{C}$
W	Wasserrückhaltung in %
Z-GZ	Umweltgefahr
$\alpha$	Längere Ausdehnungskoeffizienten bei $20^\circ\text{C}$ in $10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$
$\epsilon$	Relative Dielektrizitätszahl
$\eta$	Dynamische Viskosität bei $20^\circ\text{C}$ in $\text{mPa} \cdot \text{s}$
	Die Einheit $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ist gleich der älteren Einheit $\text{Centipoise}$ ( $\text{cP}$ ) $1 \text{ mPa} \cdot \text{s} = 1 \text{ cP}$
$\lambda$	Wärmeleitfähigkeit in $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
$\rho$	Spezifischer Widerstand in $\Omega \cdot \text{m}$
$\rho_0$	Durchgangswiderstand in $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$

# Inhaltsverzeichnis

## VEREINBARUNG

Vorwort	X
Hinweise zur Benutzung	VII
Symbolverzeichnis	VIII

## Substanzen von A bis Z

I

## INDEX

Ausführlicher dargestellte Zusammenhänge	111
Nomen- und Schlagwortverzeichnis der Organischen Chemie	114
Technische Verfahren	118
Organische und anorganische Nomen-Regelungen	119
Galanische Zellen (Batterien und Akkus)	120
Antibiotika	119
Hydrogel-Bildner (Verdickungsmittel)	114

## ANWENDUNG

Sachwortverzeichnis	119
Verzeichnis der englischen Namen der Substanzen	120
Ausgewählte Substanzen nach Substanzklassen geordnet	121

## GEFÄHRDUNG

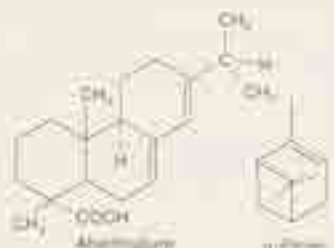
Hinweise auf die bestehenden Gefahren (R-Sätze)	127
Kombinationen der R-Sätze	128
Sicherheitsratschläge (S-Sätze)	128
Kombinationen der S-Sätze	128

## Abietinsäure

Abietinsäure, Styrene acid, *Abietinsäure*

Die *A.* kommt in Form zähflüssiger, milchweißer Massen in den Harzen vor, ist unlöslich in Wasser, löst sich jedoch gut in verdünnter Natronlauge sowie in Ethanol, Aceton und Diäthyläther.

*A.* wird technisch aus dem *Kolophonium* hergestellt. Schneidet man die Rinde von Nadelbäumen an, so austretend, aus der damit entstehenden Wunde ein Harz ab. Wie alle aus verschiedenen Kieferarten und dabei besonders ergiebig im Harz, während Fichten schlechtes Ausharren liefern und durch die Verletzungen stark geschädigt werden. Aus dem so gewonnenen *Kopferharz* kann durch Wasserdampfdestillation eine flüchtige Fraktion abgetrennt werden, die das bekannte *Terpenol* darstellt. Der Rückstand des Wasserdampfdestillates ist das *Kolophonium*. Das Verhältnis Terpenol zu Kolophonium im Kiefernharz beträgt etwa 1 : 4. Ein Baum liefert 2-5 kg Harz pro Jahr.



— Pinen und Abietinsäure — Terpenearten der Kiefernrinde

Die je nach Kieferart verschiedenen Terpenearten enthalten als Hauptbestandteil durchweg ein *α*-Pinen (s. Abbildung), das durchschnittlich Terpenol aus der Softwarkiefer genau 90% ausmacht, daneben weitere mono- und bicyclische Mon- und Sesquiterpene (s. unten) eingestreut. Sie besitzen keine große Bedeutung als Lösung- und Verfestigungsmittel, wenn sie heute von petrochemischen Produkten abgelöst sind. Nach wie vor sind die Terpeneöle aber wichtige Quellen für Terpene.

Kolophonium bildet zusammen mit einem Zucker, welches in Wasser löslich in Alkohollösungen, Ethanol, Diäthyläther und Öl. Die verschiedenen Kolophoniumarten bestehen aus zum Großteil aus einem Gemisch verschiedener Harzsauren,

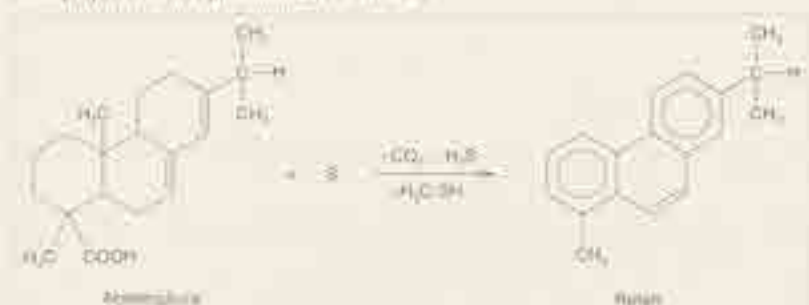
und zwar vor allem der Diterpenarten *Labdanonsäure*, *Neophytadonsäure* und *Pinensäure* (s. unten) mit *A.* (s. Abbildung). Die *A.* besteht zwar primär aus einem kleinen Anteil, sie ist jedoch die wichtigste Komponente, da sie das tetrahydrofuranlösliche (so genanntes *Stigma*) (s. 6) darstellt, diese mit saurer Katalyse alle sechs Kohlenstoffatome (das gesamte Stigma) unterscheidet sich von der *A.* lediglich durch die Lage der beiden Doppelbindungen. Kocht man Kolophonium mit 1 Essigsäure oder ethanollischer 7% Lösung, läßt sich deshalb hinsichtlich der *A.* in höher Ausbeute gewinnen.

Kolophonium ist das wichtigste Naturharz. Es wird in Anstrichmitteln (z. B. Schiffanstriche), zur Metallierung (z. B. Zinkbeschichtung), zur Papierherstellung, in Klebstoffen und in der Schweißtechnik verwendet.

Wenn die *A.* werden Detergente hergestellt (z. B. als *Abietin* bezeichnet), die als Seifen (z. B. das Natrium- oder Ammoniumsalz), Weichmacher und Siccative (z. B. in der Lackindustrie) Verwendung finden. Die Salze der *A.* enthalten in wässriger Lösung Tensid-Eigenschaften, die je nach Zusammensetzung kationisch, anionisch oder nichtionisch sind und werden auch als *Harz* (oder bezeichnet) Harzsalze werden zur Papierherstellung verwendet. Eine Lösung von Papier ist notwendig, um das Papier bedruckbar oder mit Tinte beschreibbar zu machen. In anderen Fällen, die Tinte an Papier weggewaschen wird, wie etwa bei z. B. von Filterpapier kann *Abietin* (oder) verwendet. Durch Imprägnierung mit *Abietinsäure* wird das Papier gegen Feuchtigkeit geschützt, das die

Tinte versäuernd, aber nicht verflücht. Die Haftung der A. auf der Papieroberfläche wird über Aluminium-Ionen vermittelt (s. Bismarck-schwarz + Aluminiumsalze).

Durch Dehydrierung der A. mit Schwefel bei ca. 250 °C entsteht der aromatische Kohlenwasserstoff Rosin (= Acetylphenylphenylphenyl) (s. Schenck).



Aromatisierung von Abscisinsäure zu Rosin

Derartige Acetalschutzgruppen können dem Zwecke der Strukturklärung. So liefert die analoge Acetalschutzung der Glycerolbismaleat mit Selen bei 100 °C den aromatischen Kohlenwasserstoff 1,8-Dimethylpiper. Diese Reaktion wurde Ruzicka u. a. zur Strukturklärung des Hauptaromatisches der Salzsäure verwendet.

Präparativ nutzt die A. immer als Ausgangspunkt zur Synthese verschiedener Natrioside, z. B. Thapsig und Streptol (s. unten: Cholera-toxin). Die A. begünstigt das Wachstum der Bakterien in der Milchzucker- und Rotmilchsäuregärung (s. unten: Buttersäure).



Smp.  
170 °C

lsg.  
2,5% in Ethanol

## Abscisinsäure

Abscisin acid

Deoxin

Blau-weiße, luft- und lichtempfindliche Kristalle, die sich in Wasser nur wenig lösen. Abgesehen gut löslich sind in Aceton oder Essigsäuremethylester.



Abscisinsäure von Pflanzenbakterien

Die A. ist mit von Bakterien auf einem Pflanzen isoliertes Sesquiterpen (C<sub>15</sub>-System, s. unten) (Isopren) mit einem Essigsäure-Endgruppe (s. unten: 2-Isopren + Acetyl).  
CC(C)OC(=O)C1=CC=C(C)C=C1C2=CC=CC=C2C3=CC=CC=C3

Die A. ist die Pflanzhormone Pflanzenbakterien von, das in der Wachstumsregulation beteiligt ist und zwar als Wachstumsstoff antagonist, indem sie Blatt- und Fruchtabfall bewirkt (Name!). Auch die ursprüngliche Bezeichnung „Deoxin“ rührt daher, daß die A. in den Pflanzen winterschlafähnliche Zustände herbeiführt.

Die Verfestigung (s. oben: aktiv) (synthet. C<sub>15</sub>-Arom). Natürlich vorkommend ist die (+)-(+)-Form. Bakterien bei 100 °C schmelzen, während der Schmelz des Racemats 198 °C beträgt.



## Acenaphthen

Acenaphthen      1,8-Dihydro-1-naphthalin

Kristallisiert aus Ethanol in Form langer weißer Nadeln, die in Wasser unlöslich, in meisten Alkoholen wenig (z. B. in Ethanol? 5 g/100 ml), in Chloroform gut löslich sind.

A. ist Bestandteil des Steinkohlensäures (s. unten) Anthracen und kann aus der um 280 °C verdrängten Fraktion auf ähnliche Weise in guter Reinheit erhalten. Dagegen A. auf klassische Weise in praktisch beliebiger Menge zugänglich ist, erübrigt sich eine Synthese, die z. B. aus 1-Naphthalin und Ethylen bei hohen Temperaturen gelingt.



Datieren und Überprüfung von Acenaphthen

A. tritt bei der Oxidation mit starken Oxidationsmitteln (z. B. Chlorin/Säure) des Acenaphthenanthron (s. Schema) und seiner die 1-Naphthalin- Anthracenfraktionen, die in großen Nadeln kristallisiert, kristallisiert. Er reagiert nicht als Chinon, sondern verhält sich wie ein Diketon. Es dient als Ersatz für indigene Kupferfarbstoffe (s. unten Indigo) und für Pflanzenschutzmittel. Die katalytische Dehydrierung von A. ergibt Acenaphthenol (s. Schema), ein farbloses Feststoff, der sich in Ethanol (z. B. mit 1-Diketon) (s. unten) (ca. 80 %) in hochmolekulare, hochschmelzende Harze (homopolymere und copolymerisierte) gibt.

Die katalytische Oxidation liefert für Acenaphthenanthron

A. wird in einer Reihe weiterer Produkte (unten), jedoch führt bislang eine größere technische Anwendung.

$C_{12}H_{10}$      $M_r = 154,21$      $C 79,46\%$      $H 6,54\%$

$T_{\text{Sch}}$      $T_{\text{Sch}}$      $n_D^{20}$      $n_D^{25}$   
 96 °C    279 °C    1,1070    1,1060

$C_{12}$      $AgH$      $AcH$      $AgH$      $F$      $G$   
 100 (g)    21 (g)    30 (g)    30 (g)    100 (g)    -1,201 (g)

MAK    R-Satz    S-Satz  
 22,54/27

## Acetaldehyd

Acetaldehyd, Ethanal      Ethanal

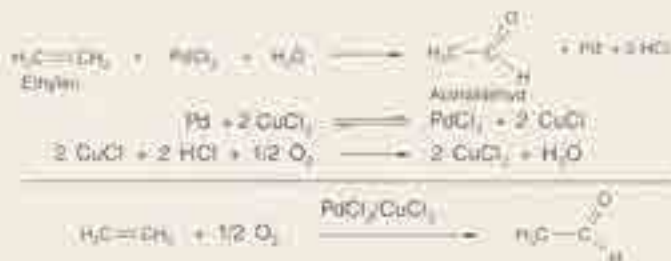
Ein farblos, wasserlösliches, sehr flüchtige und leichtentzündliche Flüssigkeit von stechendem Geruch, die sich mit Wasser und der meisten org. Solventen mischen läßt.

A) ist ein Zwischenprodukt in Stoffwechselvorgängen von Tier und Pflanze. Bei der alkoholischen Gärung (s. unten Ethanol) entsteht A) durch Decarboxylierung der Brenztraubensäure, um dann mittels NADH (s. unten Nicotinamidadenin-Dinucleotid) zum Endprodukt dem Ethanol hydriert zu werden.

Ausgrund seiner Reaktivität und Oxidationsempfindlichkeit kann A) sehr schwer nur in Spuren in frischem Frischz.B. im Obst vorfinden. A) läßt sich auch im Bier nachweisen.

Die leichteste Synthese von A) erfolgt früher durch Wasseranlagerung an Acetylen oder durch katalytische Dehydrierung von Ethanol. Verfabren, die heute keine Rolle mehr spielen, A) wird immer ausschließlich durch katalytische Oxidation von Ethylen hergestellt. Dabei kommt ein Zweikomponenten-Katalysator zur Anwendung (PdCl<sub>2</sub>-CuCl<sub>2</sub>-Chlorid), dessen Wirkungsweise im nachfolgenden Schema zum Ausdruck kommt.

Dieses Verfahren ist unter dem Namen *Wacker-Hydroxyacetaldehyd* bekannt. Durch Katalysierung mit PdCl<sub>2</sub> wird das Ethen für die Addition von Wasser aktiviert und spaltet sich als Ethyl an Pd, wobei Pd entsteht. Der Sauerstoff im A) stammt also aus Wasser. Dies O<sub>2</sub> dient nur zur Regenerierung von Cu.

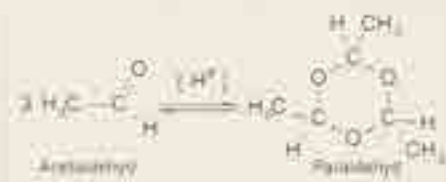


**Katalytische Desaturierung Ethylen zu Acetaldehyd**

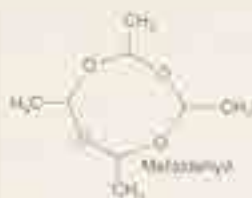
A) bildet 12, 14, folgende Azetrop:

Azotrop-Komponenten	Zusammensetzung (Gew.-%)	Siedepunkt (°C)
A) Ethylalkohol	76,0/24,0	21,3

A) oligomerisiert beim Anhitzen in exothermer Reaktion zu dem cyclischen Trimer *Paraldehyd* (6-Gliedring). Paraldehyd ist eine wasserklare Flüssigkeit mit unangenehmem Geruch, die sich bei 20 (C) in ca. 12 g/100 ml in Wasser löst und von der meisten org. Solventen unlöslich ist. Es ist ein cyclischer Acetal, ist also gegen Alkalien beständig, während beim Erhitzen mit Säure wieder A) freigesetzt wird. Paraldehyd ist deshalb eine bequeme Anwendungsform von A), die therapeutisch als Sedativum Verwendung findet (bei Krampfzuständen und Defizienten) und technisch als Lösungsmittel dient (Fette, Öle).



**Trimerisierung von Acetaldehyd**



Struktur von Maltose (1)

Ans. A: Stärkt sich in der Kälte mit (Hemmelsschwarz) und Calciumhydroxid von cyclischer Form (z. B. Abbildung) (es als Maltose) betrachtet wird und einen weichen kristallinen Feststoff darstellt. Es ist sehr giftig und wird als Lebensmittel verwendet. Dieser ist ein Disaccharid aus dem Handel („Zuckermaltose“).

A: gilt als die Aldehyd (typische Reaktionen von  $\alpha$ -Ketoaldehyden). Problem: Es besteht keine direkte chemische Anwendung, ist jedoch ein wichtiger Baustein für die Herstellung bestimmter Geruchstoffe, wobei vor allem zu nennen sind die (Ester) der Essigsäure, des Essigsureanhydrids, der Pentose und der Aceton.

und die (Ester) der Essigsäure, des Essigsureanhydrids, der Pentose und der Aceton.

Acetaldehyd ( $\alpha$ -Hydroxyacetaldehyd) ist eine wasserklare, etwas ölige Flüssigkeit von schwachem Geruch. Siedepunkt: 20 °C bei 1013 hPa. Löslich in Wasser und den meisten org. Solventen. Es entsteht bei der katalytischen Homopolymerisation des A. (s. Gleichung) und wird praktisch ausschließlich zur Herstellung von 1,4-Butandiol verwendet.



Homopolymerisation von Acetaldehyd

► A. ist giftig. Es wirkt sehr stark reizend auf Augen und Schleimhaut und ist krebserregend. Stoff ist instabil im Verdacht, zu zerfallen zu sein. A. ist leichtentzündlich. Lagerung bei 4 °C.

$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ,  $M_r = 44,05$ , C 54,51%, H 9,15%, O 36,32%

$T_{\text{Sch}}$ -123 °C	$T_{\text{Sied}}$ 21 °C	$\rho$ 0,79 g/cm <sup>3</sup>	$n_D^{20}$ 1,3266 (20 °C)
-----------------------------	----------------------------	----------------------------------	------------------------------

$C_p$ 99 J/(mol·K)	$\Delta_f H^\circ$ -166 kJ/mol	$\Delta_c H^\circ$ -1460 kJ/mol	$\Delta_f G^\circ$ -132 kJ/mol	$\Delta_c G^\circ$ -1177 kJ/mol
-----------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

$T_{\text{Sch}}$ 181 °C	$P_{\text{Sch}}$ 0,40 MPa	$\rho_{\text{Sch}}$	$n_{\text{Sch}}$
----------------------------	------------------------------	---------------------	------------------

STAK 91 min	B-Spektr. 12,06 (17-47)	S-Spektr. 2,16, 33, 30, 77
----------------	----------------------------	-------------------------------

## Acetaldehyddiethylacetal

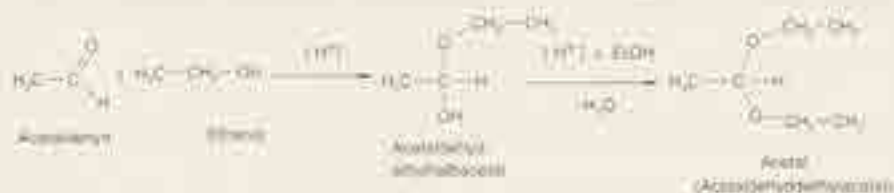
Acetaldehyddiethylacetal

Acetal

Eine wasserklare, angenehm riechende Flüssigkeit, die in Wasser wenig (bei 20 °C: 1 g/100 ml), in org. Solventen gut löslich ist. A. ist wie alle Acetale gegen Säuren unempfindlich, gegen Alkalien stabil (zum Acetalabbau s. auch unten: Di- $\alpha$ -Glykose).



A wird auf andere Weise aus 1-Acetaldehyd und Ethanol erhalten, wenn man Acetaldehyd einer Kohlung in eine Lösung von wasserfreier Calciumchlorid in Ethanol unterlegt. Man hält einen Tag bei Raumtemperatur stehen. Die unterste Oberphase aus A wird abstramiert und getrocknet (s. Gleichung).



Synthese von Acetal aus Acetaldehyd und Ethanol

A bildet u. a. folgende Acetate:

Acetat-Komponenten	Zusammensetzung (Gew.-%)	Siedepunkt (°C)
A/Chloroform	84,5/15,5	78,2
A/Wasser	83,7/14,3	82,6

A wird als Lösungsmittel verwendet (z. B. in der Farbstoff- und Präparatindustrie). Propaganda wird zu A als „Acetaldehyd“ bei positiven Aldehyd-Reaktionen gemacht. Technisch dient A als Treibstoffzusatz zur Erreichung der Oktanzahl (z. B. in 1-o-Heptan).

► A wirkt antiseptisch. Es ist nichtmutagen.

$\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$ ,  $M_r = 117,17$ , C 60,08%, H 11,04%, N 12,27, O 8,9%

$T_{\text{Sch}}$	$T_{\text{Sch}}$ 103 °C	$d_4^{20}$ (0,8) $\text{g cm}^{-3}$	$n_D^{20}$		
$c_p$ 238 $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	$A_1H$	$A_2H$ 38 $\text{J mol}^{-1}$	$A_3H$	$A_4$	$A_5$ 307 $\text{J mol}^{-1}$
MAK	R-Satz 11,36/36	S-Satz 9/16,33			

## Acetamid

Acetamid      Essigsäureamid

Bildet in reinem Zustand farb- und geruchlose, hygroscopische, nadelförmige Kristalle, die sich in Wasser sehr gut lösen (bei 20 °C 200 g/100 ml) und auch in vielen org. Solventen gut löslich sind.

Die Synthese von A gelingt durch Umsetzung von 1-Acetylchlorid oder 1-Essigsäureanhydrid mit 1-Aminomethan (s. Oberrichtung) oder einfach durch Erhitzen von 1-Aminomethan (s. Gleichung).



Acetanilid-Herstellung aus Acetylchlorid



Thermische Zersetzung von Acetanilid

A. bildet u. a. folgende Anomere:

Anomer-Komponente	Zusammensetzung (Gew.-%)	Siedepunkt (°C)
A. Benzaldehyd	8,5/93,5	178,6
A. Nitrobenzol	28,1/71,9	202,0

A. dient hauptsächlich als Lösungsmittel, weil es in geschlossenen Zirkeln für ungeschwächten Lösungsvorgang für anorganische und organische Substanzen aufweist. Es wird auch zur Isolierung verwendet, da A. in geringer Menge zugesetzt, die Löslichkeit in Wasser zweifache Verhältnisse deutlich erhöht. Präparativ eignet sich A. zur Darstellung von 1-Methylamin durch Hydrolyse zum Säureamidabbauprodukt.

► Siehe im Verdacht der zinnigen Wirklichkeit A. kann kumulative Wirkung auslösen.

$\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}$      $M_r = 135,16$     C 40,67%    H 8,55%    N 7,78%    O 22,99%

$t_{\text{Sch}}$   
82°C

$t_{\text{Sch}}$   
222°C

$d_4^{20}$   
1,16 g/cm<sup>3</sup>

$n_D^{20}$   
1,54

$C_p$   
94 (ca. -100)

$A_{\text{H}}$   
(5,7 + 100)

$A_{\text{H}}$   
(10 + 100)

$A_{\text{H}}$   
(10 + 100)

$\beta$   
(13 (ca. -100)

$M_r$   
= 135,16 g/mol

MAK  
40

R-Satz  
40

S-Satz  
30/37

## Acetanilid

Acetanilid                      N-Ethylacetamid

Bildet farblose, nadelartige Kristalle, die sich in Wasser gut lösen (bei 20 °C ca. 5 g/100 ml) lösen; jedoch gut löslich sind in der meisten organ. Solventen

Die Herstellung von A. kann durch Umsetzung von 1-Acetylchlorid (oder 1-Ethylacetamid) mit Anilin erfolgen (s. Gleichung)



## Synthese von Acetamid

A wurde früher zur Schmerz- und Fieberbekämpfung („Acetylidin“) verwendet, spürt heute jedoch wegen seiner starken Nibenzwirkungen kaum mehr. Es dient heute hauptsächlich als Syntheschritt in Pharmazeutika- und Farbstoffsynthesen. Es findet auch Verwendung als Stabilisator wässriger Weinschwefelwasser-Lösungen. In der Analytik ist A Standardsubstanz für Elementaranalyse und Schmelzpunktbestimmung. Außerdem wird A ferner verwendet als Weichmacher für Kunststoff und Harze.

Das 4-Hydroxy-Derivat von A, ist das als Analgetikum und Anästhetikum verwendende *Proparacetamol* (das entsprechend zum *Acetylsalicyl-Äther* durch Umsetzung mit 4-Aminophenol erhaltlich ist). *Paracetamol* soll nicht zusammen mit Stimulanzien (z. B. Coffein) genommen werden. Es wirkt durch eine Hemmung der Synthese der Prostaglandine. *Paracetamol* wird in der Leber zu *N-Acetyl-p-Aminoschwefelamin* metabolisiert und dann an Glutathion gebunden und renal ausgeschieden. Eine exzessive *Paracetamol*-Einnahme soll therapeutisch durch Verabreichung von *N-Acetylcystein* entgiftet.

Ein wichtiges A-Derivat ist auch das *Lokoin*, systematisch 2-Diäthylamino-2,6-dimethylacetophenon, das als Lokalanästhetikum heute das Procain fast verdrängt hat (s. Abbildung). Aus Lokoin erhielt 1958 der schwedische Chemiker F. K. Sjöström durch Umsetzung mit Benzylbromid und anschließende Fällung mit Benzocainin das *Dibucaine*-Derivat, das die am bittersten schmeckende Substanz (*Bitterstoff*) darstellt, die man heute kennt (s. Abbildung). Es ist unter der Handelsbezeichnung „*Bitter*“ im Markt und dient zum Schutz vor unersüßlichem Verzehr von zahlreichen kosmetischen und technischen Produkten und auch von Brompreparaten.

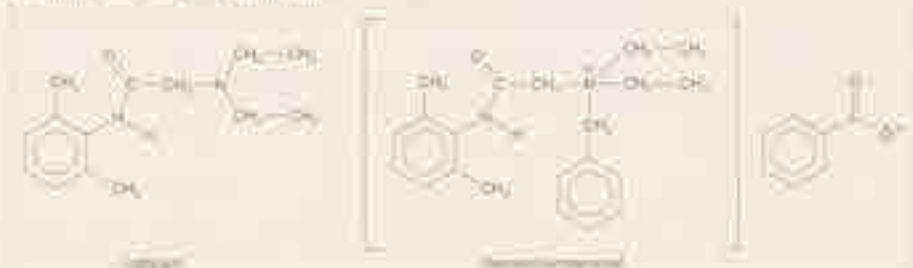


Abbildung 10.11: Lokoin, ein wichtiges Lokalanästhetikum, und Dibucaine, ein Bitterstoff. Die Abbildung ist hiermit dankend übernommen.

$\text{C}_{16}\text{H}_{21}\text{NO}$ $M_R = 235,36$ $\rho$ 1,1109 g/cm <sup>3</sup> $n_D^{20}$ 1,4671 $n_D^{25}$ 1,4659 $n_D^{30}$ 1,4645					
$T_{\text{Sch}}$ (13) °C	$T_{\text{Sch}}$ 304 °C	$d_4^{20}$ 1,227 g/cm <sup>3</sup>	$\eta$		
$C_p$ 179 g/mol	$\Delta H_f$	$\Delta H_v$	$\Delta H_{\text{Sch}}$ 399 J/mol	$\rho$	$Q_p$ -424 J/mol
MAK	R-Soll 20/1122	S-Soll 28			

## Acetessigsäure

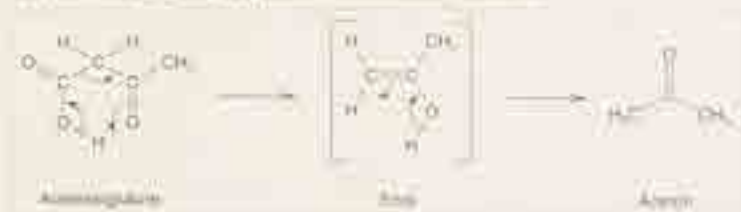
Acetoacetic acid

3-Oxobuttersäure

Bildet farbloses Kristalle, die sich in Wasser und Ethanol gut lösen.

A. wird industriell durch Veresterung von 1-Acetoxypropan-2-ylacetat mit einer Säure (z.B. Essigsäure) hergestellt (s. Abb. 11.110). Ersetzt man sich in 1-Acetoxypropan-2-ylacetat durch Ethylacetat, so erhält man Ethylacetoacetat (s. Abb. 11.111).

Diese thermische Laktamisation ist typisch für alle  $\beta$ -Keto-carbonsäuren. Für die leicht zerfallende Decarboxylierung (s. Abb. 11.112) des geringere cyclische Mechanismus (s. Abb. 11.113).



Decarboxylierung der Acetessigsäure

Nach dem erdigen cyclischen Mechanismus verhalten sich die Malonester (s. Malonester-Synthese unter 1-Molekülarbäthyläther) sowie die alkylierten Acetoacetate (s. Ketonspaltung unter 1-Acetoxypropan-2-ylacetat).

Die A. wird praktisch nur zur organischen Synthese verwendet.



## Acetessigsäureanilid

Acetoacetanilide

Bildet ein farb- und geruchloses kristallines Pulver, das sich in Wasser nur sehr wenig (bis) löst, gut löslich in vielen org. Solventen sowie in Alkoholen.

Wässrig-ethanolische Lösungen färben sich mit 1-Eisen(III)-chlorid violett. Zur Synthese von A. eignet sich die Umesterung von Diäthan (s. unter 1-Keton) mit Anilin (s. Abb. 11.114).



Herstellung von Acetessigsäureanilid

A. ist ein Synthesebausatz, z. B. zur Herstellung von Farbstoffen.

