



Chalkogene: Sauerstoff

Prof. Dr. Dr. h.c. Thomas M. Klapötke

10. Dezember 2025

Sauerstoff und Ozon

Anorganische Experimentalchemie



https://www.eurekalert.org/pub_releases/2018-01/uarl-erg010318.php

Public Release: 3-Jan-2018

Environmentally safe red glare rocket changes fireworks, soldier technology

U.S. Army Research Laboratory



IMAGE: US and German researchers teamed to develop an environmentally-friendly red light flare. The formula is a lithium-based red-light-emitting pyrotechnic composition of high purity and color quality, and avoids a... [view more](#)

Credit: Dr. Jesse J. Sabatini, ARL

Researchers at the U.S. Army Research Laboratory and the Ludwig Maximilian University in Munich, Germany have developed an environmentally-friendly red light flare popular in fireworks displays and among Soldiers who use them in training and battlefield operations as signaling devices.

The formula is a lithium-based red-light-emitting pyrotechnic composition of high purity and color quality, and avoids a list of environmentally-objectionable elements, namely strontium and chlorinated organic materials, both considered hazardous to humans.



Weapons and Materials Research Directorate (WMRD)

Survivability & Lethality Analysis Directorate (SLAD)

Pyrotechnics

International Edition: DOI: 10.1002/anie.201710746

German Edition: DOI: 10.1002/ange.201710746

A Strontium- and Chlorine-Free Pyrotechnic Illuminant of High Color Purity*Johann Glück, Thomas M. Klapötke,* Magdalena Rusan, Jesse J. Sabatini,* and Jörg Stierstorfer*

Abstract: The development of a red-light-emitting pyrotechnic illuminant has garnered interest from the pyrotechnics community owing to potential regulations by the United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) regarding the use of strontium and chlorinated organic materials. To address these environmental regulatory concerns, the development of lithium-based red-light-emitting pyrotechnic compositions of high purity and color quality is described. These formulations do not contain strontium or chlorinated organic materials. Rather, the disclosed formulations are based on a non-hygroscopic dilithium nitrogen-rich salt that serves as both oxidizer and red colorant. These formulations are likely to draw interest from the civilian fireworks and military pyrotechnics communities for further development as they both have a vested interest in the development of environmentally conscious formulations.

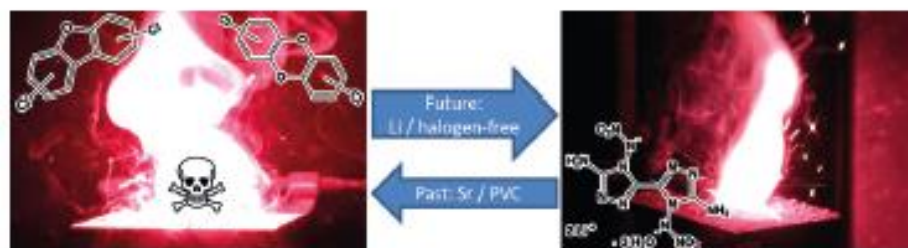


Figure 1. Comparison of a strontium/PVC-containing formulation and lithium/chlorine-free formulation **B**.

Tabelle 9-1. Physikalische und atomare Eigenschaften von Sauerstoff.

Massenanteil i. d. Erdkruste/% *	49.4
Atommasse/g mol ⁻¹	15.9994
Anzahl d. natürl. Isotope (rel. Häufigkeit/%)	3 (¹⁶ O: 99.76, ¹⁷ O: 0.04, ¹⁸ O: 0.20)
Kernspin <i>I</i> (¹⁷ O)	5/2
<i>r</i> _{kov} /pm	66
<i>d</i> (O=O)/pm	121
Dissoziationsenergie (O ₂ (g) → 2 O(g))/kJ mol ⁻¹	496
<i>I</i> /eV	13.62
<i>A</i> /eV	1.5
χ _{AR}	3.5
Fp./ °C	−218.8
Kp./ °C	−183.0
Dichte bei −252 °C/g cm ⁻³	1.426
Löslichkeit in H ₂ O/cm ³ L ⁻¹	3.08 (bei 20 °C)

* bis 16 km Tiefe, einschließlich Atmosphäre und Hydrosphäre

Versuch:

O₂-Nachweis in der Luft

Ag₂O →

Verbrennung in O₂-Atmosphäre

Oxidationen: P₄, S₈, Ca, Mg, Fe

Rosten

CO₂ in Atemluft

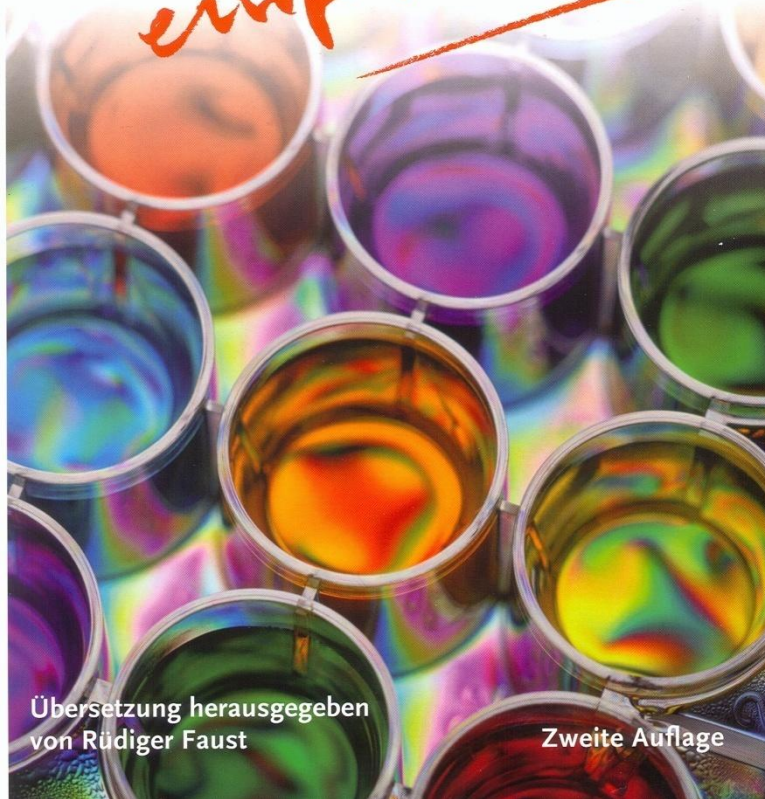
Ölbrenner

Peter W. Atkins, Loretta Jones

 WILEY-VCH

Chemie

einfach alles



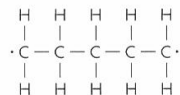
Übersetzung herausgegeben
von Rüdiger Faust

Zweite Auflage

Ein älterer, aber immer noch häufig benutzter Begriff für Radikale ist „freie Radikale“.

Zur Rolle von Radikalen bei der Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht s. Exkurs 13-3.

In einem echten Diradikal ist die relative Orientierung der beiden Elektronenspins rein zufällig; im Sauerstoffmolekül sind beide Spins parallel ausgerichtet.



22 Diradikal



23 Sauerstoffmolekül O_2

2.3.1 Radikale und Diradikale

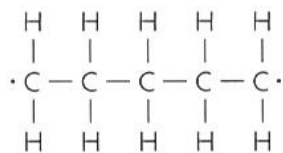
Einige Moleküle haben eine ungerade Zahl von Elektronen, daher kann wenigstens eines ihrer Atome kein Oktett haben. Moleküle oder Atome mit unpaarten Elektronen heißen **Radikale**. Im Allgemeinen sind Radikale sehr reaktiv. Ein Beispiel dafür ist das Methylradikal $\cdot\text{CH}_3$, das so reaktiv ist, dass es nicht dauerhaft gelagert werden kann. Methylradikale treten z. B. bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen wie dem Benzin auf. Das ungepaarte Elektron wird wie bei $\cdot\text{CH}_3$ durch einen Punkt wiedergegeben.

Radikale sind von entscheidender Bedeutung für chemische Reaktionen in der oberen Atmosphäre, wo sie zur Bildung und dem Abbau von Ozon beitragen. Sie spielen auch für unser tägliches Leben eine Rolle, manchmal auch eine nachteilige. So verursachen Radikale das Ranzigwerden von Lebensmitteln und den Abbau von Kunststoffen im Sonnenlicht. Die Schädigung von Radikalen kann durch **Antioxidantien** vermindert werden, die schnell mit den Radikalen reagieren, bevor diese mit anderen Molekülen reagieren können. Auch an Alterungsprozessen bei uns Menschen sind Radikale mit beteiligt. Antioxidantien wie die Vitamine C und E können diesen Prozess aber verlangsamen (s. Exkurs 2-1).

Diradikale sind Moleküle oder Atome mit zwei ungepaarten Elektronen. Bei Molekülen halten sich die beiden Elektronen gewöhnlich nicht am gleichen Atom auf (wie in 22). In diesem Diradikal ist ein ungepaartes Elektron an einem C-Atom der Kette lokalisiert und das andere an einem anderen, das mehrere Bindungen weit entfernt ist. In einigen Fällen halten sich beide Elektronen aber doch am gleichen Atom auf. Eines der wichtigsten Beispiele hierfür ist das Sauerstoffatom, das die Elektronenkonfiguration $[\text{He}]2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ aufweist, die Lewis-Formel lautet also $\cdot\ddot{\text{O}}\cdot$. Das Atom weist damit zwei ungepaarte Elektronen auf und kann als Diradikal angesehen werden.

Obwohl das aus der Lewis-Formel nicht sofort ersichtlich ist, ist molekularer Sauerstoff O_2 ebenfalls ein Diradikal. Die plausibelste Lewis-Formel scheint zwar zunächst $\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{O}}$ zu sein, experimentell wurde aber nachgewiesen, dass diese Formel die elektronische Struktur nicht korrekt wiedergibt. Vielmehr sind zwei der Elektronen, die diese Formel als Bindungselektronenpaar darstellt, nicht miteinander gepaart. O_2 ist also wirklich eine Art Diradikal mit je einem ungepaarten Elektron an jedem O-Atom. Daher wird die Lewis-Formel dieses Moleküls manchmal wie in (23) geschrieben. Das Modell von Lewis kann die Bindungsverhältnisse im Sauerstoffmolekül also nicht richtig wiedergeben, wir werden aber in Abschnitt 3.3.2 sehen, dass dies mit modernen Bindungstheorien gelingt.

In einem echten Diradikal ist die relative Orientierung der beiden Elektronenspins rein zufällig; im Sauerstoffmolekül sind beide Spins parallel ausgerichtet.



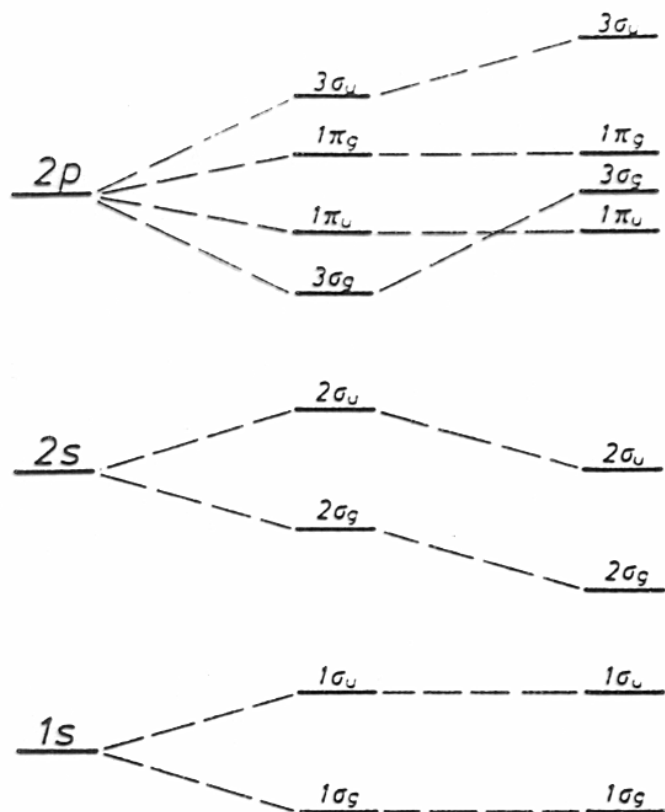
22 Diradikal



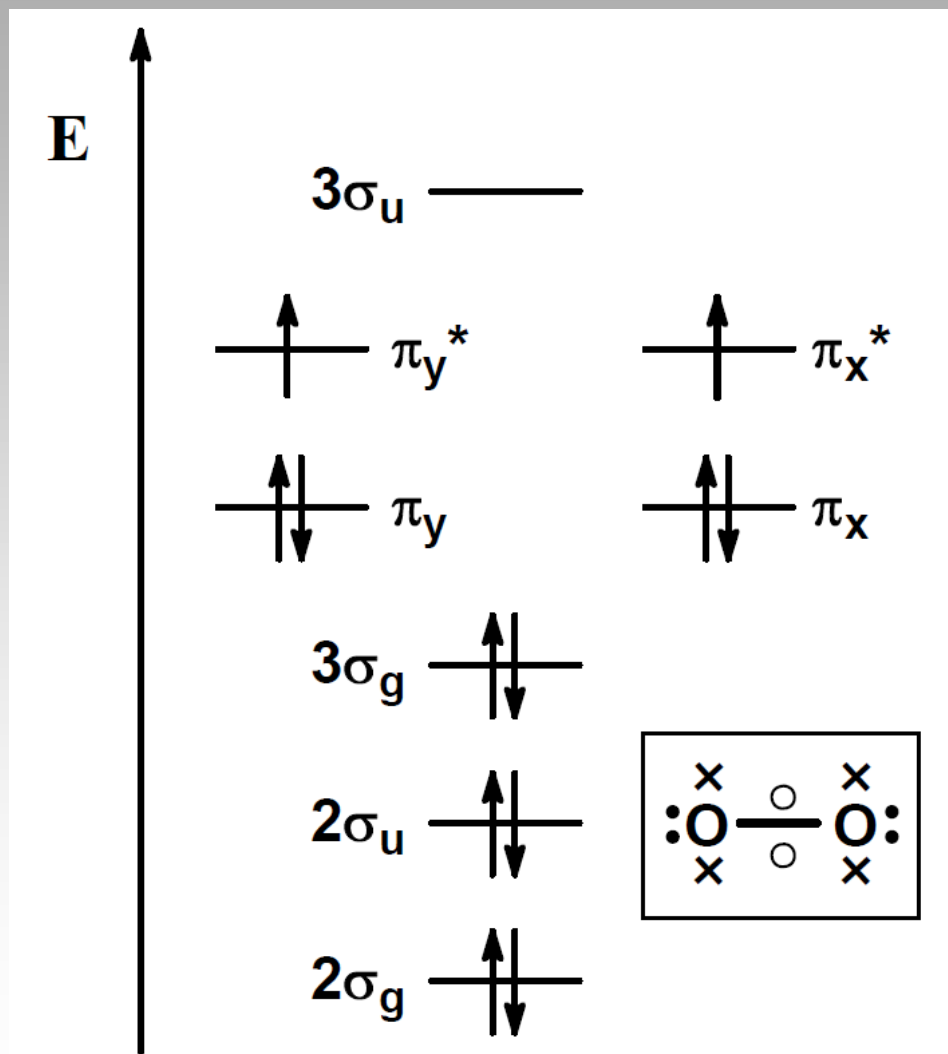
23 Sauerstoffmolekül O₂

Diradikale sind Moleküle oder Atome mit zwei ungepaarten Elektronen. Bei Molekülen halten sich die beiden Elektronen gewöhnlich nicht am gleichen Atom auf (wie in 22). In diesem Diradikal ist ein ungepaartes Elektron an einem C-Atom der Kette lokalisiert und das andere an einem anderen, das mehrere Bindungen weit entfernt ist. In einigen Fällen halten sich beide Elektronen aber doch am gleichen Atom auf. Eines der wichtigsten Beispiele hierfür ist das Sauerstoffatom, das die Elektronenkonfiguration $[\text{He}]2s^22p_x^22p_y^12p_z^1$ aufweist, die Lewis-Formel lautet also $\cdot \ddot{\text{O}} \cdot$. Das Atom weist damit zwei ungepaarte Elektronen auf und kann als Diradikal angesehen werden.

Obwohl das aus der Lewis-Formel nicht sofort ersichtlich ist, ist molekularer Sauerstoff O₂ ebenfalls ein Diradikal. Die plausibelste Lewis-Formel scheint zwar zunächst $\ddot{\text{O}} = \ddot{\text{O}}$ zu sein, experimentell wurde aber nachgewiesen, dass diese Formel die elektronische Struktur nicht korrekt wiedergibt. Vielmehr sind zwei der Elektronen, die diese Formel als Bindungselektronenpaar darstellt, nicht miteinander gepaart. O₂ ist also wirklich eine Art Diradikal mit je einem ungepaarten Elektron an jedem O-Atom. Daher wird die Lewis-Formel dieses Moleküls manchmal wie in (23) geschrieben. Das Modell von Lewis kann die Bindungsverhältnisse im Sauerstoffmolekül also nicht richtig wiedergeben, wir werden aber in Abschnitt 3.3.2 sehen, dass dies mit modernen Bindungstheorien gelingt.



MO-Energie-Niveaus in zweiatomigen homonuklearen Molekülen.



STATE	ORBITAL ASSIGNMENT	LEWIS STRUCTURE	WAVE FUNCTION
$^1\Sigma_g^+$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{---} \end{array}_{\pi_x} \begin{array}{c} \downarrow \\ \text{---} \end{array}_{\pi_y}$	$\begin{array}{c} :\ddot{\text{O}}: \ddot{\text{O}}: \\ \uparrow \quad \downarrow \end{array}$	$\pi_x(1) \alpha(1) \pi_y(2) \beta(2)$
$^1\Delta_g$	$\begin{array}{c} \uparrow\downarrow \\ \text{---} \end{array}_{\pi_x} \begin{array}{c} \text{---} \\ \text{---} \end{array}_{\pi_y}$	$\begin{array}{c} :\ddot{\text{O}}: \ddot{\text{O}}: \\ \uparrow\downarrow \end{array}$	$\pi_x(1) \alpha(1) \pi_x(2) \beta(2)$
$^3\Sigma_g^-$	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \text{---} \end{array}_{\pi_x} \begin{array}{c} \uparrow \\ \text{---} \end{array}_{\pi_y}$	$\begin{array}{c} :\ddot{\text{O}}: \ddot{\text{O}}: \\ \uparrow \quad \uparrow \end{array}$	$\pi_x(1) \alpha(1) \pi_y(2) \alpha(2)$

Primitive representations of molecular oxygen lowest singlet and triplet states.

- fail to take into account e^- indistinguishability (interchanges of indices 1 and 2)
- are symmetric
 $\sim p = +1$!

$$\underline{P}(1,2) \psi = p \psi$$

		$L_z (M_L)$	$S_z (M_S)$	
$\uparrow\downarrow$	—	-2	0	$\psi_1 = x\alpha x\beta \quad {}^1\Delta_g$
$\uparrow$	$\uparrow$	0	1	$\psi_2 = x\alpha y\alpha \quad {}^3\Sigma_g^-$
$\uparrow$	$\downarrow$	0	0	$\psi_3 = x\alpha y\beta \quad {}^3\Sigma_g^-$
$\downarrow$	$\uparrow$	0	0	$\psi_4 = y\alpha x\beta \quad {}^3\Sigma_g^+$
$\downarrow$	$\downarrow$	0	-1	$\psi_5 = x\beta y\beta \quad {}^3\Sigma_g^-$
—	$\uparrow\downarrow$	2	0	$\psi_6 = y\alpha y\beta \quad {}^1\Delta_g$

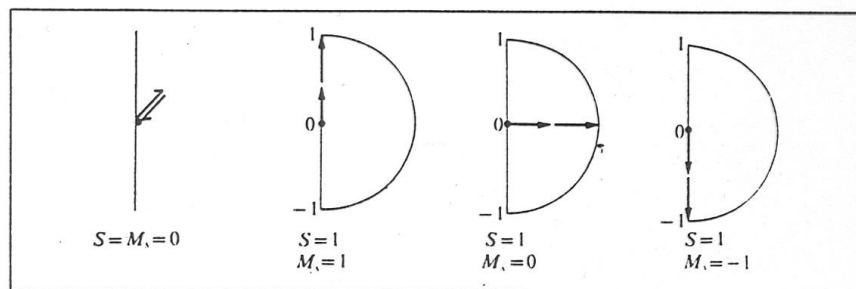
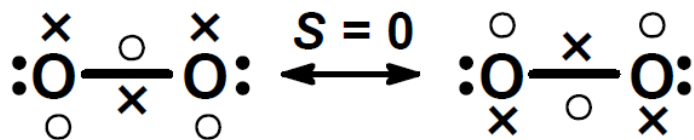


Fig. 5.5. Vektordiagramm für die Spinzusammensetzung. Antiparallele Kopplung („Paarung“) ergibt nur einen Zustand ($S=0$). Parallele Kopplung ergibt den Gesamtspin $S=1$; durch Anlegen eines Magnetfeldes (vertikale Richtung) nimmt die quantisierte Komponente in Feldrichtung die drei möglichen Werte $M_s = 1, 0, -1$ an. Der Triplett-Zustand wird durch ein Feld in drei Zustände mit etwas unterschiedlichen Energiewerten aufgespalten.

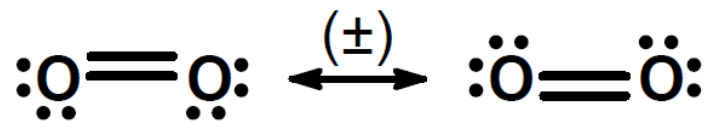


$$\begin{aligned}\psi_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} x(1)\alpha(1) & x(2)\alpha(2) \\ x(1)\beta(1) & x(2)\beta(2) \end{vmatrix} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} [x(1)\alpha(1)x(2)\beta(2) - x(1)\beta(1)x(2)\alpha(2)] \\ \psi_3 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} x(1)\alpha(1) & x(2)\alpha(2) \\ y(1)\beta(1) & y(2)\beta(2) \end{vmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \dots \\ \psi_4 &= \dots = \frac{1}{\sqrt{2}} [x(1)\beta(1)y(2)\alpha(2) - y(1)\alpha(1)x(2)\beta(2)] \\ \psi_3 &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\psi_3 + \psi_4) \quad \psi_4 = \frac{1}{\sqrt{2}} (\psi_3 - \psi_4)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\psi_3 &= \frac{1}{2} \left[x(1)\alpha(1)y(2)\beta(2) - x(2)\alpha(2)y(1)\beta(1) + \right. \\ &\quad \left. x(1)\beta(1)y(2)\alpha(2) - x(2)\beta(2)y(1)\alpha(1) \right] \\ &= \frac{1}{2} [x(1)y(2) - x(2)y(1)] [\alpha(1)\beta(2) + \alpha(2)\beta(1)] \\ \psi_4 &= \frac{1}{2} [\quad + \quad] [\quad - \quad] \\ \psi_3 &\Rightarrow {}^3\Sigma_g^- \quad \psi_4 \Rightarrow {}^1\Sigma_g^+\end{aligned}$$

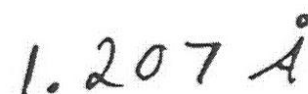
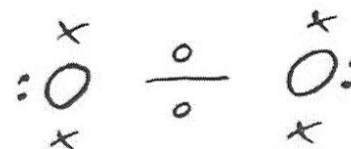
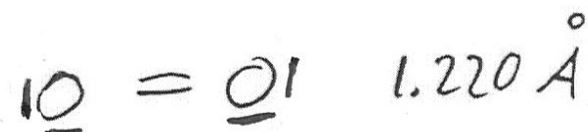
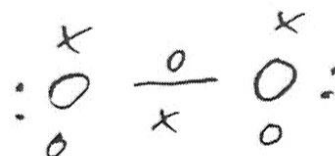
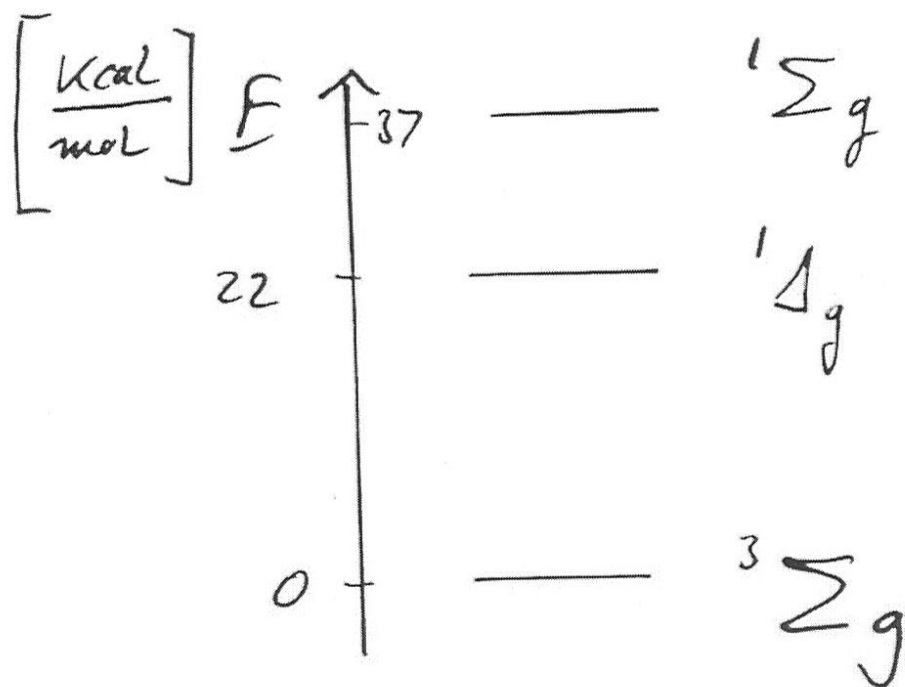
A ($^3\Sigma_g^-$)B ($^1\Delta_g$)

C



D

MO



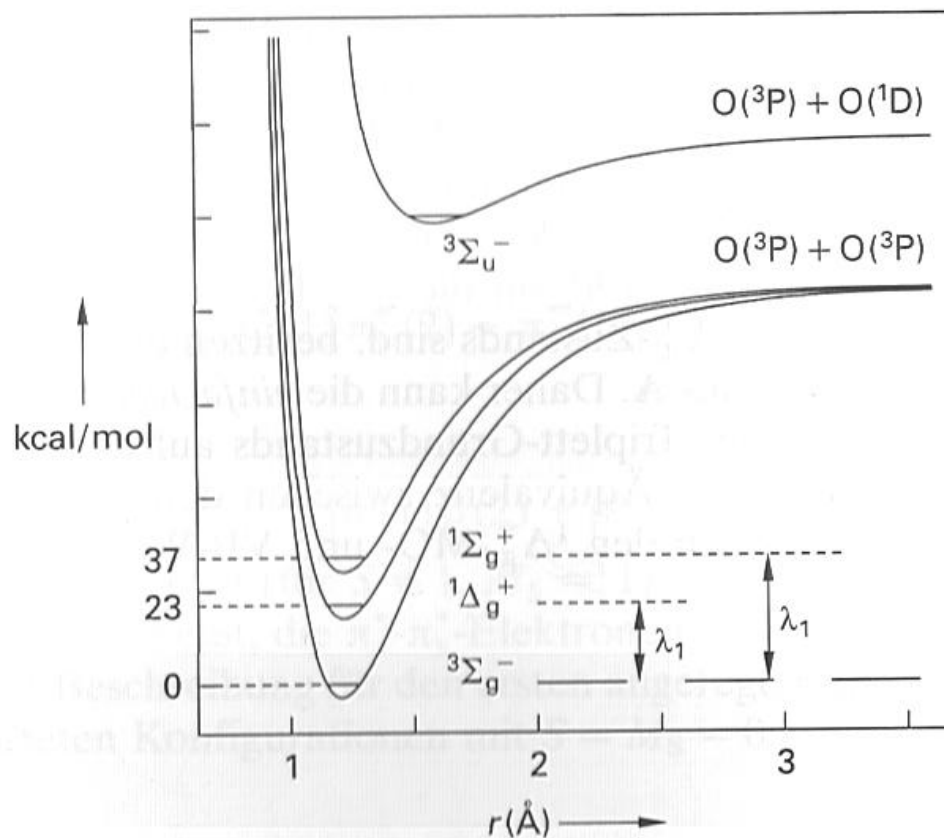
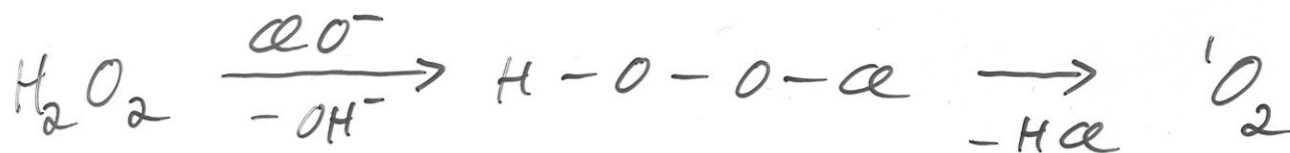
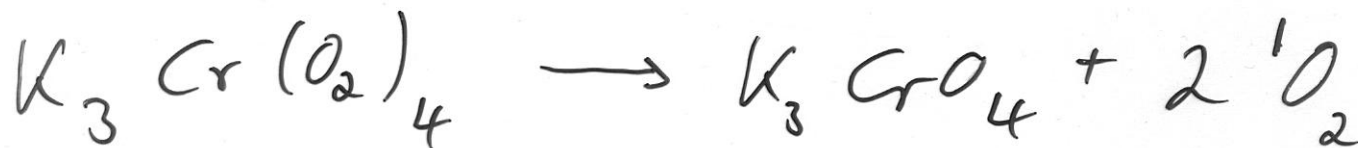


Abb. 1.24 Potentialkurven für das O_2 -Molekül in den niedrigsten elektronischen Zuständen.

$$\Delta E = h \nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$22 \text{ kcal mol}^{-1} \cong 92 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cong 1.53 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E} = 1.3 \times 10^{-7} = 130 \text{ nm}$$





Versuch:

O₂ (l) und N₂ (l)

Dichte

Kondensation

glühendes Anthrazit

LOX+Kohle

	O ₂	N ₂
b.p./°C	-183	-196
ρ(l@b.p)/ g cm ⁻³	1.141	0.808

MO vs. VB

O_2 , O_2^+ , O_2^- und O_2^{2-}

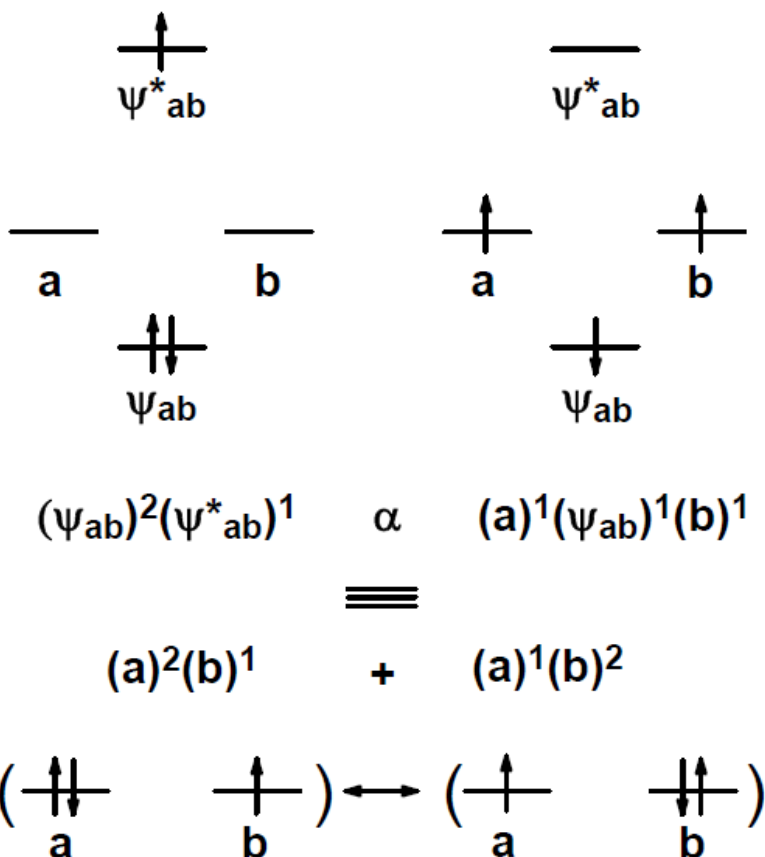
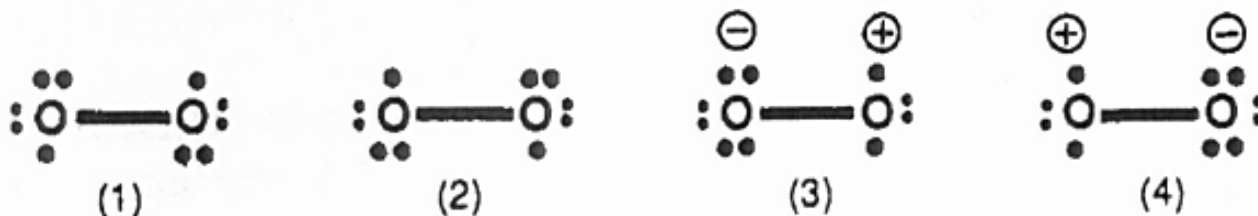


Abb. 1.17 Orbital-Diagramm für

$$|\Psi_{ab}^{\alpha} \Psi_{ab}^{\beta} \Psi_{ab}^{*\alpha}| \propto |a^{\alpha} \Psi_{ab}^{\beta} b^{\alpha}| = |a^{\alpha} a^{\beta} b^{\alpha}| + k |a^{\alpha} b^{\beta} b^{\alpha}| \quad (\text{mit } k = 1) \quad [24,32(h,i,j)].$$



====Hiberty Weight====

0.4089

0.4089

0.0911

0.0911

$$E = -147.68027540 \text{ a.u.}$$

R D Harcourt, J. Phys. Chem. 1992, 96, 7616-7619



Number of electron groups = 2

Maximum macro-iterations = 12

Restart calculation(0/1/2)= 0

Group# 1 2

Num. of electrons 10 6

Num. of spins 0 2

Num. of orbitals 5 4

Method# 1 2

SYMBOLIC VB STRUCTURE(S) OF GROUP 2

STR. NO. RUMER PATTERN

1 1 1 4 4 2 3

2 2 2 3 3 1 4

3 1 1 2 2 3 4

4 3 3 4 4 1 2

\$02VBSTR

12

3 6 1 1 5 5 2 4

3 6 2 2 4 4 1 5

3 6 1 1 2 2 4 5

3 6 4 4 5 5 1 2

1 1 3 3 5 5 2 4

2 2 3 3 4 4 1 5

1 1 5 5 6 6 2 4

2 2 4 4 6 6 1 5

1 1 2 2 3 3 4 5

3 3 4 4 5 5 1 2

1 1 2 2 6 6 4 5

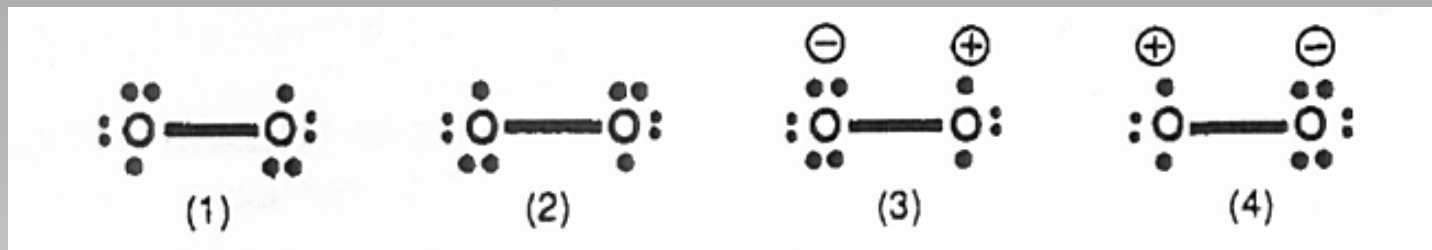
4 4 5 5 6 6 1 2

\$AOGROUP

6

3 4 5 8 9 10

2 2 2 2 2 2



+ 8 σ resonance structures

====Hiberty Weight====

0.2551 0.2551 0.0728 0.0724 0.0474 0.0474 0.0468 0.0468 0.0018 0.0765
 0.0761 0.0017

$$E = -147.73855863 \text{ a.u.}$$

$$\Delta E = -36.5 \text{ kcal mol}^{-1}$$



Literatur:

Nichtmetallchemie,
in: Moderne Anorganische Chemie, E. Riedel (ed.), 3rd edition,
T. M. Klapötke,
Walter de Gruyter, Berlin, New York, **2007**, chapter 1.3, pp 41 – 53.

Pauling Three-Electron Bonds and Increased Valence Structures as Components
of the “Intellectual Heritage” of Qualitative Valence Bond Theory,
R. D. Harcourt, T. M. Klapötke, *Research Trends.Inorg. Chem.* **2006**, 9, 11 - 22.

R D Harcourt, J. Phys. Chem. **1992**, 96, 7616-7619.



Versuch: Singulett-Sauerstoff

Ozon - O₃

Eigenschaften von Ozon

	O ₃	O ₂
b.p. / °C	-110.5	-183.0
m.p. / °C	-192.5	-218.8
density / g/cc	1.354 @-119.4°C	
	1.728 @-195.8°C	1.426 @-252°C
d(O-O) / Å	1.278	1.21
<(OOO) / °	116.8	--
ΔH_f° / kcal mol ⁻¹	+34.2	0.0



Versuch:

Einleitung in KI Lösung (V10.1), Nachweis durch Stärke

thermolytische Zersetzung (V10.2)

katalytische Zersetzung (V10.3)

Quecksilberspiegel (V10.4)

Ozon mit Silberlöffel (V10.5)

Bleisulfid + Ozon (V10.6)

Ozon + MnSO_4 (V10.7)

Entfärben von Indigo (V10.8)

Ozon in Luftballon (V10.9)

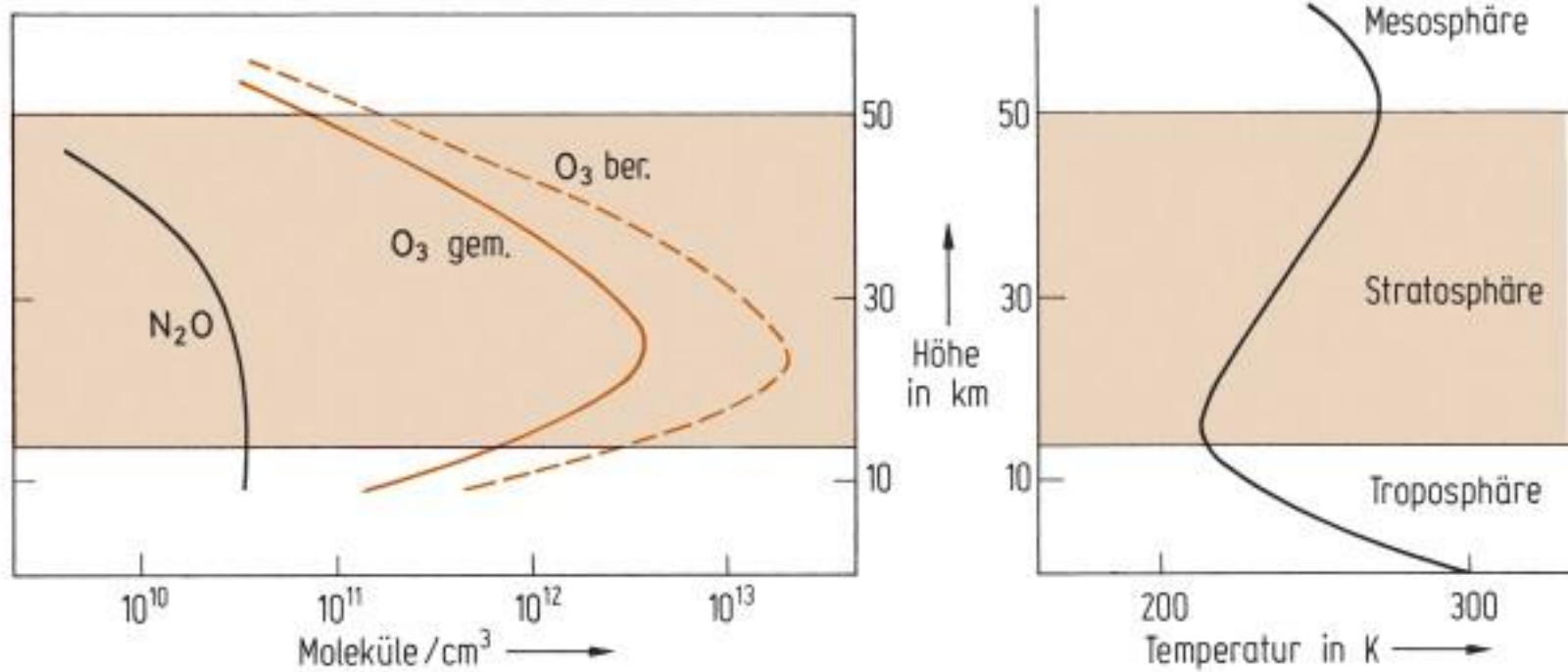
Ether + Ozon (V10.10)

Bildung und Abbau von Ozon



Das gebildete Ozon kann durch Photolyse oder durch Reaktion mit weiteren O-Atomen wieder zerstört werden:





© 2007 Walter de Gruyter, Riedel/Janiak: Anorganische Chemie.

Bildung von Ozon (Labor)

Ozon bildet sich bei Einwirkung stiller elektrischer Entladungen auf Sauerstoff (Siemens'scher Ozonisator). Die O_3 -Bildung erfolgt nur teilweise über Sauerstoffatome.



Auch angeregte O_2 -Moleküle reagieren zu O_3 .

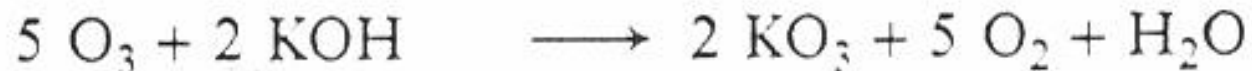


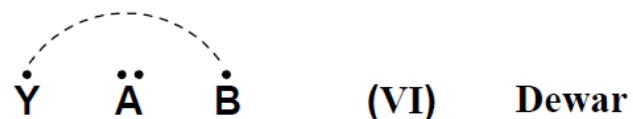
Da Ozon durch die schnelle Folgereaktion



abgebaut wird, erhält man nur O_3 -Volumenanteile von 10 %. Durch fraktionierende Kondensation kann man aber aus den O_2 - O_3 -Gemischen reines O_3 darstellen.

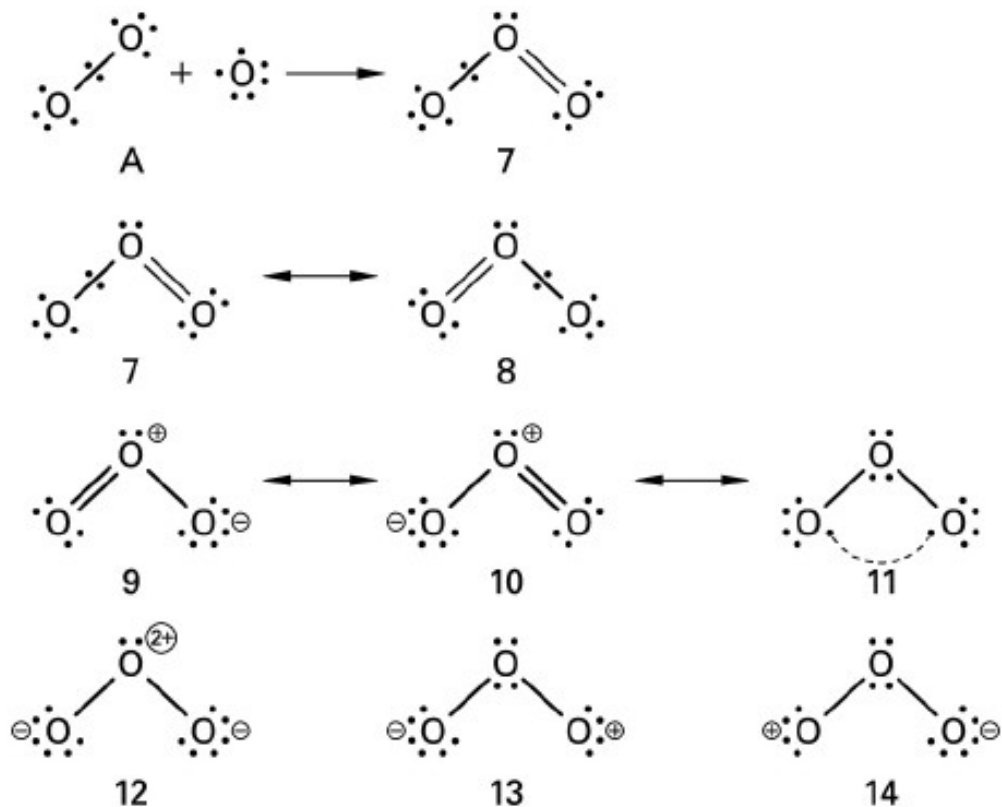
Typische Reaktionen von Ozon (Labor)





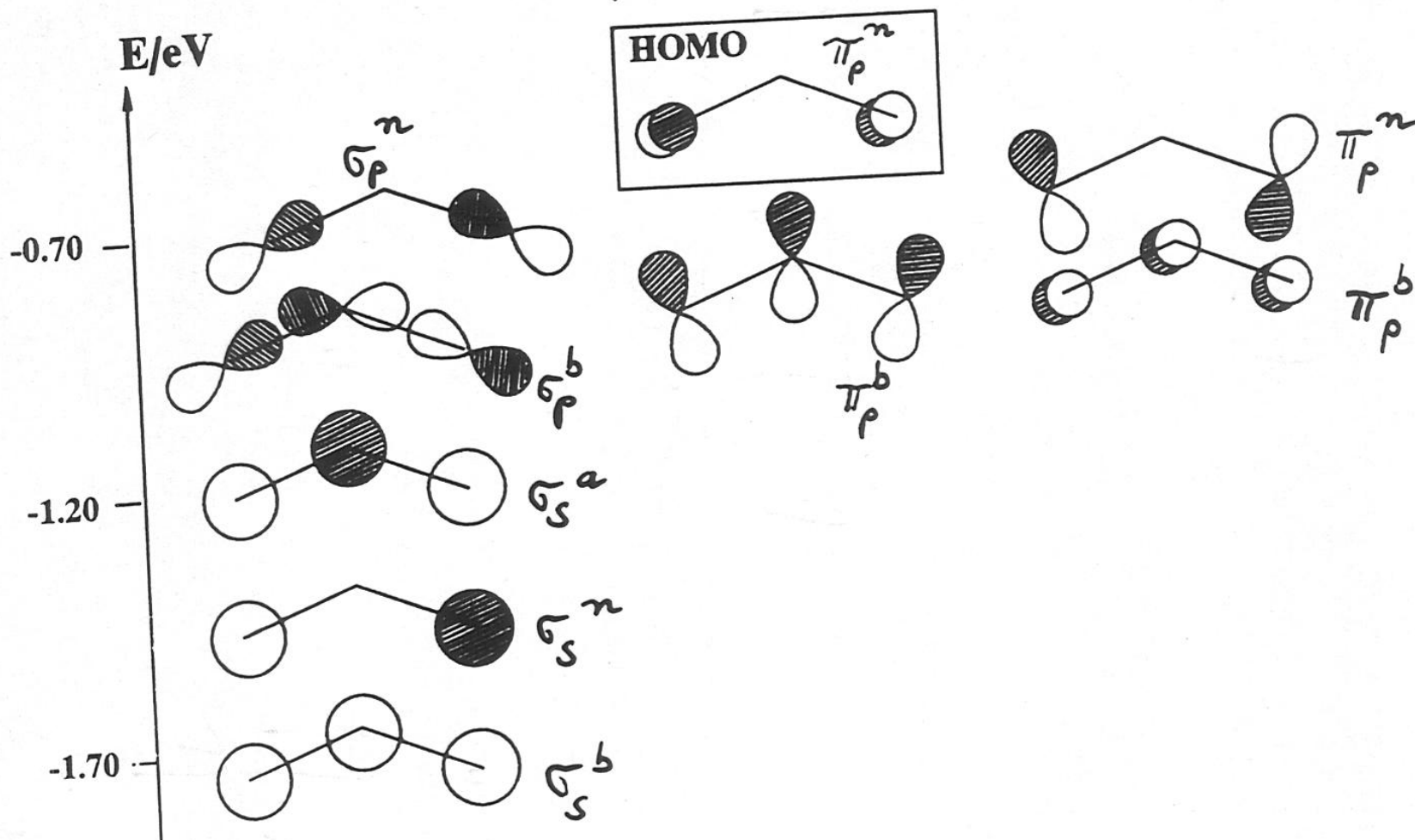
Schema 1.1 $S = 0$ Spin kanonische Lewis-Strukturen für eine Vier-Elektronen-drei-Zentren-Bindung (ohne Formalladungen) [24,28c,31,32(b,g,h,j,p)].

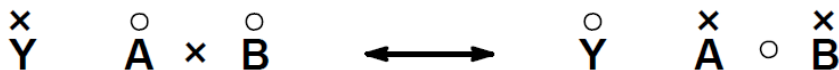
Ozon: VB



VB-Resonanzstruktur	Hiberty-Gewicht, O_3 -Grundzustand STO-3G
9	0.13
10	0.13
11	0.70
12	0.01
13	0.01
14	0.01

Ozon: MO





Spinpaarung für eine fraktionale Y — A und Y — B Bindung

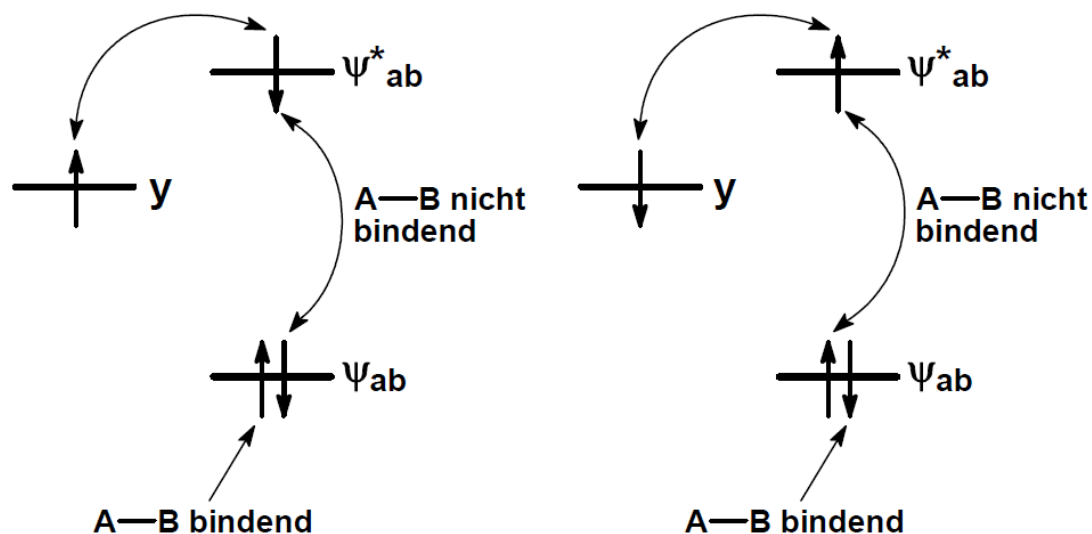


Abb. 1.18 Orbitalbesetzungen und bindende Eigenschaften für die H-L increased-valence Struktur **4** unter Vernachlässigung des AO Überlappungsintegrals $\langle a|b \rangle$ für die Normierungskonstanten für Ψ_{ab} und Ψ^*_{ab} . Wenn $\langle a|b \rangle$ berücksichtigt wird, sind die beiden A—B nicht bindenden Elektronen, mit parallelen Spins antibindend [24,28c(iii),32j].



For SO_2 , Stefan and Janoschek [54] have “ruled out” [54] speculations about four-electron three-centre bonding for the π electrons, singlet diradical structures and increased-valence structures. As Eq. (A.13) shows, the MO description of a four-electron three-centre bonding unit includes the singlet diradical structure **VI**.

In contrast to what is claimed by Stefan and Janoschek [54], the singlet diradical structure is not an “artifact of qualitative VB theory [54]”.

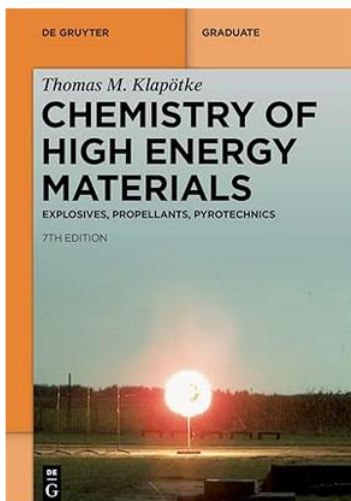
[54] J. Stefan, R. Janoschek, J. Mol. Model 6 (2000) 282.

Richard D. Harcourt^{a,*,1}, Thomas M. Klapötke^{b,*}

Journal of Fluorine Chemistry 123 (2003) 5–20



Gekauft am 20. Mai 2025 [Bestellung anzeigen](#)



Chemistry of High-Energy Materials: Explosives, Propellants, Pyrotechnics (De Gruyter Textbook)

Englisch Ausgabe | von **Thomas M. Klapötke** (Autor)

5,0 (1)

Chemistry of High-Energy Materials continues in this new and revised 7th edition to provide fundamental scientific insights into primary and secondary explosives, propellants, rocket fuels and pyrotechnics. It expands with new research developments, including machine learning, new programs (e.g., RoseBoom), the production of propellants, supply of energetic materials in times of war, and flow chemistry. This work is of interest to advanced students in chemistry, materials science and engineering, as well as to all those working in military and defense technology.

[Ein Problem mit diesem Produkt melden](#)

Seitenzahl der
Print-Ausgabe



631 Seiten

Sprache



Englisch

Herausgeber



De Gruyter

Erscheinungstermi
n



2. Juni 2025

Abmessungen



16.99 x 3.23 x
24.41 cm

[Alle Details anzeigen](#)

Paperback
88,97 €

prime

Weitere in den Kategorien Gebraucht und Neu ab 83,04 €

-11 % 88⁹⁷ €

UVP: 99,95€

Preisangaben inkl. USt. Abhängig von der Lieferadresse kann die USt. an der Kasse variieren. [Weitere Informationen.](#)

prime 1-Tages-Lieferung

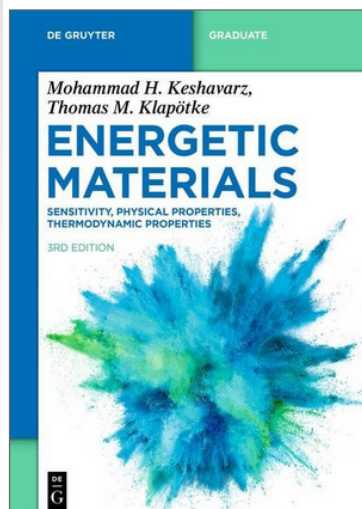
KOSTENFREIE Retouren

GRATIS Lieferung Morgen, 4. Dezember.
Bestellung innerhalb **4 Std. 46 Min.**

Liefern an Dr. - 81377 Muenchen

Nur noch 7 auf Lager (mehr ist unterwegs).

Menge: 1



Energetic Materials

Sensitivity, Physical Properties, Thermodynamic Properties - Großformatiges Paperback. Klappenbroschur von Keshavarz, Mohammad Hossein | Klapötke, Thomas M.

Buch (Kartonierte, Paperback)

EUR **79,95**

Buch
EUR 79,95

E-Book
EUR 79,95

In den Warenkorb



Lieferzeit ca. 7 - 18 Werktage

DE GRUYTER

**ENERGETIC
MATERIALS
ENCYCLOPEDIA**

2ND EDITION

VOLUME 1-3

DE
G

Klapötke, Thomas M.

[Set Energetic Materials Encyclopedia, vol 1-3]**650,00 €***

Preise inkl. MwSt., ggf. zzgl. Versandkosten

● **In Vorbereitung**Falls Sie eine Lieferung außerhalb DE, AT oder CH wünschen, nutzen Sie bitte unser [Kontaktformular](#) für eine Anfrage.