

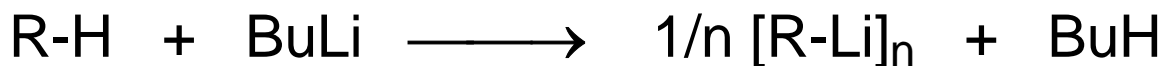
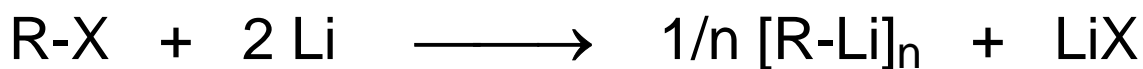
2. Metallorganische Chemie ausgewählter Elemente des s- und p-Blocks

2.1 Lithiumorganyle

Wichtigste Darstellungsmethoden:

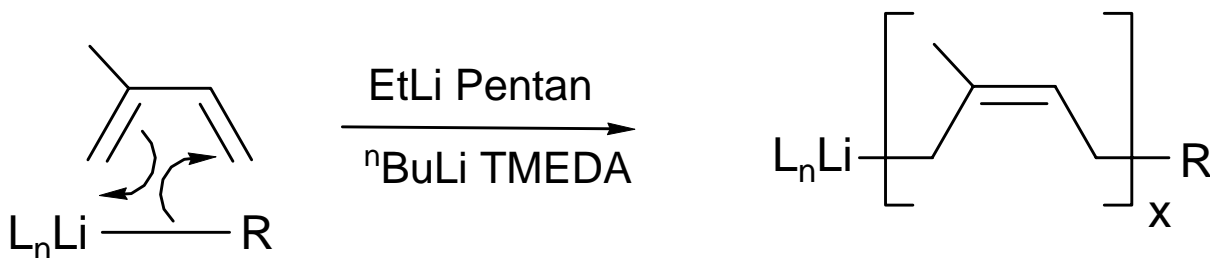
Direktsynthese oder Lithiierung CH-acider

Verbindungen mit ${}^n\text{BuLi}$ (käuflich)



Wichtigstes technisches Produkt: ${}^n\text{BuLi}$

80% gehen in die anionische Polymerisation von Isopren zu Polyisopren (\rightarrow **Synthesekautschuk**)



Isopren

σ - und π -Allyl-Intermediate

keine 1,2-, 3,4- od. trans-1,4-Add.

cis-1,4-Addition

Hydrolyse + Vulkanisation liefert Synthesekautschuk

Struktur und Bindungsverhältnisse:

Überwiegend kovalent mit ionischen Bd.-anteilen

Elektronenmangel-Verb. $[\text{R-Li}]_1$ 2 VE !

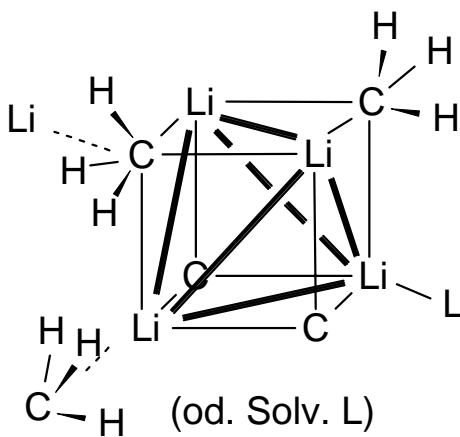
\rightarrow Mehrzentrenbindungen unterschiedlichen

Aggregationsgrades $[\text{RLi}]_n$ (oligomere Untereinheiten)

\rightarrow Assoziate mit Lösungsmittel $\text{L}_3\text{Li-R}$ 8 VE

LiR - Lösungsmittel - Aggregationsgrad n

MeLi in KW unlöslich,
im Kristallgitter: ($n = 4, \infty$), hoher ion. Anteil,
 nicht unzerstört sublimierbar.
in Lösung: L = THF, Et₂O ($n = 4$)
 Li₄ Tetraeder, alle Flächen CH₃ überkappt
 in Lsg. und Kristall [MeLi(L)]₄



Typ [AB]₄

Li-Li 236 pm

Li-C 231 pm

Li...C 236 pm

vgl. Li-Li 267 pm Li₂ (g)

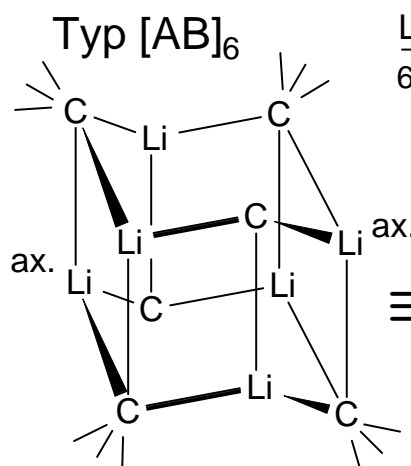
Li-Li 304 pm Li (s)

kubisch raumzentr. Packung von [MeLi]₄ Einheiten

ebenso: [PhLi(OEt₂)]₄, [^tBuLi]₄, [ⁿBuLi]₄

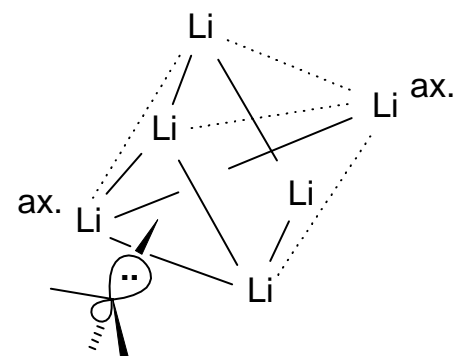
EtLi in Benzol löslich ($n = 6$) verzerrtes Li₆-Oktaeder

2 Flächen
 nicht
 überkappt



Li₆-Oktaeder

6 der 8 Flächen überkappt!

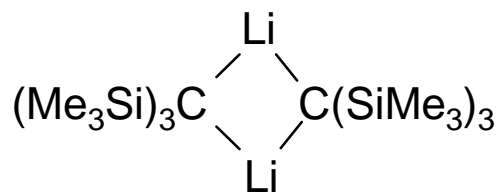
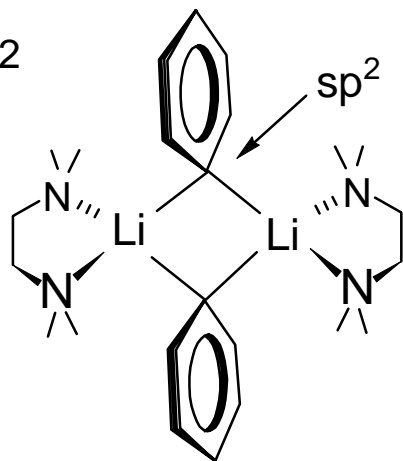
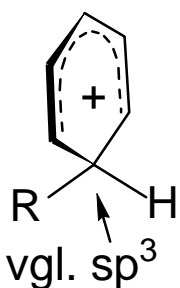


n BuLi in Alkanen löslich, destillierbare Flüssigkeit (!)
 kristalliner Reinstoff bei -40°C ($n = 6$)
 $n = 4$ in Et_2O

t BuLi in Alkanen löslich
 Li_4 -Tetraeder wie MeLi, aber abgeschirmt \rightarrow
 sublimierbar bei $70^{\circ}\text{C}/1$ mbar

PhLi $n = 4$ in THF, Et_2O sowie im krist. Reinstoff
 $n = 2$ in TMEDA

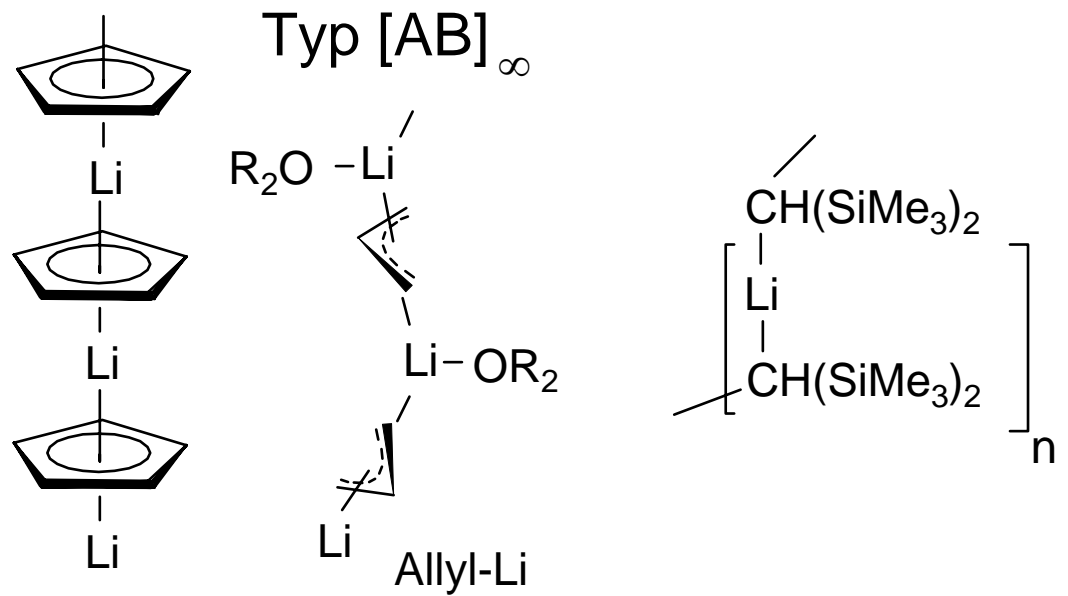
Typ $[\text{AB}]_2$



nicht
 verwechseln ! $[\text{PhLi}(\text{TMEDA})]_2$

Benzyl-Li $n = 1$ in THF, Et_2O

Allyl-Li $n = 1$ in THF
 $n = >10$ in Et_2O
 $n = \infty$ Ketten: kolumnar im Kristall



Cp-Li

$n = 1$ in THF,

$n = \infty$ kristallisiert kolumnar, sofern
frei von Donorliganden

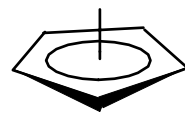
Typ $[AB]_1$

$CpLi + Ph_4PCl$

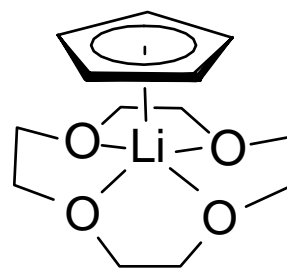
$- LiCl$



Li



$LiCp + 12-C-4$



Lithiocen

Bindungsverhältnisse

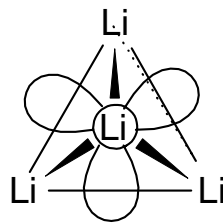
Li₄-Tetraeder

1 axiales sp³-HO

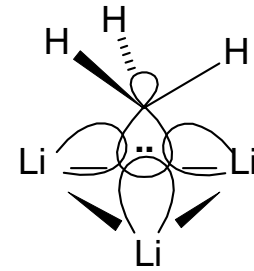
(Solvens, CH₃-Gruppe der nächsten Li₄-Einheit)

3 tangentielle sp³-HO

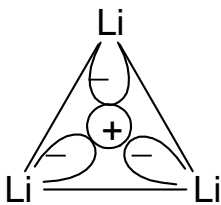
(bilden Gruppenorbitale einer Tetraederfläche)



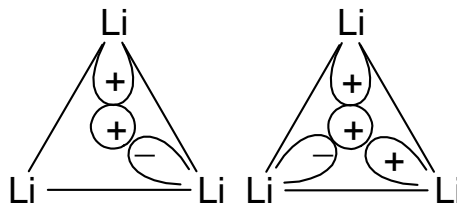
Blick auf Spitze



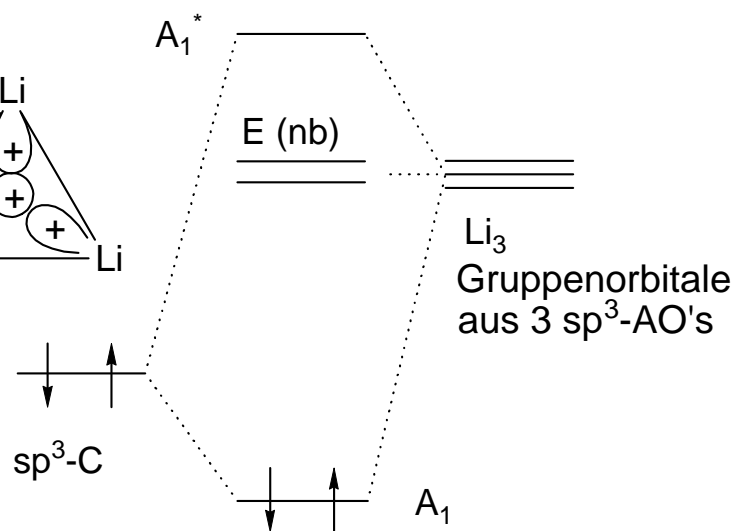
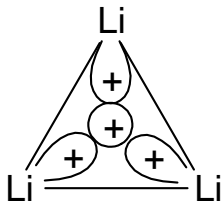
4z-2e-Bindung



Blick auf Fläche

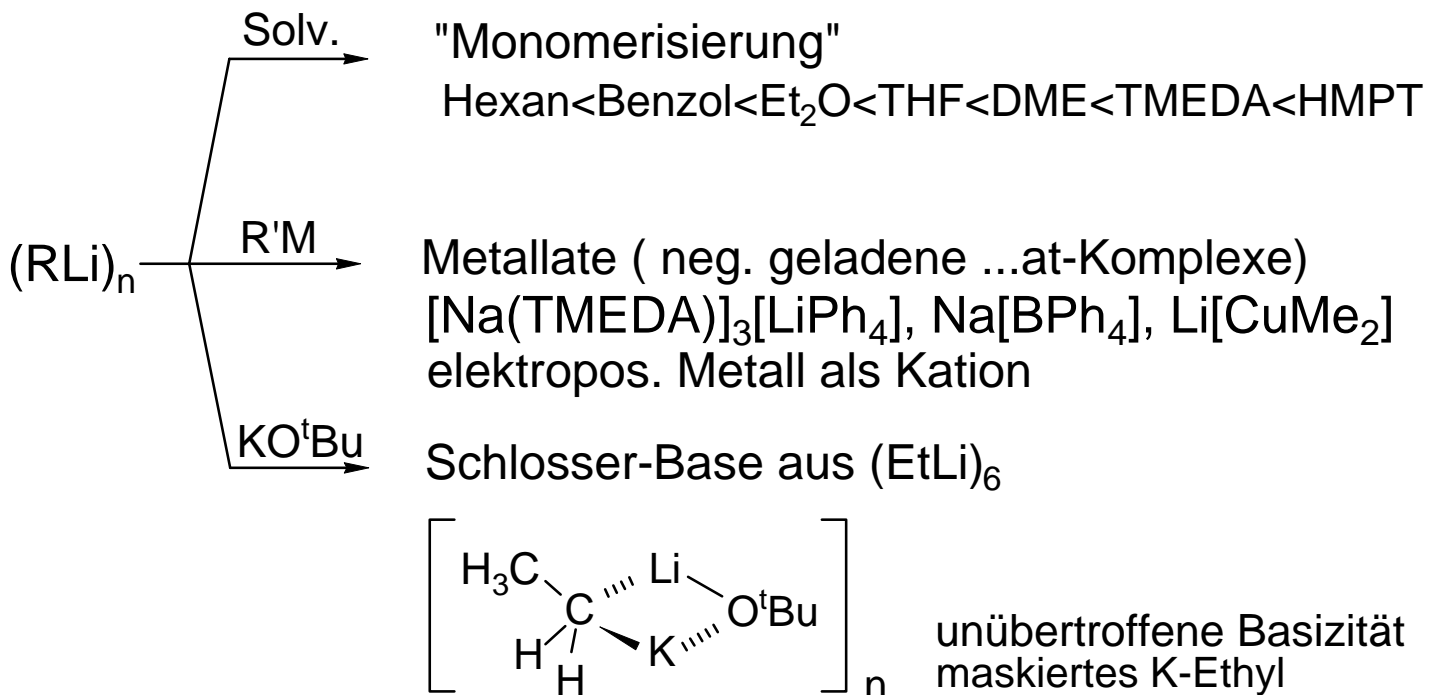


CLi₃ - MO's



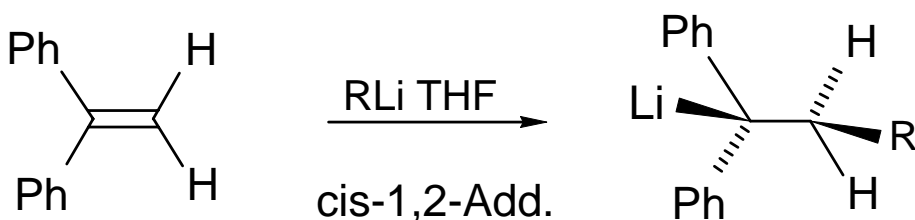
Spektroskopische Eigenschaften: siehe Elschenbroich

Typische Reaktionen von Lithiumorganylen:

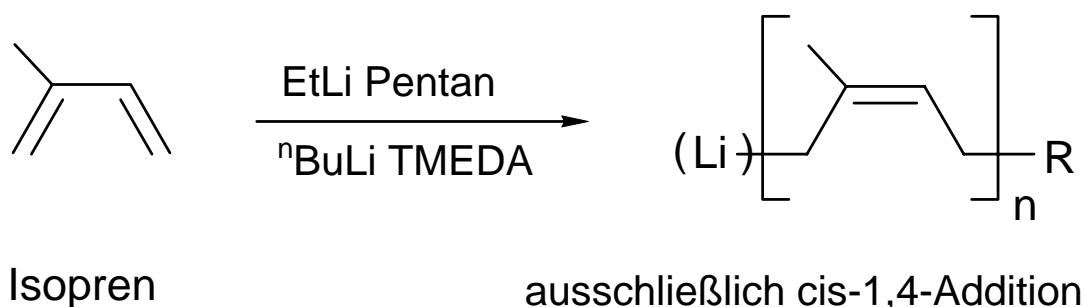


Stereoselektive Reaktionen von Lithiumorganylen:

Carbolithiierung: regio- und stereoselektiv

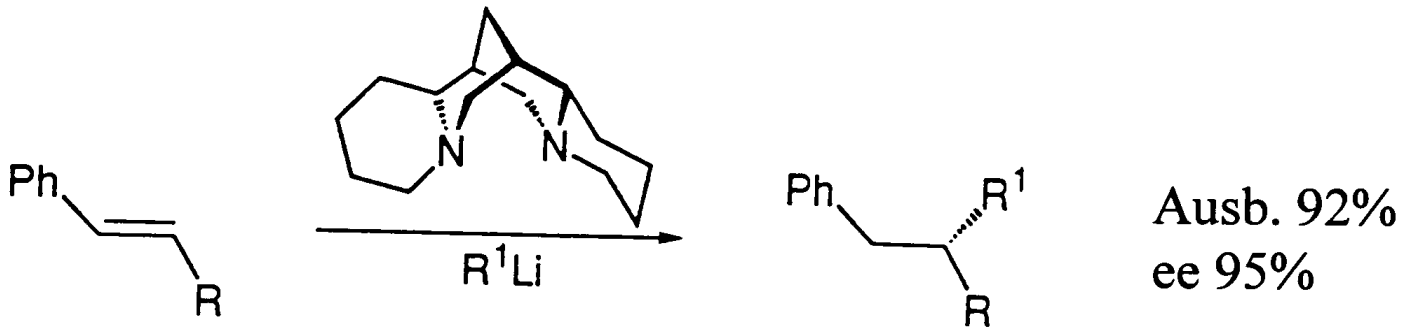


Reaktionsgeschwindigkeit MeLi vs. ⁿBuLi = 1:3600

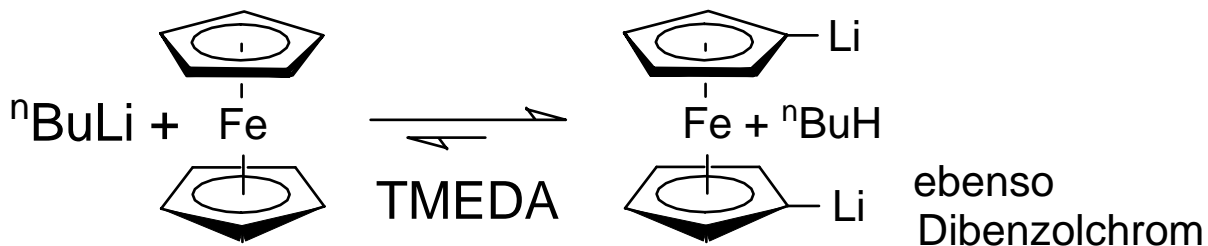


Additionsfreudigkeit an C-C-Mehrfachbindungen
nimmt zu: $\text{RMgX} \Rightarrow \text{RLi} \Rightarrow (\text{R}_3\text{Al})_2$

Carbolithierung unter Ausnutzung des
chiralen (-)-Sparteins als Liganden:



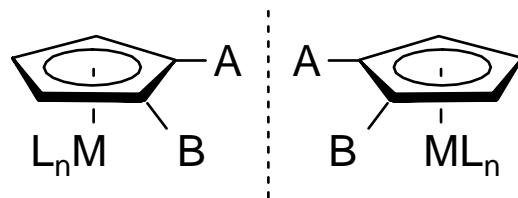
Deprotonierung unter Ausnutzung von TMEDA bzw.
des chiralen (-)-Sparteins als Liganden:



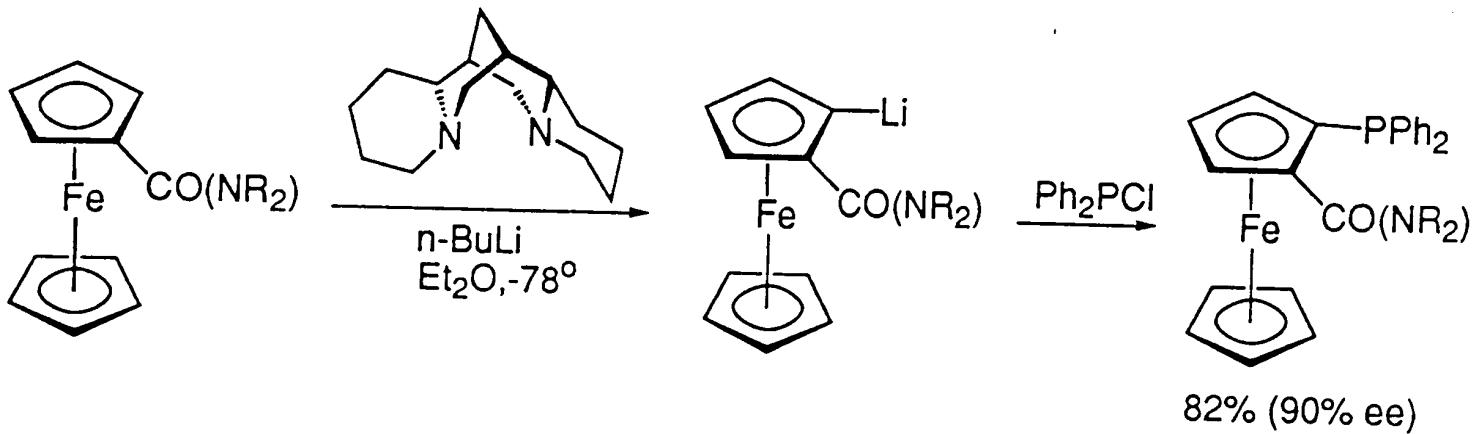
Gl.gew.einstellung langsam

(nach Zugabe von TMEDA rasch)

Lithiierung dient zum Aufbau

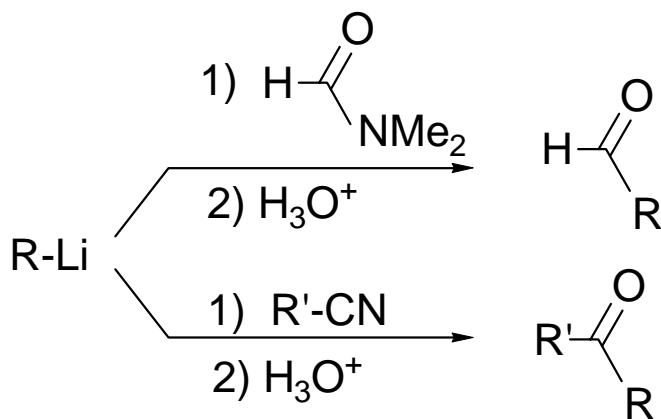


planar-chiraler Komplexe / Liganden



Chemoselektive C-C-Knüpfungsreaktionen:

Methode zur Synthese von Ketonen und Aldehyden



Steigerung der Chemoselektivität und Diastereoselektivität durch

Ummetallierung v. RLi auf Ti , Cu , Mn , Zn , Pd , Ni ...

Beispiel: Ummetallierung von RLi auf X_3TiCl ($\text{X} = \text{Cl}$, $\text{O}i\text{Pr}$, NMe_2 ; Reetz, Seebach > 1980)

- Toleranz des Ti -Organyls gegenüber funktionellen Gruppen $\text{FG} = \text{CN}$, NO_2 , Br etc.
- Differenzierung der spezifischen Reaktivität funktioneller Gruppen, z.B. $-\text{CHO}$ versus $-\text{C}(\text{O})\text{R}$
- Differenzierung durch kinet. Chelatkontrolle – Energie diastereotoper Übergangszustände

2.2 Magnesiumorganyle

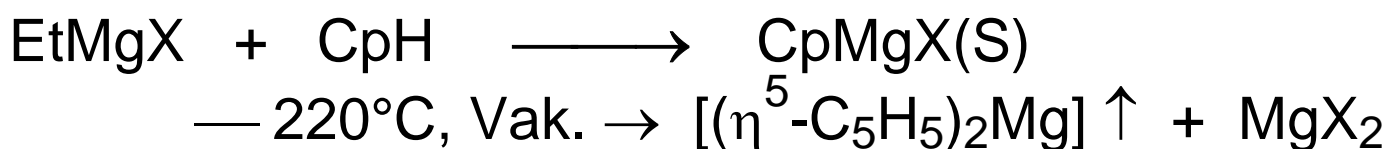
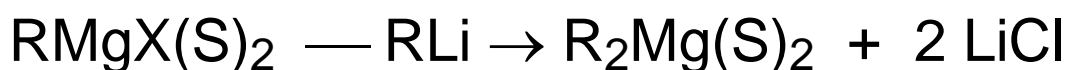
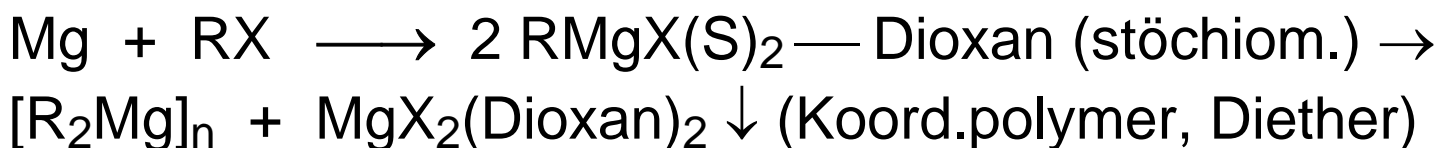
Schrägbeziehung Li-Mg, ähnliches Ionenpotential, ähnliche Trends:

Hohe kovalente Anteile, löslich in Ethern, tert.-Aminen, bevorzugte KZ 4 der Organyle $R\text{-Li}(\text{S})_3$ u. $R\text{-MgX}(\text{S})_2$, stabile Etherate (S), kantenverknüpfte Tetraeder, ohne Solvens: Mehrzentrenbindungen

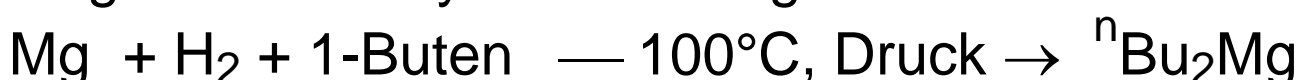
Mg-Organyle weniger reaktiv (selektiver) als Li-Organyle

Darstellung von Diorganomagnesium-Verbindungen:

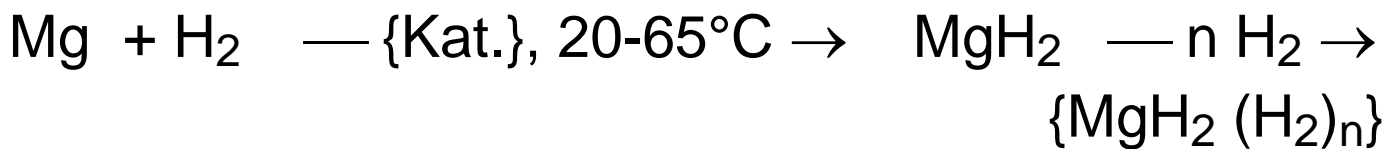
Grignard-Reaktion, Verschiebung des Schlenk-Gleichgewichts (technisch: Arbeiten in billigeren Kohlenwasserstoffen in Gegenwart von Ethern OR_2 und Aminen NR_3 (= S))



technisch: Hydromagnesierung von 1-Olefinen in Gegenwart katalytischer Mengen Anthracen / TiCl_4



Hydrierung von Mg gelingt unter milden Bedingungen in Gegenwart des Aktivatorgemisches {Kat.} = {Mg-Anthracen + Übergangsmetallhalogenid, z.B. TiCl₄, CrCl₃, FeCl₂}:



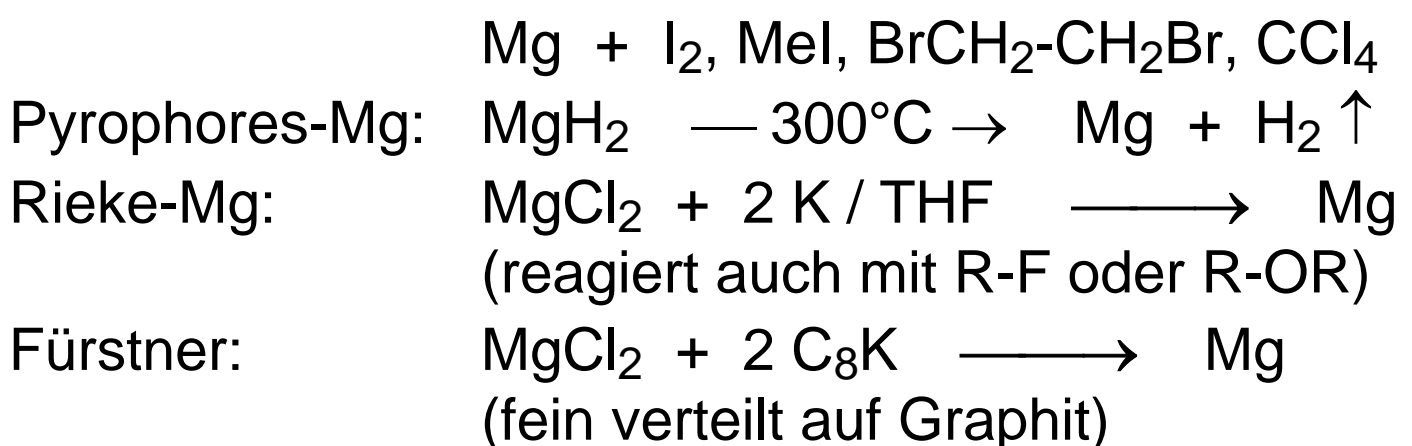
MgH₂ wichtig in der **Wasserstofftechnologie** als Hochtemperatur H₂-Speicher:

Kurios: Auf Zwischengitterplätzen von kristallinem MgH₂ läßt sich mehr H₂ reversibel einlagern ("lösen") als im gleichen Volumen flüssigem Wasserstoff enthalten ist:

Mg (akt. Schwamm) + n H₂ \rightleftharpoons MgH₂ (H₂)_{n-1} + Energie
 H₂ Gewichtsanteil: 7.7 %, Energiedichte 9000kJ/kg
 Problem: Zersetzungsdruck 1 atm H₂ bei 284°C

Besonders reaktive Formen des Magnesiums (pyrophor, frei von Oxid-Haut):

Mg-Aktivierung für Grignard-Reaktion:



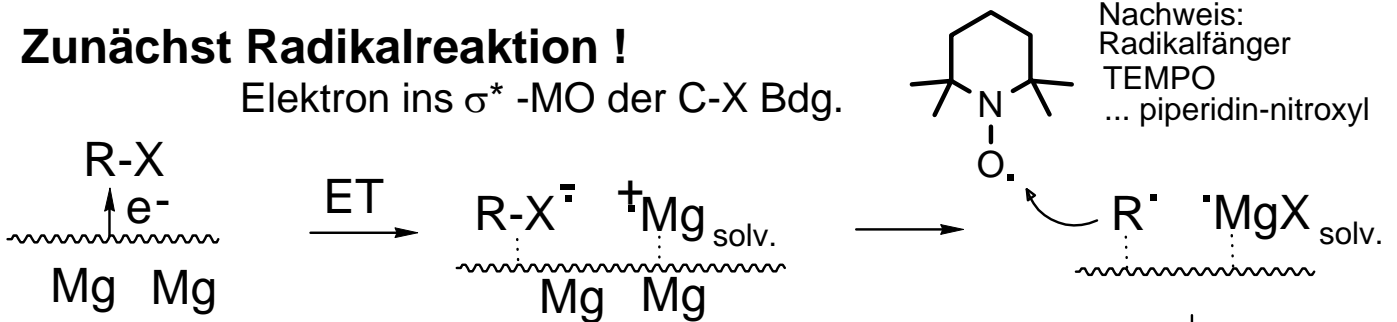
Bogdanovic: Mg + Mg-Anthracen + TiCl₄ (katal.)
+ H₂ (für Hydromagnesierung)

Grignard-Verbindungen [RMgX(S)]_n

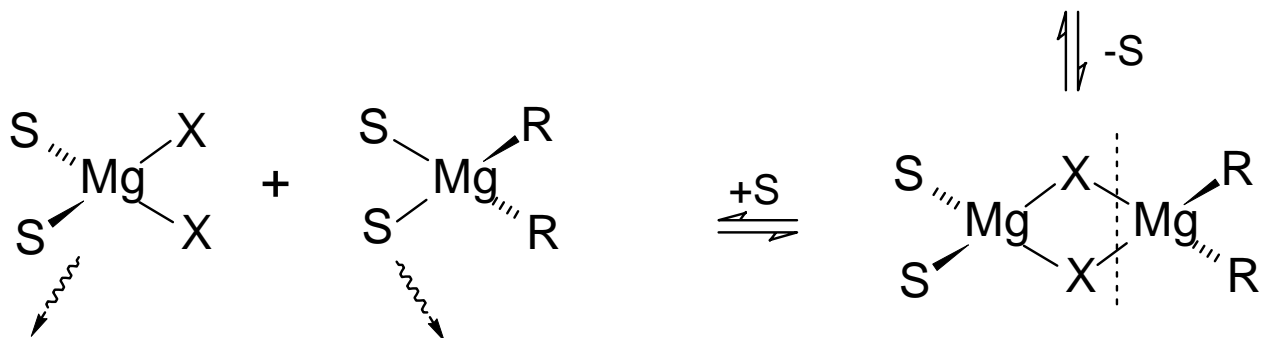
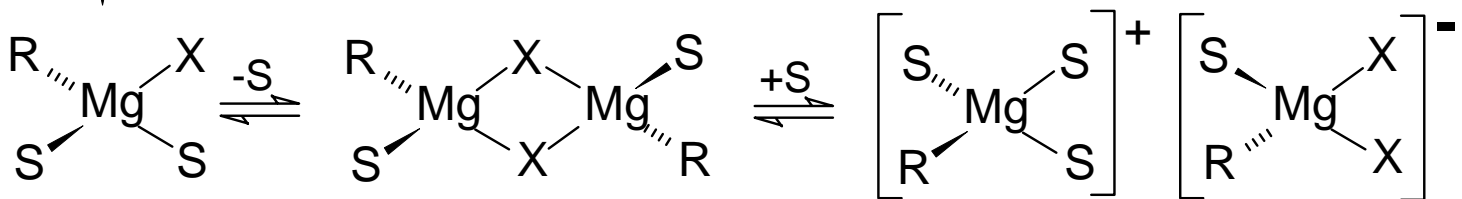
Bildungsmechanismus und Schlenk-Gleichgewicht

Zunächst Radikalreaktion !

Elektron ins σ^* -MO der C-X Bdg.

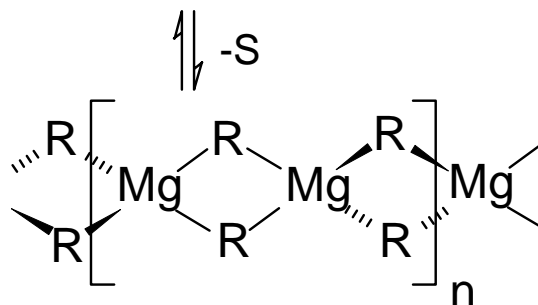


ohne koord. Solvens S kein Grignard-Reagenz KZ 4 !



unlöslich für
S= Dioxan
(Polymer)

S vergleichsweise
schwach gebunden



kantenverknüpfte
Tetraederkette
(vgl. SiS₂-Struktur)

Mg-CR₃-Mg Mehrzentrenbdg. in Abwesenheit v. S u. X

Nachweis des dynamischen Schlenk-Gleichgewichts:

- Isotopenmarkierung mit Radiomarker ^{28}Mg :
 $^{28}\text{MgBr}_2 + ^{24}\text{MgR}_2$ im thermodynamischen Gleichgewicht alle Teilchen markiert
- ^{25}Mg -NMR (THF, 37°C): Et_2Mg (δ 99), EtMgBr (δ 56), MgBr_2 (δ 14); Koaleszenz bei 67°C :
 Beobachtung eines gemittelten Signals infolge rascher Austauschprozesse; dasselbe gilt für ^1H -NMR Experimente bei -100°C .

Reaktivität von RX in Grignard-Reaktionen:

- $\text{I} > \text{Br} > \text{Cl} \gg \text{F, OR}$ $\text{Alkyl} > \text{Ar, Vinyl}$
 doch neigen manche R-I Verbindungen zu Nebenreaktionen, z.B. β -H-Eliminierung:
 $^t\text{Bu-I} + \text{Mg} \longrightarrow \text{Isobuten} + [\text{H-MgI}]$
 $^t\text{Bu-Cl}$ reagiert glatt zu $[^t\text{Bu-MgCl}]$

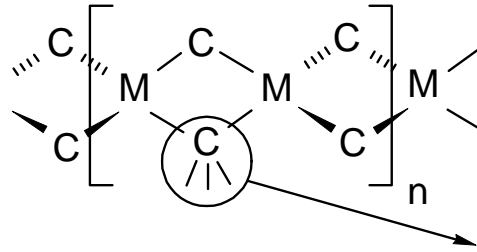
Strukturprinzipien von Magnesiumorganyle:

- Monomere R-MgX(S)_2 KZ 4 in Et_2O nur bei hoher Verdünnung $< 0.1 \text{ M}$,
 bei höherer Konzentration Dimere + Ketten.
- Brückenpositionen werden bevorzugt besetzt durch $\text{X} = \text{Hal, OR}$
- **X-Brücken bevorzugt vor H-Brücken bevorzugt vor C-Brücken**

H-Brücken und C-Brücken: 3z-2e-Bindungen
 X-Brücken haben eine andere Qualität:

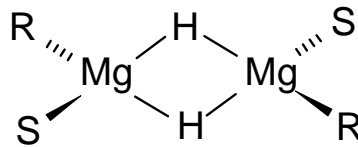
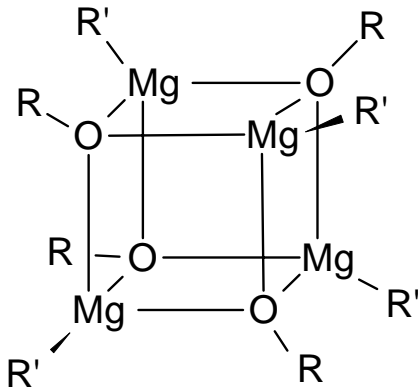
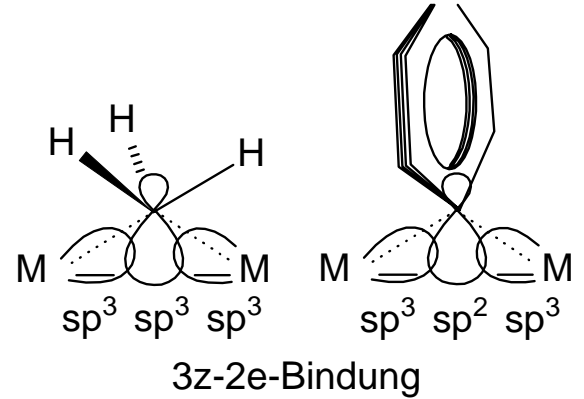
X^- dient mit freien Elektronenpaaren als 4- oder 6-Elektronen-Ligand mit lokalisierten, dativen $2z-2e$ -Bindungen.

KZ 4 typisch

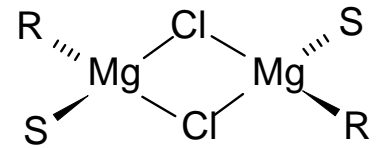


kantenverknüpfte Tetraederkette

M = Be, Mg
R = Me, Ph

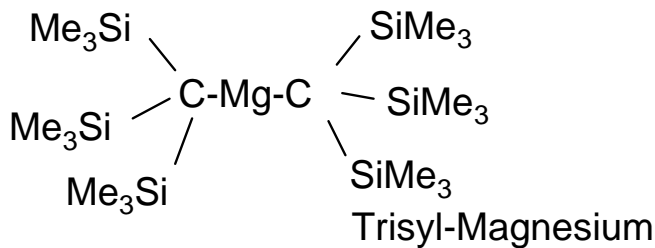


aus $MgR_2 + MgH_2$

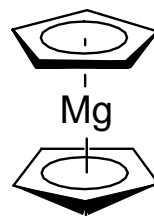


aus $MgR'_2 + ROH$ oder $MgR'_2 + O_2$ (R = R')

KZ 2 erzwungen



KZ 6 (Cp besetzt 3 faciale Stellen)



Magnesocen
sublimierbar bei
 $50^\circ C / 10^{-3}$ mbar

Carbanion-Gehaltsbestimmung:

Titration mit Diphenylditellurid



Reaktivitätsprinzipien von Magnesiumorganylen:

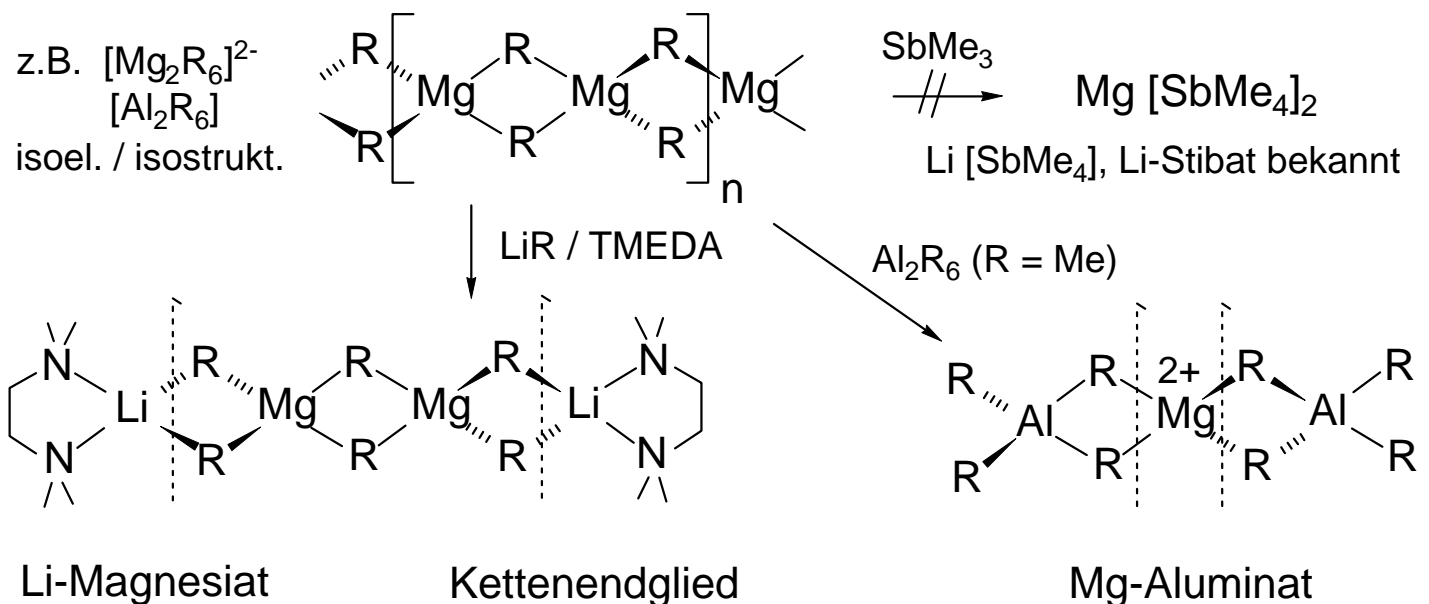
Nicht ganz so reaktiv wie Lithiumorganyle, dafür aber häufig selektiver und toleranter gegenüber funktionellen Gruppen (FG).

Typisch: C-C-Knüpfung und Ummetallierung auf andere Metalle.

Bildung von At-Komplexen mit anderen Organylen

Mit anderen Metallorganylen, z.B. LiR oder AlR₃ werden gemischte Dimetall-Organyle gebildet, die einen hohen kovalenten Bindungsanteil besitzen. Das elektroneγαivere Metall bildet tendenziell das anionische At-Komplexion:

EN(Pauling) Li(1.0) < Mg(1.3) < Al(1.6) < Sb(2.0)



Funktionalisierte Grignard-Reagenzien über Iod-Magnesium-Austausch bei tiefer Temperatur:

Funktioniert mit $i\text{PrMgCl} + \text{Ar-Br}$ erst bei $+40^\circ\text{C}$ (vgl. BuLi schon bei -80°C) \rightarrow Verwendung von nucleophileren Magnesiatsen LiMgR_3 bei -30°C .

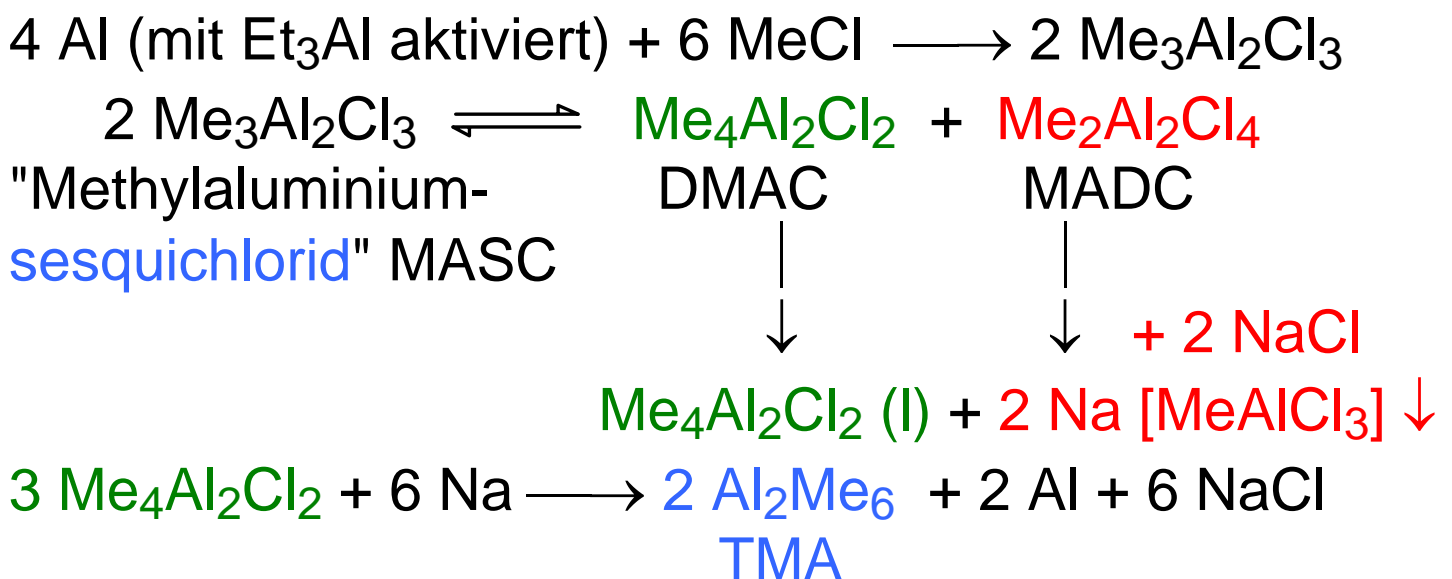
2.3 Aluminiumorganyle / Höhere Homologe

Aluminiumorganyle zeichnen sich aus durch

- unübertroffene elektrophile Reaktivität des 6 VE "R₃Al" (6 VE falls kein Etherkomplex)
- daraus folgend sehr bereitwillige Hydroaluminierung und Carbaluminierung von Alkenen und Alkinen
- kostengünstige technische Produktion (billigstes Aktivmetall in der technischen metallorganischen Chemie).

Technische Darstellungsverfahren:

Trimethylaluminium über die **Sesqui-chlorid-Direktsynthese** (Fa. Hüls) "Sesqui" = 1.5



MADC wird durch Zugabe von L.-Base NaCl als dem Gleichgewicht entfernt, angereichertes DMAC wird durch Natrium reduziert, es disproportioniert.

Formaler Mechanismus: Reduktive Erzeugung subvalenter Al(II) Spezies / Me_2Al Radikale. Sie dimerisieren formal zu " $\text{Me}_2\text{Al}-\text{AlMe}_2$ ", das ohne sterischen und elektronischen (hyperkonjugativen) Schutz der Al-Al Bindung mit sich selbst intermolekular reagiert (\rightarrow Disproportionierung zu $\text{Al}(0)_\infty$ und Al(III) AlMe_3).

Für sterisch anspruchsvolle Reste R sind subvalente Verbindungen $\text{R}_2\text{Al}-\text{AlR}_2$ kinetisch stabil (s.u.).

Ziegler-Direktverfahren:

Vermehrung: oxidative Addition von H_2 zu Alkylhydriden, $80-160^\circ\text{C}$, 100-200 bar.



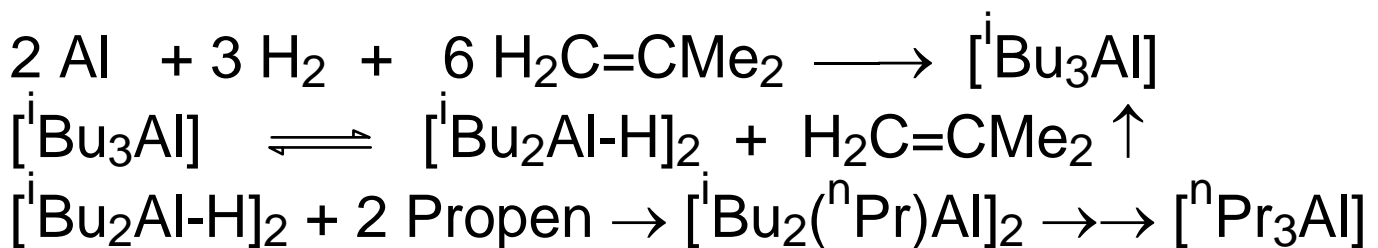
Anlagerung: Hydroaluminierung zu Alkylen
 $80-110^\circ\text{C}$, 1-10 bar



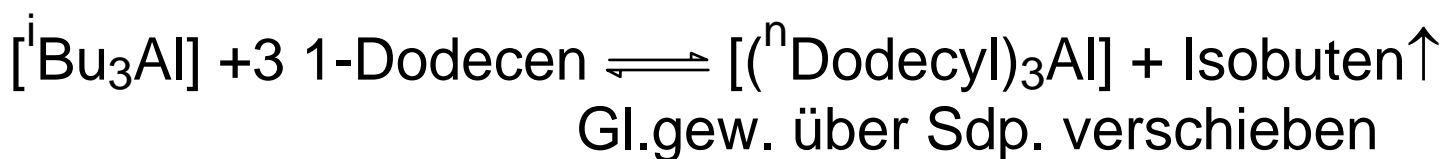
Prinzip:

- Al reagiert mit H_2 nicht zu AlH_3 , allerdings reagiert Al in Gegenwart v. Et_3Al mit H_2 zu löslichem $[\text{Et}_2\text{Al}-\text{H}]_3$ (Sechsring über H-Brücken), \rightarrow Al-H addiert Alkene, anti-Markovnikov.

- Reaktionsfähigkeit von Al wird durch Zulegieren von 0.01 - 2% Ti erhöht.
- Anlagerungsschritt (Hydroaluminierung) ist reversibel (β -H-Eliminierung) und die Affinität von Al-H zu Alkenen nimmt mit steigendem sterischen Anspruch ab.
- \rightarrow **Verdrängung**: Isobuten als höchstalkyliertes Alken, das sich noch hydroaluminieren lässt, wird aus technischen **Triisobutylaluminium (TIBA)** mit weniger anspruchsvollen Olefinen (\rightarrow n-Dodecen \rightarrow Propen \rightarrow Ethen) im Gleichgewicht verdrängt.



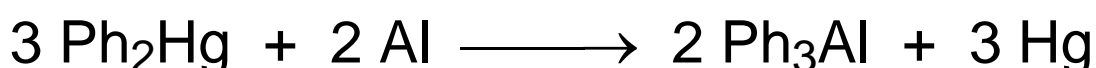
Triisobutylaluminium ist monomer, die Aluminiumalkyle mit kleineren Resten dimer (Al-C-Al 3c2e-Bdg. s.u.).

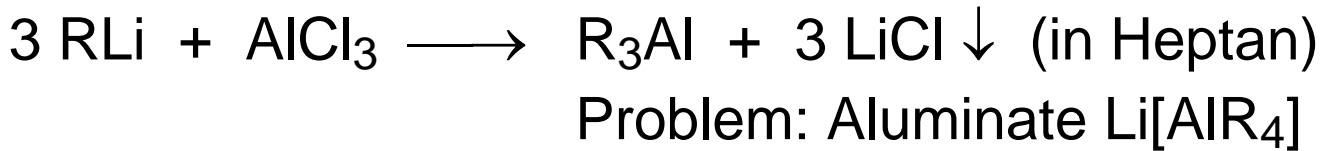


Weitere Darstellungsmethoden:

AlR_3 mit R = Vinyl, Aryl, Benzyl, tert-Butyl geht über oben genannte 2 Methoden nicht !

Ausweichen auf klassische Laborverfahren:

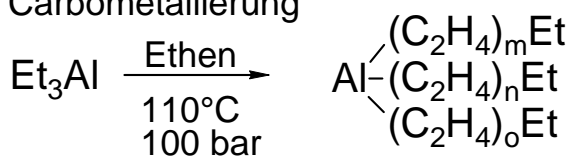




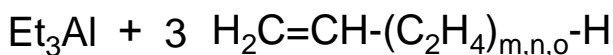
Technische Anwendung von Tri(alkyl)aluminium-Verbindungen:

1. Herstellung höherkettiger 1-Alkene, synthetischer Fettalkohole und ihrer Sulfate (Tenside) durch Aufbaureaktion (Ziegler): Hier gehen die Tonnen AlEt_3 hin

"Aufbaureaktion"
Carbometallierung



1. β -H-Eliminierung
2. Hydrometallierung
"Verdrängung" \downarrow 250°C
Ethen

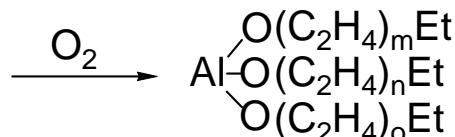


Konkurrenz zw. Carbometallierung
u. β -Elimin. bestimmt Kettenlänge

$m,n,o < 100$

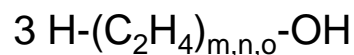
$m,n,o = 6-9$

$\longrightarrow \text{C}_{12}-\text{C}_{18}$ -Alkyle

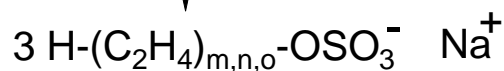


\downarrow H_2O
Hydrolyse
- $\text{Al}(\text{OH})_3$

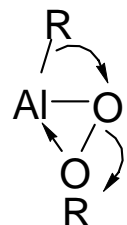
Al_2O_3
Alox mit extrem
hoher Oberfläche
Kat.-Träger
Adsorbens



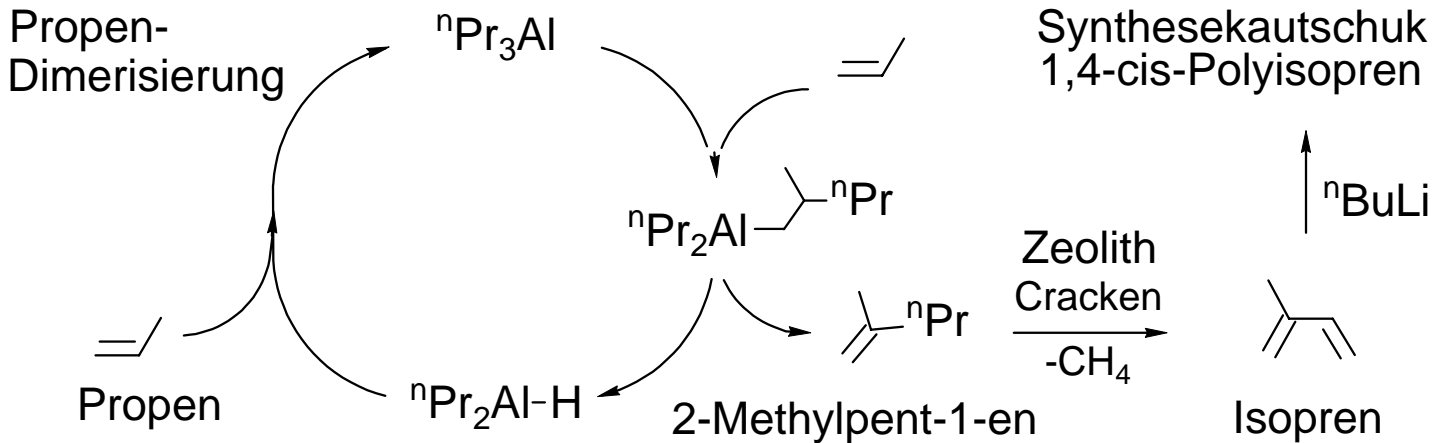
1. SO_3 | 2. NaOH



Fettalkoholsulfate
biologisch abbaubare Tenside



2. Katalytische Propen-Dimerisierung: → Isopren
 nach Goodyear-Verfahren: Im Gegensatz zu Ethen
 dimerisieren höhere 1-Alkene nur



3. Ziegler-Natta-Niederdruck-Olefinpolimerisation:

Heterogen: Polyolefine über unlösliche

Mischkatalysatoren AlR_3 / frühes ÜM-Halogenid

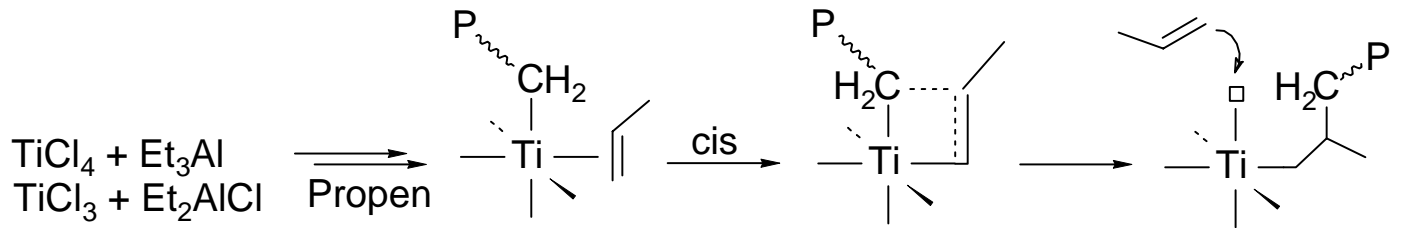
Homogen: über ansa-Metallocene (s.u.) / MAO

(Methylalumoxan = partiell hydrolysiertes $\text{Me}_3\text{Al} =$
 Lewis-Säure, wandelt Cl^- bzw. CH_3^- in nicht-
 koordinierendes Aluminat-Anion um).

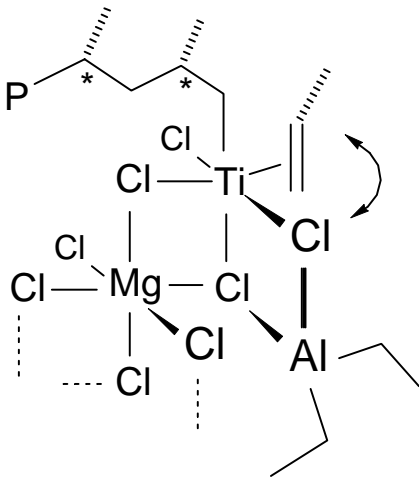
Aktuelle Reviews: CHIUZ 1994, 28, 197-208, Chem.
 Rev. 2000, Heft 4 komplett.

- Prinzip:** Ummetallierung von Al auf Ti führt zu
- drastischer Erniedrigung der E_a der Carbometallierung
 - weniger Kettenabbruch durch β -H Eliminierung (höhermolekulares PP / PE mit einheitlicher Molmassenverteilung)

Heterogene Phase: Cossee-Arlman-Mechanismus der Ziegler-Natta Niederdruck-Olefinpolymerisation ab 1953



Kristall-Kante / Ecke anti-Markownikow
mit 2 wechselseitig arbeitenden Koordinationsstellen

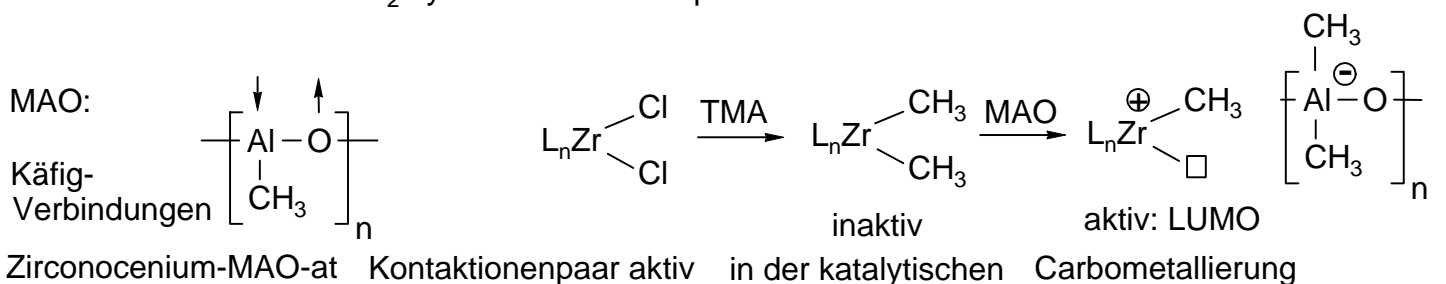
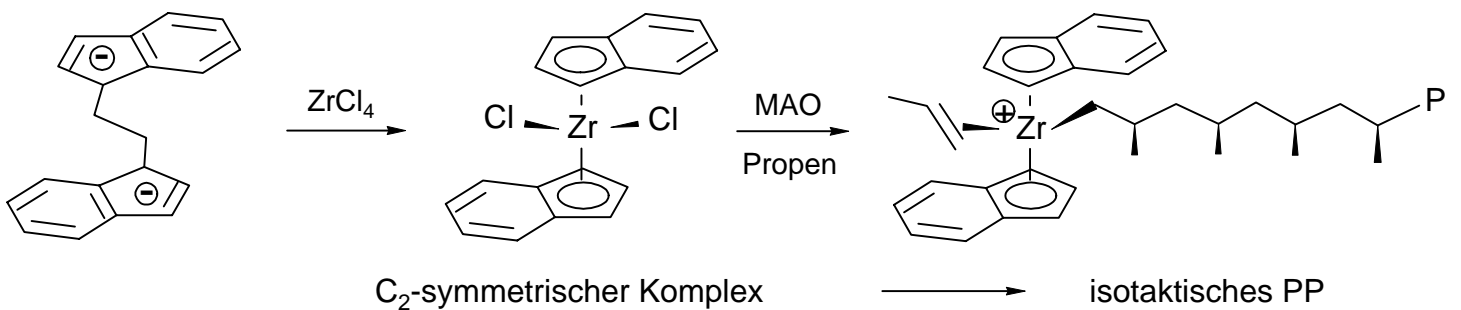
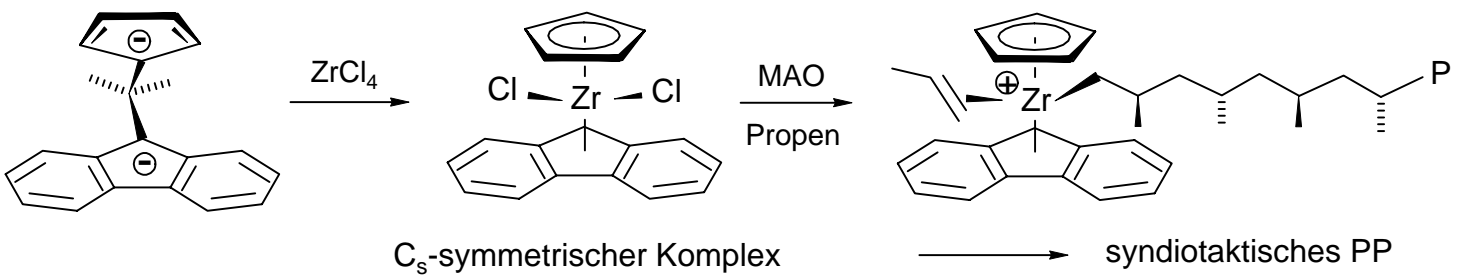


Modell der "Active Site" eines auf $MgCl_2$ geträgerten $Ti(III)$ -Alkyls (braune Suspension in KW)

Chain-End-Control der stereoselektiven C-C-Knüpfung
im Fall der isotaktischen Propen-Polymerisation
(gleich konfigurierte asymm. C-Atome in der Kette)

Homogene Phase: ansa-Metallocene (Brintzinger, Ewen) Methylalumoxan MAO (Kaminsky) ab 1980

benötigt: latent kationisches, 16 VE stereorigides ansa-Metallocen (ansa = Henkel)



Alkylalumoxane:

Neuere Erkenntnisse zur Kondensation und Struktur von MAO-Modellverbindungen

Ursprünglich ging man von Ketten und Ringen $[R-Al-O]_n$ aus, doch die Arbeiten von Barron (JACS 1993, 115, 4971) zeigen, dass selbst mit sterisch anspruchsvollen tert-Butylgruppen R

Ringe $[R_2Al-O-AlR_2]_n$ ($n = 2, 3...$)

Käfige $[R-Al-O]_n$ ($n = 6-12....$) gebildet werden.

Wichtigste Strukturmerkmale der Käfigverbindungen: Al (KZ 4), O (KZ 3), 6-Ringe und 4-Ringe begrenzen Käfig, gespannte 4-Ringe $(Al-O)_2$ liefern acideres Al, relaxte Sechsringe $(Al-O)_3$ enthalten weniger acides Al.

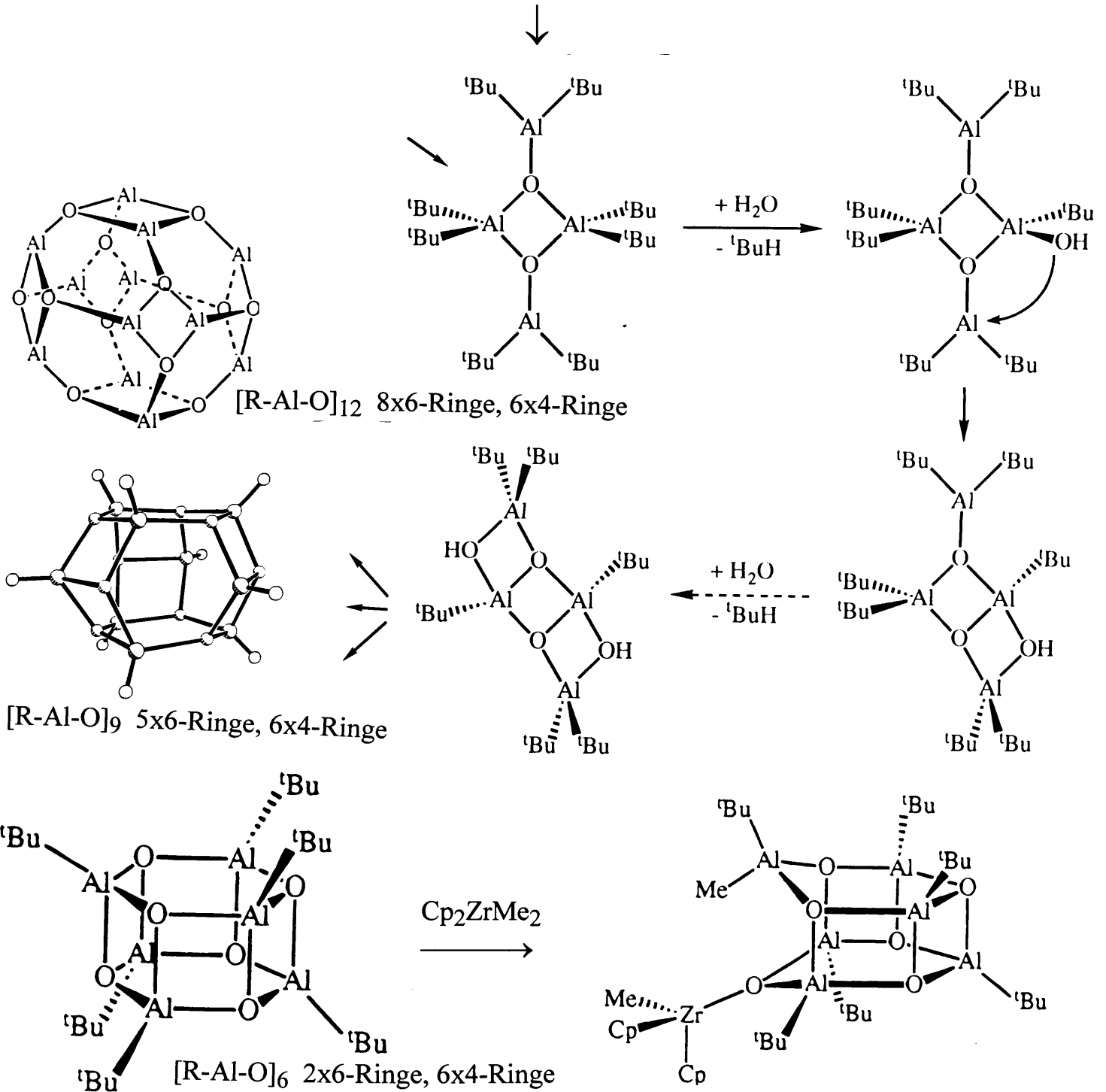
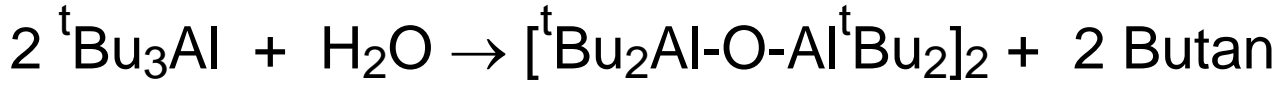
Technisch kontrollierte Hydrolyse von AlR_3 :

$CuSO_4 \times 5 H_2O$ bzw. $Al_2(SO_4)_3 \times 18 H_2O$ in Toluol

Problem: thermodynamische Instabilität von MAO



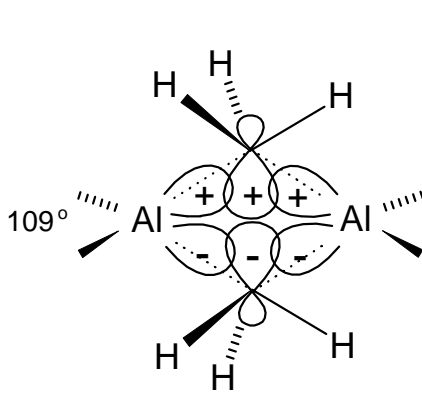
Modellchemie:



Struktur- und Bindungsverhältnisse von Alanen:

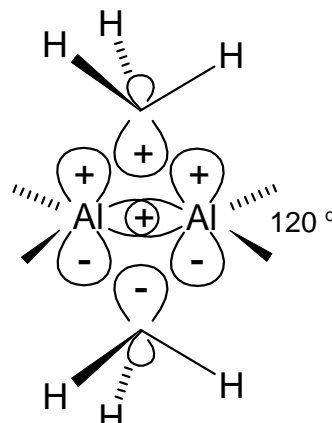
Ausgeprägte Dimerisierungstendenz von R_3Al :

- im Feststoff in der Regel dimer
- in der Lösung Monomer \rightleftharpoons Dimer -Gleichgewichte
- in der Gasphase in der Regel monomer (L.-Säure !)



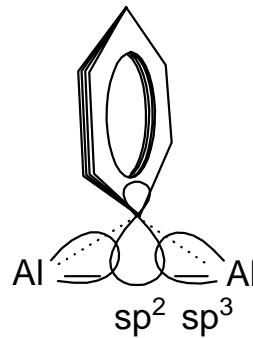
Modell I
 $sp^3 \ sp^3 \ sp^3$

2 x 2e-3c-Bdg.

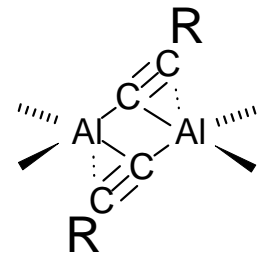


Modell II
 $sp^2 \ sp^3 \ sp^2$

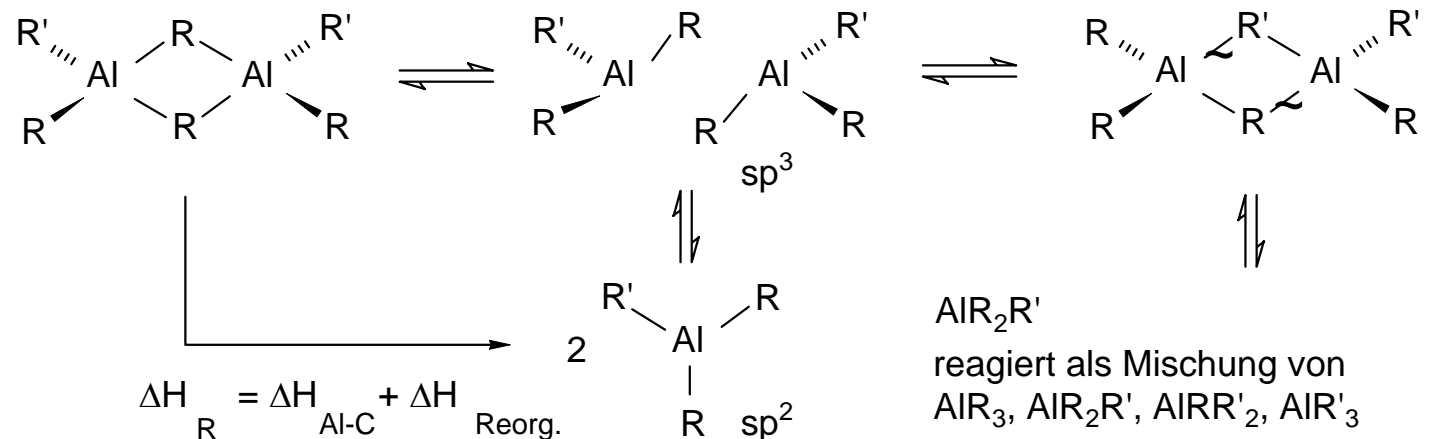
2e-2c-Bdg. (Al-Al)
2e-4c-Bdg. (Al_2C_2)



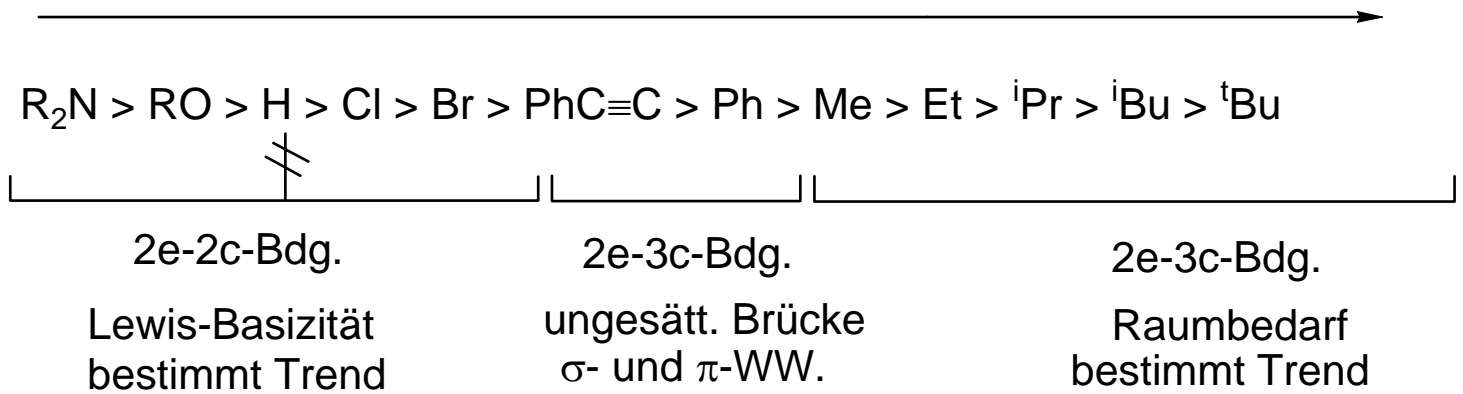
schwache
 π -Bindungsbeteiligung



starke



Relative Fähigkeit zur Brückenbildung (ΔH_R) nimmt ab:



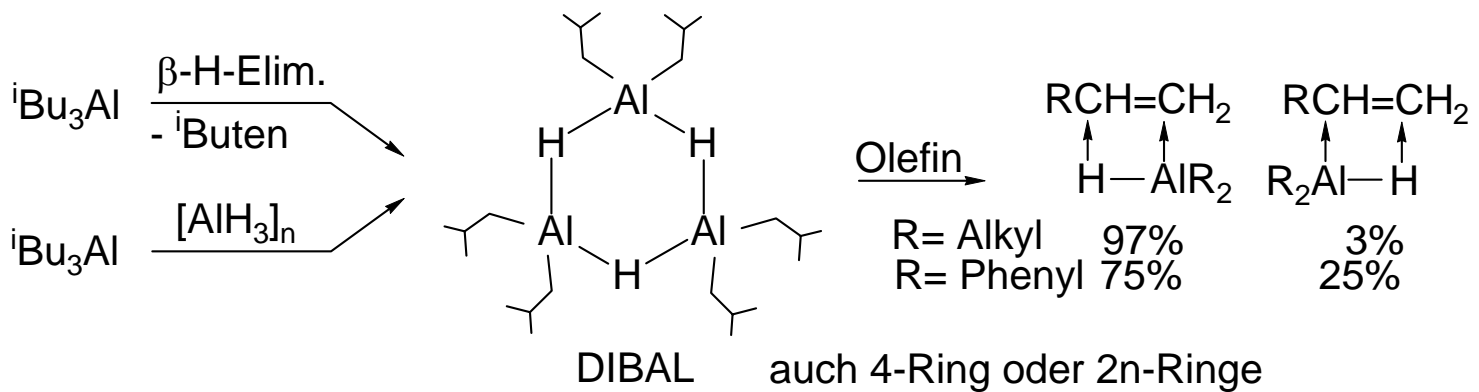
| | | | | |
|----------------|-----|-----|-----------------|--------|
| Beispiel X = | H | Cl | CH ₃ | |
| ΔH_R : | 150 | 124 | 84 | kJ/mol |

Typische Reaktionen:

1. Carbaluminierung:

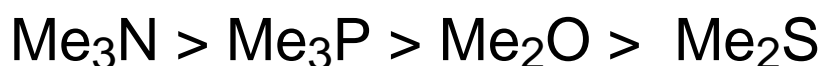
Die Carbaluminierung (s.o.) erfolgt auch an unpolare isolierte $>C=C<$ und $-C\equiv C-$ Bindungen (vgl. $RLi + RMgX$ nur an konjugierte C-C-Doppelbindungen). Dafür nimmt die Reaktivität gegenüber polaren Bindungen $-C\equiv N$ und $>C=O$ in der Reihenfolge $RLi > RMgX > R_3Al$ ab.

2. Hydroaluminierung:



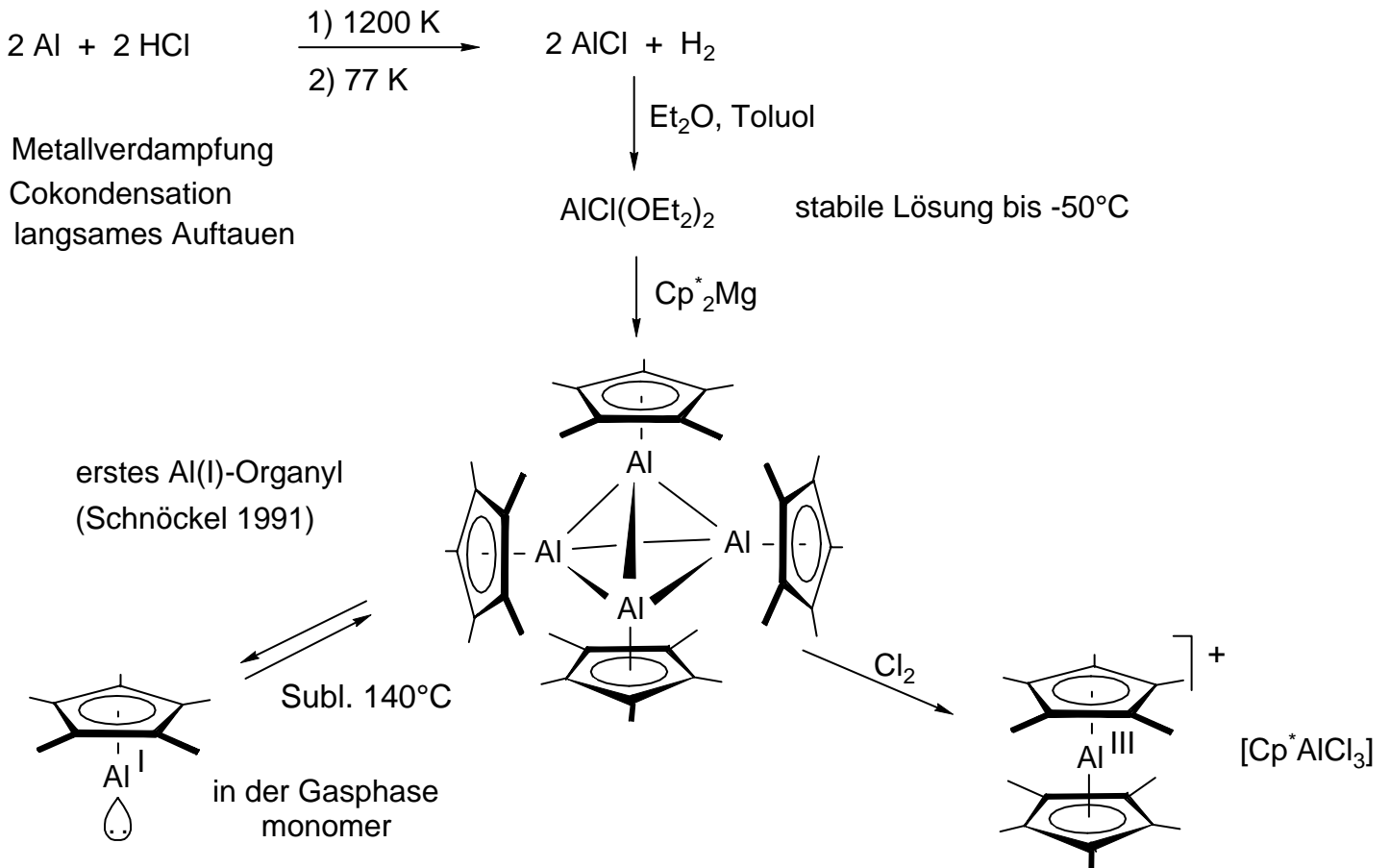
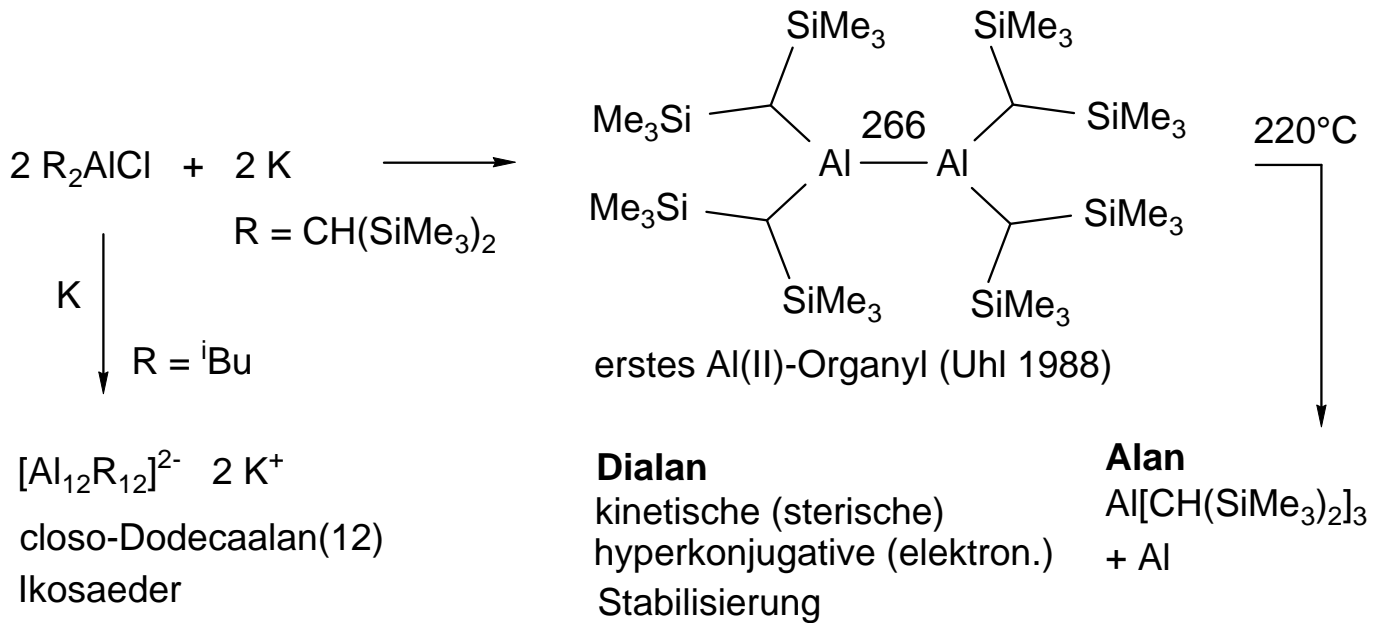
3. Addukt-Bildung

- Me_3Al ist die stärkste Lewis-Säure in der Gruppe 13 Me_3M
- Me_3Al liegt im Gegensatz zu den Homologen der Gruppe 13 Me_3M dimer vor
- Me_3Al harte Lewis-Säure \rightarrow Stärke der Donor-Acceptor-Bindung nimmt wie folgt ab:



4. Subvalente Aluminium(II,I)-Organyle

Synthesen:



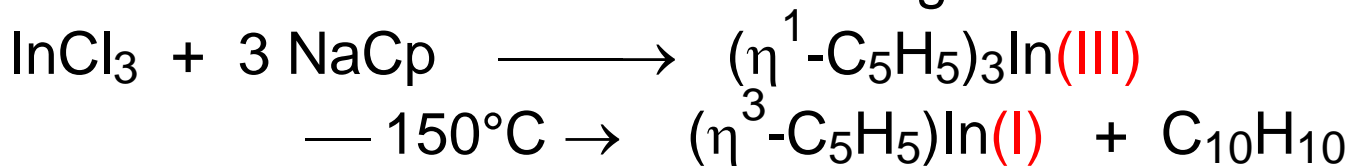
Höhere Homologe M = Ga, In, Tl: Allgemeine Trends

Neigung zur Bildung von Dimeren MR_3 mit $2e3c$ -
Bindung besteht nur bei "AlR₃"

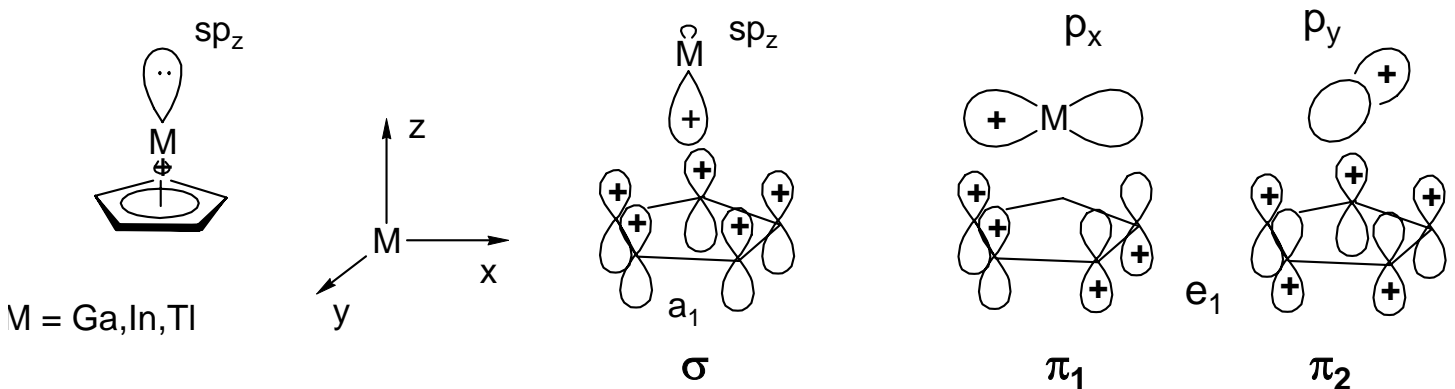
Die Lewis-Aciditäten der Verbindungen MR_3 nehmen für die auf Al folgenden Elemente wieder ab:
 $B < Al \text{ (max)} > Ga > In > Tl$

Die Stabilität der M-C Bindung wie auch der höchsten Oxidationsstufe nimmt vom B \rightarrow Tl ab.

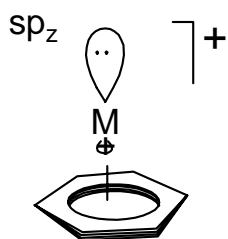
Aufgrund des **Effektes des inerten Elektronenpaares** sind stabile subvalente In(I) und Tl(I)-Organyle zu erwarten: Die Stabilität der einwertigen Metallorganyle nimmt bei den schwereren Homologen zu:



Pi-Komplexe mit einwertigem Al, Ga, In, Tl



Isolobal dazu:



3 VE M (Ga, In, Tl) kann auch durch die isolobalen 3 VE Fragmente RBe , RMg , RB^+ , RAI^+ , Ge^+ , Sn^+ , Pb^+ ausgetauscht werden

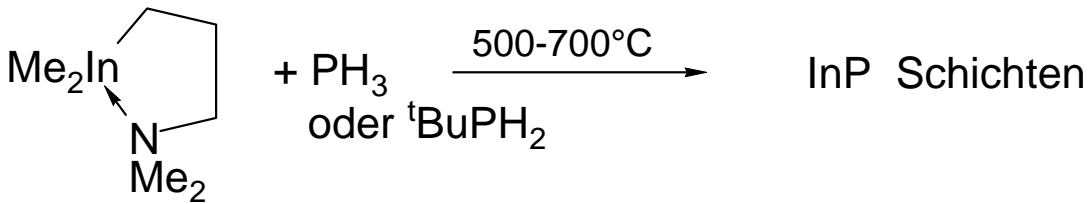
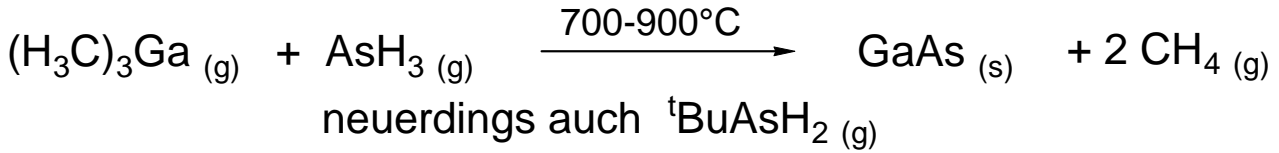
Arenkomplexe mit Ga(I), In(I), Tl(I)

erklärt die Löslichkeit von "GaCl₂" in Benzol, Disprop., es liegt ein π -Komplex $[(\eta^6\text{-C}_6\text{H}_6)_2\text{Ga}^I]^+ [\text{Ga}^{III}\text{Cl}_4]^-$ vor

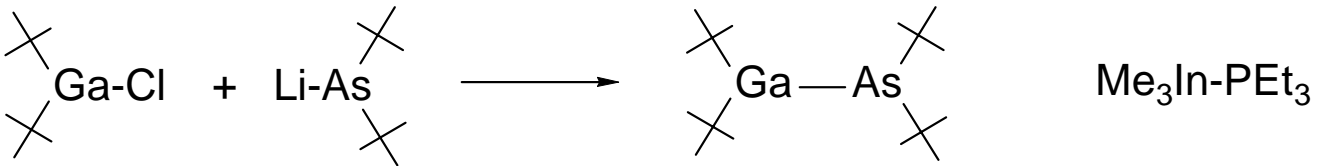
Anwendungen:

Ga- und In-Organyle dienen als Dotierungs-
komponenten in der III-V-Halbleiterproduktion:

MOCVD-Verfahren: Metal Organic Chemical Vapor Deposition

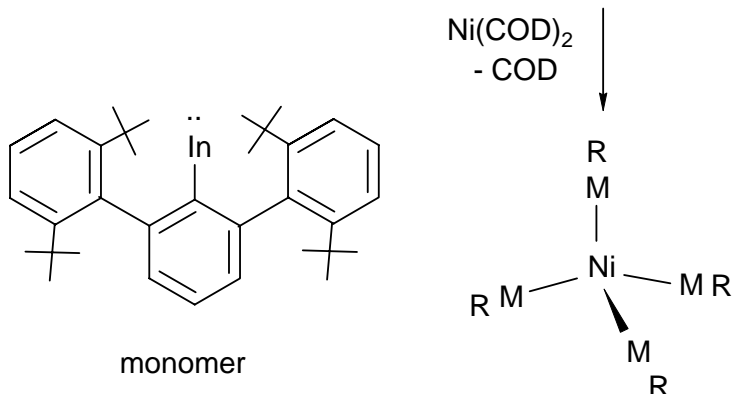
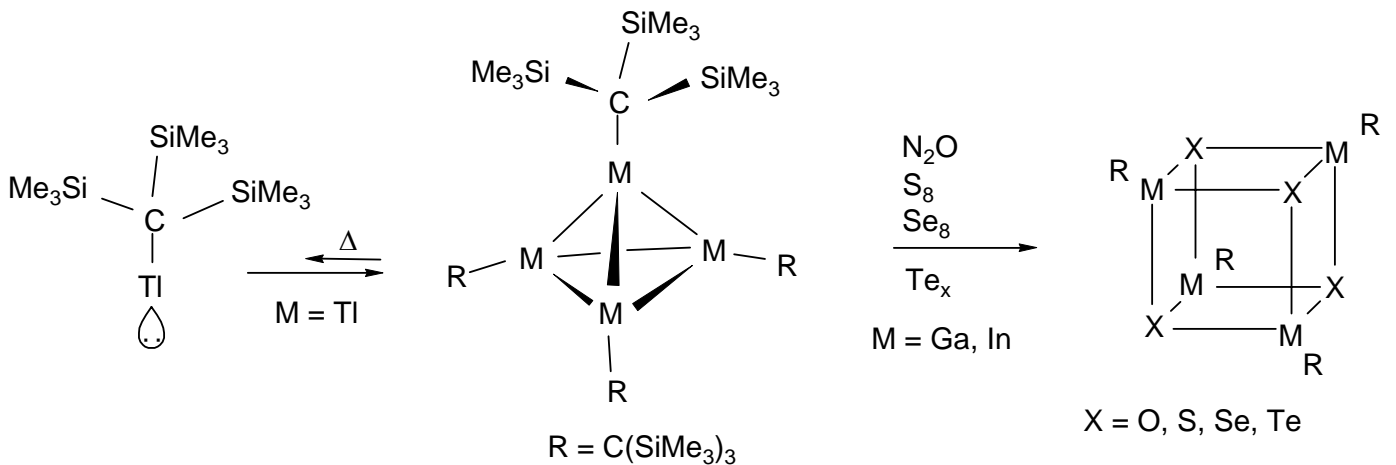


Flüchtige und labile Single Source Precuroren (1:1 Verbindungen):



monomer in kondensierter Phase, flüchtig, zersetzt sich bei $400^\circ C$

M(I)-Trisyl-Derivate mit Tetraedran-Struktur:



CO und [RIn] bzw. [RGa] isolobale Liganden

