

Grundstofnavnene i arbejde for kemien. IV. Additive navne.

(Første del)

Af Ture Damhus

Vi afslutter fejringen af periodesystemets grundstofnavne fra nomenklaturesiden (for artikel I, II og III i serien her se [1,2,3]) med at se på systemet *additiv nomenklatur* (også ofte kaldet *koordinationsnomenklatur*).

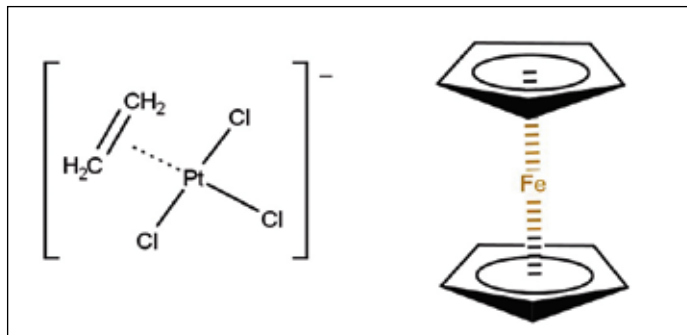
Som altid har vi en tabel (tabel 1) med grundstofnavne og de afledninger, vi skal bruge. Trofaste læsere vil bemærke, at en tabel i en tidligere artikel [I, del 1] havde nogle af 'at'-formerne, men vi har flere med nu, og gentagelser skader som bekendt ikke.

Efter nedenstående vil Nomenklaturudvalget i årets næste og afsluttende bidrag se på historierne bag navnlig nogle af de nyere grundstofnavne.

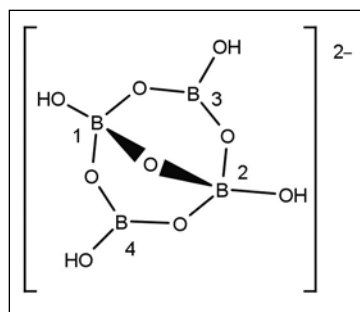
Additiv nomenklatur

I tabel 2 har vi anført nogle eksempler på forbindelser med additive navne og i nogle tilfælde andre navne. En del af dem har været nævnt i tidligere artikler i år, hvor der typisk blev lovet et additivt navn senere.

Additive navne er ment som identifikatorer for molekylære enheder. I modsætning til almindelig substitutiv nomenklatur (den "sædvanlige" organiske nomenklatur) og udskiftningsnomenklatur [3], hvor ideen er, at enkeltatomer eller grupper i stamforbindelser udskiftes med andre, og det er dette, man tilkendegiver i navnet, så er ideen bag additiv nomenklatur den, at man samler en forbindelse af bestanddele: *centralatomer* og *ligander*, og navnet nævner samtlige disse bestanddele. Hvis den samlede forbindelse er neutral eller positivt ladet, bruges grundstofnavnet direkte for centralatomet; hvis den er negativt ladet, bruges 'at'-formen fra tabel 1.



Figur 1. To berømte metalorganiske forbindelser med haptobindinger. Til venstre anionen i Zeises salt, først fremstillet og beskrevet af Zeise i København så tidligt som i 1825. Historien står at læse i [5]. Til højre "sandwich-forbindelsen" ferrocen, der mystificerede kemikerne i midten af 1900-tallet. Se de systematiske navne i tabel 2 på side 24.



Figur 2. Den detaljerede struktur af anionen i borax [8].

Anioniske ligander har i sig selv systematiske navne, der ender på 'id', 'it' eller 'at'. Disse navne modificeres til at ende på 'ido', 'ito' og 'ato' i de additive navne. Neutrale og kationiske ligander har deres eget navn med to undtagelser: vand som ligand hedder 'aqua' og ammoniak som ligand hedder 'ammin' (med to m'er!).

Alt dette eksemplificer vi nu, og der er mere at

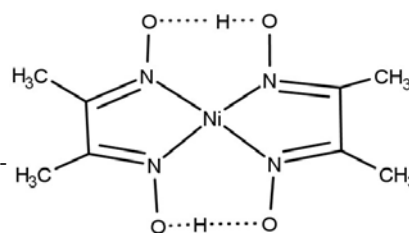
hente i den kortfattede vejledning i uorganisk-kemisk nomenklatur, som vi linker til fra Nomenklaturudvalgets hjemmeside [4].

Bindinger mellem centralatomer vises ifølge IUPAC med den ekstra lange bindestreg "—", som er en pestilens, fordi den så tit bliver til noget andet på tryk!

Brodannende ligander tilkendes gives med det græske bogstav my (μ). Notationen med det græske bogstav kappa (κ) specificerer, hvilke ligandatomer der binder til hvilke centralatomer. I navnet for borax i tabel 2, side 24, udsiger '1:3 κ O' eksempelvis om et af de brodannende oxygenatomer, at det binder til centralatomerne med numre 1 og 3. Kappanotationen kan hurtigt blive kompliceret og er stadig under udvikling hos IUPAC.

Figur 3. Lidt komplekskemi fra hverdagen. Filtersaltet til opvaske-

maskinen indeholder som antiklumpningsmiddel E535, 'natriumferrocyanid'. (Det findes minsandten også i bordsalt! Jf. [1, del 1, figur 1]. Hvorfor vælger man netop denne forbindelse til brug i fødevarerelaterede produkter? Måske læserne kan hjælpe.) Øverst i billedet det lille kit med ammoniakvand som base og en ethanolisk opløsning af dimethylglyoxim (2,3-dimethylbutan-2,3-dioldioxim). Formlen viser det tungtopløselige røde nikkelkompleks, der dannes, hvis prøven på bukseknappen eller bæltespændet er positiv. Se navnene i tabel 2 på side 24.



Gruppe 1 til 12				Lanthanoider, actinoider, gruppe 13 til 18			
	grundstof- navn	andet navn	'at'-anionform		grundstof- navn	andet navn	'at'-anionform
H	hydrogen		hydrogenat ¹⁾	La	lanthan		lanthanat
Li	lithium		lithat	Ce	cerium		cerat
Na	natrium		natrat ²⁾	Pr	praseodym		praseodymat
K	kalium		kalat ²⁾	Eu	europium		europat
Rb	rubidium		rubidat	Gd	gadolinium		gadolinat
Cs	caesium		caesat	Ho	holmium		holmat
Be	beryllium		beryllat	Ac	actinium		actinat
Ca	calcium		calcat	Th	thorium		thorat
Ba	barium		barat	U	uran		uranat
Ra	radium		radat	Pu	plutonium		plutonat
Sc	scandium		scandat	Am	americium		americat
Yt	yttrium		yttrat	Cm	curium		curat
Ti	titan		titanat	B	bor		borat
Zr	zirconium		zirconat	Al	aluminium		aluminat
V	vanadium		vanadat	Ga	gallium		gallat ³⁾
Nb	niobium		niobat	In	indium		indat
Ta	tantal		tantalat	Tl	thallium		thallat
Cr	chrom		chromat	C	carbon		carbonat
Mo	molybden		molybdat	Si	silicium		silicat
W	wolfram	tungsten (eng.)	wolframat tungstate (eng.)	Ge	germanium		germanat
Mn	mangan		manganat	Sn	tin	stannum (latin)	stannat
Tc	technetium		technetat	Pb	bly	plumbum (latin)	plumbat
Re	rhenium		rhenat	N	nitrogen		nitrat
Fe	jern	ferrum (lat.)	ferrat	P	phosphor		phosphat
Ru	ruthenium		ruthenat	As	arsen		arsenat
Os	osmium		osmat	Sb	antimon	stibium (latin)	antimonat
Co	cobalt		cobaltat	Bi	bismuth		bismuthat
Rh	rhodium		rhodat	O	oxygen		oxygenat
Ir	iridium		iridat	S	svovl	sulfur (latin)	sulfat
Ni	nikkel		nikkelat	Se	selen		selenat
Pd	palladium		palladat	Te	tellur		tellurat
Pt	platin		platinat	F	fluor		fluorat
Cu	kobber	cuprum (lat.)	cuprat	Cl	chlor		chlorat
Ag	sølv	argentum (lat.)	argentat	Br	brom		bromat
Au	guld	aurum (lat.)	aurat	I	iod		iodat
Zn	zink		zinkat	Kr	krypton		kryptonat ⁴⁾
Cd	cadmium		cadmat	Xe	xenon		xenonat ⁴⁾
Hg	kviksølv	mercurium (lat.)	mercurat	Rn	radon		radonat ⁴⁾

Tabel 1. Udvalgte grundstofnavne og tilhørende 'at'-former til brug i additive anionnavne.

- 1) Virker måske eksotisk, men finder anvendelse i navne som difluoridhydrogenat(1-), FHF^- , som det er vanskeligt at give noget andet navn [medmindre læseren efter introduktionen i [3] skulle foretrække nodalnavnet 1,3-fluoridy-2-hydrony-[3]catenat(1-)!]. I øvrigt findes jo også kationiske hydrogenkomplekser som for eksempel diaquahydrogen(1+), $[(\text{H}_2\text{O})\text{H}(\text{OH}_2)]^+$.
- 2) Efter nogen vaklen har IUPAC nu 'sodate', hhv. 'potassate'. Vi holder fast ved de danske varianter.
- 3) Helt slipper man ikke for tvetydigheder: 'gallat' er også navnet på gallussyres korresponderende base (der dog kan navngives systematisk som 3,4,5-trihydroxybenzoat).
- 4) Det er populært at kalde xenon-kompleksanioner for 'xenater', men det dur ikke. Der bør være konsekvens ned gennem gruppe 18 i dannelsen af disse former, og hverken 'kryptat' eller 'radat' er acceptable; *kryptater* (eller *cryptater*) er betegnelsen for komplekser af *cryptander* (se eksemplet i tabel 2), og 'radat' er optaget af radium!

Når et centralatom er bundet til to eller flere naboatomer i en ligand (*hapto*-binding), benyttes det græske η (eta) i stedet for at specificere hver binding ved hjælp af kappa. Den simpleste situation er koordinering til to ligandatomer som i dioxygenkomplekser, eller etenkomplekser som Zeises salt, tabel 2 og

figur 1. Det berømteste eksempel er nok ferrocen, også vist på figur 1.

I anden del af artiklen (bringes i næste nummer af bladet) ser vi på den gryende anvendelse af additiv nomenklatur i S.M. Jørgensens arbejde med koordinationskemi.

Formel	Additivt navn	Støkiometrisk(e) navn(e)	Andre navne
NO_2	dioxidonitrogen	nitrogendioxid ¹⁾ nitrogen(IV)oxid ¹⁾	
$\text{N}_2\text{O}_4, (\text{O})_2\text{NN}(\text{O})_2$	bis(dioxidonitrogen)(<i>N—N</i>)	dinitrogentetraoxid	1,1,2,2-tetraoxido-1,2-diazy-[2]catena ²⁾
BH_4^-	tetrahydridoborat(1–)		boranuid ³⁾ tetrahydroborat (ældre navn)
AlH_4^-	tetrahydridoaluminat(1–)		alumanuid ³⁾
SiH_4	tetrahydridosilicium	siliciumtetrahydrid	silan (stamhydrid [2])
SH_4	tetrahydridosvovl	svovltetrahydrid	λ^4 -sulfan (stamhydrid [2])
$\text{SiH}_3^\bullet$ (radikal)	trihydridosilicium(•)		silanyl ³⁾
GeH_5^+	pentahydridogermanium(1+) ⁴⁾		germanium ³⁾⁴⁾
$[\text{O}_3\text{POPO}_3]^{4-}$	μ -oxido-bis(trioxidophosphat)(4–)		diphosphat (accepteret kortform) pyrophosphat (ældre navn)
$\text{Na}_4[\text{XeO}_6]$ ⁵⁾	natriumhexaoxidoxenonat(4–)		natriumperxenat ⁵⁾
$[\text{K}(\text{crypt-222})]^+$ ⁶⁾	(crypt-222)kalium(1+)		
$[\text{PtPb}_{12}]^{2-}$ ⁶⁾	dodecaplumbidoplatinat(2–)		
<i>cis</i> - $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$	<i>cis</i> -diammindichloridoplatin(II)		cisplatin
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ⁷⁾	dinatrium[penta- μ -oxido-1:2 $\kappa^2\text{O}$, = 1:3 $\kappa^2\text{O}$, 1:4 $\kappa^2\text{O}$, 2:3 $\kappa^2\text{O}$, 2:4 $\kappa^2\text{O}$ - = tetrahydroxido-1 κO , 2 κO , 3 κO , = 4 κO -tetraborat](2–)—vand (1/8)	dinatriumtetraborid = heptaoxid-decahydrat; natriumtetraborat-decahydrat ⁷⁾	borax (boraks) (se figur 2)
$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	kalium(hexaaquaaluminium) = bis(sulfat)—vand (1/6)	aluminiumkalium = bis(sulfat)-dodecahydrat	alun (kaliumalun)
$\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	dinatriumhexacyanidoferrat(II)		natriumferrocyanid (ældre navn) (jf. figur 3)
$[\text{Ni}(\text{Hdmg})_2]$	bis[3-(hydroxyimino- κN)butan-2-ylidenazan- κN -olato]nikkel(II)		bis(dimethylglyoximato) = nikkel (ældre, men bekvemt navn) (se figur 3)
$[\text{Mn}^{\text{IV}}_2(\text{O})_3(\text{TACN})_2](\text{PF}_6)_2$	tri- μ -oxido-bis(1,4,7-trimethyl-1,4,7-triazonan)dimangan(<i>Mn—Mn</i>)(2+) = bis[hexafluoridophosphat(1–)]		Accelerator, Dragon, MnTACN (se figur 4)
$\text{K}[\text{Pt}(\text{CH}_2\text{CH}_2)\text{Cl}_3]$	kalium[trichorido(η^2 -ethen) = platinat](1–)		Zeises salt (se figur 1)
$[\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2]$	di(η^5 -cyclopentadienido)jern, di(η^5 -cyclopentadienyl)jern ⁸⁾		ferrocen (se figur 1)

Tabel 2. Udvalgte forbindelser med velanbragte additive navne.

*) NB: I denne tabel anvendes tegnet '=' som skille tegn ved linjebud i lange navne, hvor navnet blot skal sammensættes *uden* bindestreg.

1) Disse navne kan afhængigt af konteksten dække over såvel NO_2 som N_2O_4 .

2) Nodalnavn (3).

3) Stamhyridafledning (2).

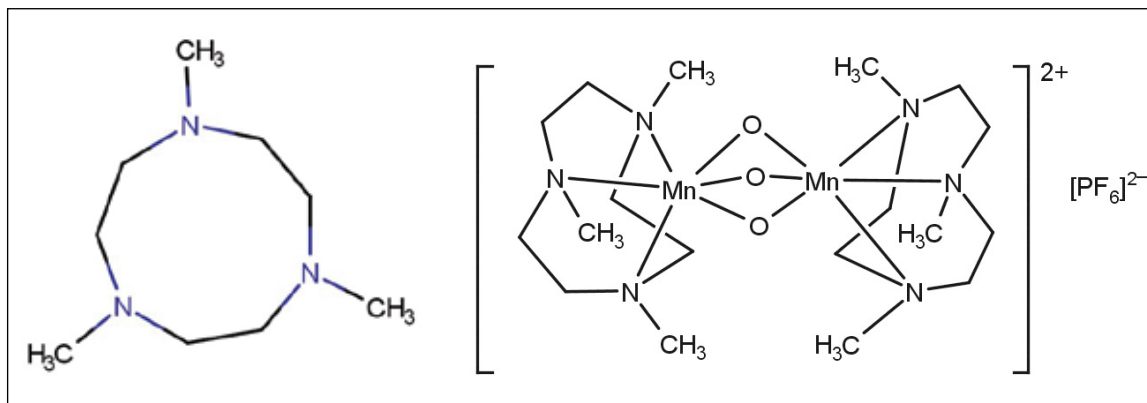
4) Det additive navn vil nok genere mange, fordi hvordan kan fem negative ligander føre til en samlet ladning på 1+ ? Men tag ikke 'hydrido' for alvorligt. Det er en konvention, at hydrogen som ligand tilkendes sådan. Stamhyridafledningen 'germanium' var det, der *ikke* var en dårlig vittighed i (2).

5) Omtalt med foto i (6). Se kommentar om 'xenat' i fodnote 4 til tabel 1.

6) Jesper Bendix omtalte forbindelsen (crypt-2,2,2)kalium(1+) dodecaplumbidoplatinat(2–) i (7). Den populære "snabel-a-notation" ($\text{Pt}@\text{Pb}_{12}$) er ikke officielt velsignet af IUPAC (endnu). Liganden er en *cryptand*, crypt-222 = 4,7,13,16,21,24-hexaoxa-1,10-diazabicyclo(8.8.8)hexacosan.

7) Bemærk, at formlen, og følgelig også begge støkiometriske navne, misrepræsenterer strukturen.

8) Både 'ido'- og 'yl'-formen er tilladte if. gældende IUPAC-regler.



Figur 4. Mere komplekskemi i køkkenet. Vi så sidst på molekylet til venstre med det populære akronym TACN [3, figur 7], og her er så det tokerne-mangankompleks MnTACN, i branchen også af nogle kaldet "Dragon", som katalyserer oxidation med hydrogenperoxid i opvaskemaskinen. Se dets frygtindgydende navn i tabel 2.

Ture Damhus (turedamhus@outlook.dk) er formand for Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg og medlem af IUPAC's Division VIII, der udarbejder IUPAC's nomenklaturanbefalinger.

Referencer

1. T. Damhus: Grundstofnavnene i arbejde for kemien. I. *Dansk Kemi* **100** #3 (2019) 20-22 (del 1); **100** #4 (2019) 26-27 (del 2).
2. T. Damhus: Grundstofnavnene i arbejde for kemien. II. *Dansk Kemi* **100** #5 (2019) 34, 36-38.
3. T. Damhus: Grundstofnavnene i arbejde for kemien. III. *Dansk Kemi* **100** #6 (2019) 32-35.

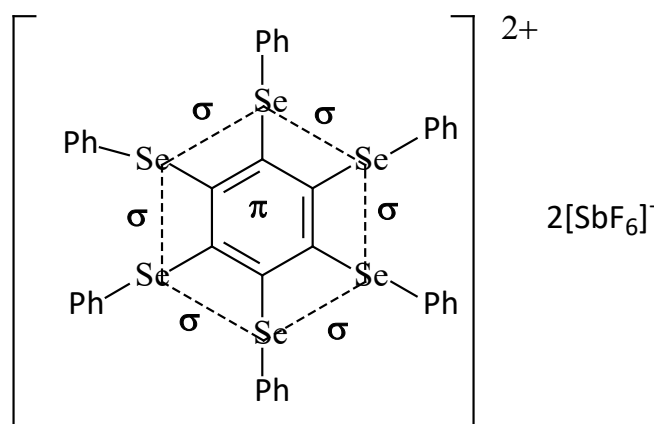
4. Dansk Kemisk Nomenklatur (www.kemisknomenklatur.dk).
5. L.-F. Olsson: Zeises Salt – from curiosity to Model Substance. Pp. 57-72 i *William Christopher Zeise – en dansk kemiker* [T. Morsing (red.), Historisk-kemiske skrifter nr. 2, udgivet af Dansk Selskab for Historisk Kemi 1990 (<https://www.historisk-kemi.dk>)].
6. J. Bendix: Periodesystemet – og lidt om oxidationstrin. *Dansk Kemi* **100** #2 (2019) 22-24.
7. J. Bendix: Periodesystemet og elektronegativiteter. *Dansk Kemi* **100** #3 (2019) 23-25.
8. C.E. Housecroft, A.G. Sharpe: *Inorganic Chemistry* [5th Ed., Pearson, 2018]. Section 13.7.

Nyt om ...

... Dobbelt aromaticitet fra σ - og π -orbitaler

Aromaticitet er siden opdagelsen af benzen i det 19. århundrede blevet betragtet som en egenskab ved et delokaliseret π -elektronsystem. Det er nu af en japansk gruppe blevet vist, at dobbelt aromaticitet eksisterer i en hexakis(phenylselanyl) benzen dikation. Benzenringen giver anledning til den velkendte π -aromaticitet med seks π -elektroner svarende til $n=1$ i Hückels $(4n+2)$ regel for aromaticitet. På grund af selens størrelse kan dens σ -elektroner overlappende og give anledning til et 10 σ -elektronsystem i dikationen svarende til $n=2$ i Hückels formel. Dikationen er isoleret som et krystallinsk salt, hvis røntgenstrukturanalyse svarer til den viste struktur med lige lange C-C- og lige lange Se-Se-bindinger.

Carl Th.



Double aromaticity arising from σ - and π -rings, *Communications Chemistry* 2018, DOI: 10.1038/s42004-018-0057-4.

**DEN ENESTE ØJENSKYL I VERDEN
DER HOLDER DINE ØJNE ÅBNE
UNDER SKYLNING**

– op til 15 minutters skyl i en flaske




MERE INFO


SE VIDEO

Industrivej 19 • 8881 Thorsø • Tlf: +45 2220 3064