

Metrologi - kort og godt

Udarbejdet af

Preben Howarth

Dansk Institut for Fundamental Metrologi

“Metrologi - kort og godt”

1. udgave 2. oplag

April 1999

I 2. oplag er foretaget små rettelser

Omslag:

Foto af Storebælts Østbro med lys i catwalk

Hver af Østbroens 55 præfabrikerede 48 meter lange og 500 ton tunge brofag blev detailopmålt for at justere de fire hængerpar, der bærer faget, til korrekt træk. De målte, og forventede, afvigelser fra de teoretiske mål, krævede justering af ophængene indenfor ± 30 mm. Justeringen af hver enkelt hængerbolt blev angivet med en nøjagtighed på ± 1 mm.

Fotograf:

Søren Madsen

Layout:

Center for Dansk Fundamental Metrologi

Tryk:

Notex - Tryk & Design as

Udgiver:

CDFM Center for Dansk Fundamental Metrologi

- et center uden mure indenfor fagområdet metrologi i samarbejde mellem Teknologisk Institut, FORCE instituttet, DELTA, Dansk Elektronik, Lys og Akustik og Dansk Institut for Fundamental Metrologi

CDFMs sekretariat

c/o DFM, Anker Engelundsvej 1, bygning 307

2800 Lyngby

Telefon 45 93 11 44

pho@dfm.dtu.dk

Rapportnummer:

DFM-98-R12

Resumé

Formålet med "Metrologi - kort og godt" er dels at skabe øget opmærksomhed omkring fundamental metrologi, og dels at bidrage til en fælles metrologisk referenceramme i Danmark. Den metrologiske fagstruktur og de metrologiske enheder er beskrevet, samt den danske og den internationale metrologiske infrastruktur. En ordliste er samlet primært fra internationale standarder anerkendt i Danmark.

Summary

The purpose with "Metrology - in short" is to increase the awareness of fundamental metrology, and to establish a common metrological frame of reference in Denmark. The Danish metrological structure with the 10 subject fields of metrology and the metrological units are described, as well as the Danish and the international organisations forming the metrological infrastructure. A list of metrological terms is collected primary from international standards recognised in Denmark.

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	9
2. Metrologisk faginddeling og -funktion	12
2.1 Inddeling i Metrologiske hovedområder og felter	12
2.2 Faglig funktion	15
2.2.1 Sporbarhedskæder	15
2.2.2 Normaler	15
2.2.3 Handlingsplaner for de metrologiske hovedområder	16
3. Metrologiske enheder	17
3.1 SI-grundenheder	19
3.2 Afledede SI-enheder	21
3.3 Skrive- og algebraiske regler for SI-enheder	23
3.4 Enheder uden for SI	25
3.5 SI-præfikser	27
4. Metrologisk organisation	29
4.1 Danske metrologiske organisation	29
4.1.1 Primærlaboratorier i Danmark	29
4.1.2 Nationale referencelaboratorier i Danmark	31
4.1.3 Akkrediterede laboratorier	31
4.1.4 Formelle samarbejder	31
4.2 Internationale metrologiske organisation	33
4.3 Adgangsveje til metrologisk viden	35
5. Ordliste	36
6. Henvvisninger	45
7. Kommentar-kupon	47

(x) henviser til kilde (x) i kapitel 6.

Forord

Det er med glæde, at vi her præsenterer håndbogen "Metrologi kort og godt". Den er tænkt som et overskueligt "værktøj" for danske brugere af metrologi, og den er skrevet for alle, der vil stifte bekendtskab med, vide mere om eller have præcis information om metrologi. Vi håber, at håndbogen kan gøre det lettere at blive introduceret til og arbejde med metrologi i Danmark, både når man skal have et indledende overblik over fagområdet, og når man har brug for et opslagsværk.

"Metrologi - kort og godt" er udgivet af Center for Dansk Fundamental Metrologi CDFM. Dette center blev dannet i 1997, og har til formål at skabe øget opmærksomhed omkring fundamental metrologi samt at bidrage til en fælles metrologisk referenceramme i Danmark.

For at "Metrologi - kort og godt" kan blive den metrologiske referenceramme i Danmark som det er visionen, har det været os magtpåliggende at få både konkrete bidrag og kommentarer fra den metrologiske "dagligdag" og praksis blandt forskellige brugere i erhvervslivet, på forskningsinstitutionerne, hos myndighederne og ved de teknologiske serviceinstitutter. Vi vil derfor gerne takke de mennesker, som har bidraget med faglige kommentarer til bogen.

Metrologi udvikler sig i takt med de naturvidenskabelige landvindinger og brugerens behov. Vi opfordrer derfor læserne til at komme med kommentarer, gerne på skemaet bagerst i bogen. "Metrologi - kort og godt" skal løbende opdateres og komme i nye udgaver.

En særlig tak til Erhvervsfremme Styrelsen for opbakning til, og for det økonomiske grundlag for at kunne udgive dette bidrag til samling af den fundamentale metrologi i Danmark.

Den daglige ledelse af Center for Dansk Fundamental Metrologi

Søren Stjernqvist
Divisionsdirektør
Teknologisk Institut

Gunnar Østergaard
Divisionschef
FORCE instituttet

Axel Lauersen
Divisionschef
DELTA Dansk Elektronik,
Lys og Akustik

Kim Carneiro
Direktør
Dansk Institut
for Fundamental Metrologi

1. Indledning

Mennesker måler

Dødsstraf for ikke at kalibrere længdemålestokken hver fuldmåne, var de kongelige arkitekters vilkår på byggepladser for templer og pyramider i det antikke Egypten 3.000 år før vor tidsregning. Den kongelige Cubit prototype var defineret som længden af forarmen fra den bøjede albue til spidsen af den udstrakte langfinger plus håndfladens bredde på den herskende farao. Originalen blev hugget i sort granit og arbejderne på byggepladserne fik kopier i granit eller træ. Det var arkitekternes ansvar at vedligeholde arbejdernes målestokke.

Selv så fjernt fra os, både i år og kilometer, har mennesker målt og tillagt korrekte målinger stor betydning. Tættere på os, i 1683, gav Christan V Danmark den første forordning om "Vegt oc Maal".

I nutidens Danmark måler og vejer vi for over 50 milliarder kr - om året! Naturligt nok, for metrologi er en del af vores dagligdag - planker og kaffe købes efter mål og vægt, lige som vand, el og varmemeforbrug måles og påvirker vores pengepung. Badevægten og politiets fart-radar påvirker nogle menneskers humør - og måske pengepung. Mængden af aktive stoffer i medicin, blodprøvemålinger eller effekten på kirurgens laser skal være præcise, for her er patientens helbred på spil. Vi kan næsten ikke beskrive noget uden at bruge mål eller vægt: Solskinstimer, brystmål, alkoholpromille, brevvægt, stuetemperatur, dæktryk ... prøv bare for sjovs skyld at føre en samtale helt uden brug af ord der indeholder mål eller vægt.

Oven i det er erhvervslivet og myndigheder mindst lige så afhængige af mål og vægt i det daglige arbejde: Piloten måler flyvehøjde, kurs, brændstofforbrug og hastighed, levnedsmiddelkontrollen måler bakterieindhold, søfartsmyndigheder måler opdrift, industrivirksomheder indkøber råvarer efter mål og vægt, og specificerer produkter på samme måde. Processer reguleres og alarmer går i gang på baggrund af målinger. Og systematiske målinger med kendte usikkerheder er en af grundpillerne i industriel kvalitetsstyring - i moderne industrivirksomheder beløber udgifterne til målinger i bred forstand sig til 10-15% af produktionsomkostningerne.

Endelig er naturvidenskaben fuldstændig afhængig af måling. Geologer måler rystelser når jordskælvs gigantiske kræfter slipper løs, og astronomer måler tålmodigt lyset fra fjerne stjerner for at kunne bestemme deres alder, lige som atomfysikere jubler når de endelig får målt en næsten uendelig lille partikels tilstedeværelse i nogle milliontedele sekund. At have passende måleudstyr og kunne bruge det, er vigtigt for en naturvidenskabsmand der objektivt skal kunne dokumentere sine

resultater - metrologi, verdens formentlig ældste videnskab, er et fundamentalt fagområde at kunne anvende!

Måling kræver fælles viden

Metrologi gør ikke meget væsen af sig - den er det stille vand med den dybe grund, som få kender men de fleste bruger. Og bruger i tillid til at man deler fælles viden om hvad en meter, et kilogram, en liter og en watt er. Tillid er nødvendig for at metrologi kan binde menneskelig aktivitet sammen på tværs af geografiske og faglige grænser. Tilliden øges ved stigende udbredelse af netværkssamarbejder, fælles enheder og standarder for måleprocedurer, samt anerkendelse, akkreditering og gensidig prøvning af hinandens målenormaler og laboratorier - mennesket har årtusinders erfaring om at livet virkelig bliver lettere når man er fælles om metrologi.

Metrologi er læren om måling

Metrologien har tre hovedopgaver:

1. Definition af internationalt anerkendte måleenheder, fx meteren.
2. Realisere måleenheder ved videnskabelige metoder, fx er meteren realiseret ved brug af laserlys.
3. Etablere sporbarhedskæder til dokumentation af målingers nøjagtighed, fx dokumenteret sammenhæng mellem måleklodserne i et finmekanisk værksted og et primærlaboratorium for længde.

Metrologi er indenfor EU opdelt i tre kategorier med stigende kompleksitet og nøjagtighed:

Legal metrologi, sikrer målingers nøjagtighed hvor disse har indflydelse på sundhed, sikkerhed og gennemskueligheden af økonomiske transaktioner.

Industriel metrologi, sikrer hensigtsmæssig funktion af måleinstrumenter der bruges i industrien samt i fremstillings- og prøvningsprocesser.

Videnskabelig metrologi, beskæftiger sig med at organisere og udvikle målenormaler samt med at opbevare dem (højeste kompleksitet og nøjagtighed).

Fundamental metrologi står i Danmark for det mest nøjagtige niveau inden for en given disciplin. Man kan derfor opfatte fundamental metrologi som den videnskabelige metrologi suppleret med de dele af den legale og industrielle metrologi, som kræver videnskabelig kompetence. Der er ingen international definition af begrebet fundamental metrologi.

Metrologi udvikler sig

Metrologi er nødvendig for naturvidenskaben, og den naturvidenskabelig grundforskning er samtidig udgangspunkt for metrologiens egen udvikling. Naturvidenskaben udvider hele tiden grænserne for hvad der er muligt, og den fundamentale metrologi forfølger de metrologiske aspekter af de nye landvindinger. Det giver forskerne endnu bedre metrologiske værktøjer til at fortsætte landvindingerne - og kun de metrologiske områder som også udvikler sig, kan fortsat være partner for industri og forskning.

Tilsvarende skal legal og industriel metrologi udvikle sig i takt med samfundets og industriens behov for at være relevant - for at være et tidssvarende og brugbart værktøj.

... og mennesker der måler kan bidrage

Det er hensigten at "Metrologi - kort og godt" løbende skal udvikles, og den bedste udvikling af et værktøj sker ved at indsamle erfaringer med brugen af det. Udgiverne modtager derfor meget gerne kommentarer, ros og ris - det kan eventuelt gøres på "kommentar-kuponen" bagerst i bogen. Samtidig vil bogen også blive opdateret med ændringer der følger af udviklingen i det metrologiske fagområde.

2. Metrologisk faginddeling og -funktion

2. Inddeling i Metrologiske hovedområder og felter

Internationalt er metrologien opdelt i 10 hovedområder. I Danmark er hovedområderne yderligere delt op i felter. Et primærlaboratorium eller et nationalt referencelaboratorium, se kapitel 4.1, skal fagligt dække hovedparten af det felt de er udpeget indenfor. Flere laboratorier kan tilsammen dække et felt og blive udpeget til primærlaboratorium eller referencelaboratorium.

Tabel 2.1: Metrologiske hovedområder og felter

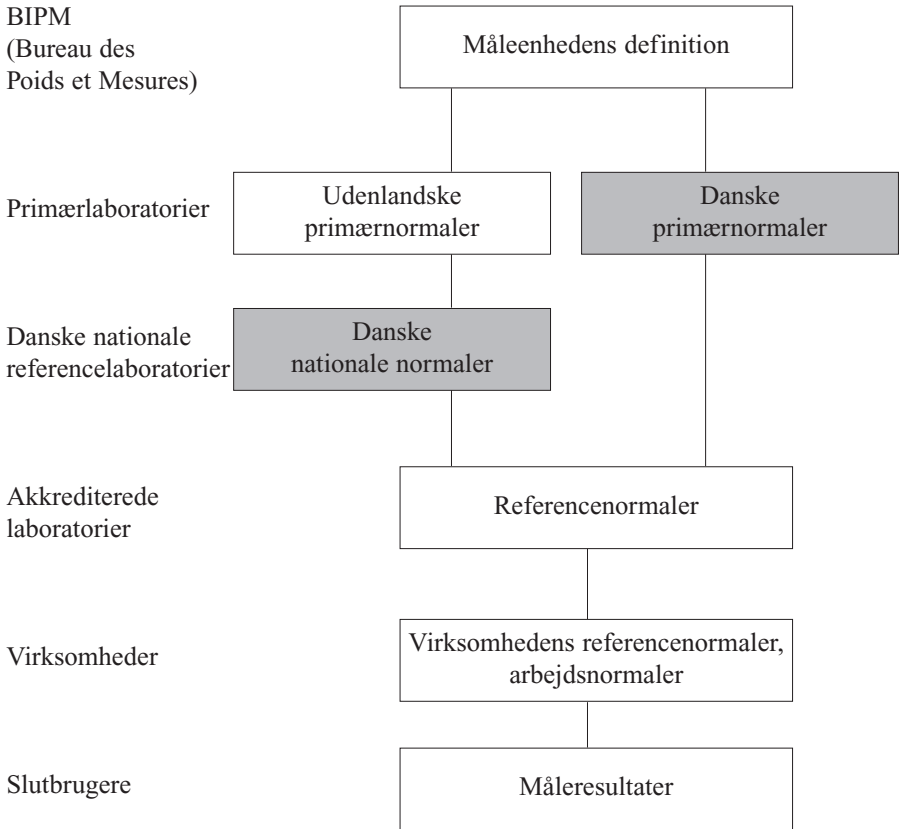
HOVED-OMRÅDE	Felter		Eksempler på vigtige normaler
MASSE	Massemålinger	**	Lodder, vægte
	Kraft og tryk	*	Dead-weight testere, kviksølvmanometre, kraft-, moment- og tryk-transducere, hårdheds-, træk/tryk- og slagsejheds-prøvemaskiner
	Volumen og densitet	*	Vand, rummål, volumenbeholdere og vægte
	Fugtighed	*	Dugpunkts- og elektroniske hygrometre
ELEKTRICITET	DC elektricitet (jævnstrøm)	**	Spændings- og strøm-vægte, Josephson- og Kvant Hall-effekt, Zener-reference, trådmodstande
	AC elektricitet (vekselstrøm)	*	Fra DC-strøm og spænding, kapacitansnormaler, beregnbar kondensatorer
	HF elektricitet (højfrekvent)	*	Termiske convertere, kalorimetre
	S/H elektricitet (stærkstrøm højspænding)		Fra AC-strøm og spænding
LÆNGDE	Længdemålinger	**	Måleklods
	Geometri	**	Rundhedsnormal, planglas, ring, dorn, mastertandhjul
TID OG FREKVENNS	Tid		Atomure
	Frekvens		Atomure, kvartsoscillatorer, lasere, tællere

TERMOMETRI	Temperaturmåling ved berøring	*	Gastermometri, fikspunkter, termoelementer, resistans-termometre, væske i glas-termometre, kvarts i krystal-termometre
	Berøringsfri temperaturmåling		Pyrometre
IONISERENDE STRÅLING OG RADIO-AKTIVITET	Absorberet dosis - Industrielle produkter		Kalorimetre, kalibrerede strålefelter, dikromat dosimetre
	Absorberet dosis - Medicin		Ionisationskamre
	Strålingsbeskyttelse		Ionisationskamre, certificerede radioaktive kilder
	Radioaktivitet		Ionisationskamre, certificerede radioaktive kilder
FOTOMETRI OG RADIOMETRI	Optisk radiometri	*	Kryogent radiometer, detektorer, strålingskilder, referencematerialer
	Fotometri		Lyskilder, referencematerialer
	Kolorimetri		
	Optiske fibre		Referencematerialer
FLOW	Gasflow (volumen)	*	Gasklokker, fortrængningsmålere, turbinemålere
	Vandflow (volumen, masse og energi)	*	Volumennormaler, pitotrør, niveaumålere
	Flow i andre væsker end vand	*	
	Anemometri		Anemometre
AKUSTIK	Akustiske målinger i gasser	**	Pistofoner, kondensatormikrofoner
	Akustiske målinger i faste stoffer	**	Accelerometre, krafttransducere, laserinterferometre
	Akustiske målinger i væsker		Hydrofoner
KEMI	Miljø kemi		Certificerede referencematerialer
	Klinisk kemi		
	Materiale kemi		Rene stoffer, certificerede referencematerialer
	Fødevarer kemi		Certificerede referencematerialer
	Biokemi		
	Mikrobiologi		
	pH målinger	**	

* Dansk nationalt referencelaboratorium på feltet

** Dansk primærlaboratorium på feltet

Figur 2.1: Sporbarhedskæden



 Den danske fundamentale metrologiske organisation, se kapitel 4.1.

2.2 Faglig funktion

2.2.1 Sporbarhedskæder

En sporbarhedskæde er en ubrudt kæde af sammenligninger, som sikre at et måleresultat eller værdien af en normal kan relateres til referencer med stadigt højere nøjagtighedsniveau, i sidste instans en primærnormal.

2.2.2 Normaler

En målenormal er et materialiseret mål, måleinstrument, referencemateriale eller målesystem, som har til formål at definere, realisere fysisk, bevare eller reproducere en eller flere værdier for en størrelse for at tjene som reference.

Eksempel: Meteren er defineret som længden af den vej lyset gennemløber i det tomme rum i løbet af tiden $1/299\,792\,458$ sekund. Meteren realiseres på det primære niveau ved bølgelængden af stråling fra en iod-stabiliseret helium-neon laser. På underliggende niveauer benyttes materialiserede mål i form af måleklodser, og sporbarhed overføres fra det primære niveau ved at bestemme måleklodsernes længde i forhold til laserlysets bølgelængde ved optisk interferometri.

Normalernes hierarkiske sammenhæng er vist på figur 2.1. De forskellige normaler er defineret i ordlisten.

Der anvendes mange forskellige former for normaler, hvoraf nogle almindelig brugte er nævnt i tabel 2.1 i kapitel 2.1. En international dækkende fortegnelse over alle normaler findes ikke.

2.2.3 Handlingsplaner for de metrologiske hovedområder

For hvert af de ti metrologiske hovedområder, se kapitel 2.1, skrives ca. hvert 5. år en handlingsplan. Formålet er dels at få gjort status på det metrologiske hovedområde og dels at udpege indsatsområder for den følgende femårsperiode. Til at skrive hver handlingsplan samles en gruppe af faglige eksperter.

Handlingsplan for det metrologiske hovedområde:	Seneste udgave:
Akustik	1992
Elektricitet	1994
Fotometri og radiometri	1996
Ioniserende stråling og radioaktivitet	1992
Kemi / Amount of substance (skrevet på engelsk)	1994
Længde	1998
Masse	1997
Strøm af fluide medier (flow)	1999
Termometri	1992
Tid og frekvens	1992

3. Metrologiske enheder

Idéen til metersystemet - et enhedssystem baseret på meter og kilogram - opstod under den franske revolution og de første normaler blev i 1799 deponeret i republikkens arkiver i Paris. I 1946 blev MKSA-systemet (Meter Kilogram Sekund Ampere) vedtaget af meterkonventionens lande, og i 1954 blev MKSA udvidet med kelvin og candela og fik navnet SI-systemet.

Det internationale SI-enhedssystem (Le **S**ystème **I**nternational d'Unités) med de formelle definitioner af alle SI-grundenheder er godkendt af Generalkonferencen for Mål og Vægt, CGPM (Conférence Générale des Poids et Mesures).

SI-systemet er baseret på syv grundenheder, som sammen med de afledede SI-enheder udgør det kohærente (sammenhængende) SI-system.

Desuden accepteres det at bruge visse enheder uden for SI-systemet sammen med SI-enhederne.

Sammenhængen i tabellerne over enheder (tabel 3.1 - 3.7) er vist i nedenstående oversigt:

SI-enheder

tabel 3.1 Grundenheder.

tabel 3.2 Afledede enheder udtrykt ved grundenheder.

tabel 3.3 Afledede enheder med særlige navne og symboler.

tabel 3.4 Afledede enheder hvis navne og symboler indeholder enheder med særlige navne og symboler.

Enheder uden for SI

tabel 3.5 Enheder som accepteres på grund af deres udbredte anvendelse.

tabel 3.6 Enheder til anvendelse inden for afgrænsede fagområder.

tabel 3.7 Enheder til anvendelse inden for afgrænsede fagområder og hvis værdier er eksperimentelt bestemte.

Tabel 3.1: SI-grundenheder (9)

Størrelse	Grundenhed	Symbol
længde	meter	m
masse	kilogram	kg
tid	sekund	s
elektrisk strøm	ampere	A
termodynamisk temperatur	kelvin	K
stofmængde	mol	mol
lysstyrke	candela	cd

Tabel 3.2: Eksempler på afledede SI-enheder udtrykt i SI-grundenheder (2)

Afledt størrelse	Afledt enhed	Symbol
areal	kvadratmeter	m ²
volumen	kubikmeter	m ³
fart, hastighed	meter per sekund	m/s
acceleration	meter per sekund i anden	m/s ²
bølgetal	reciprok meter	m ⁻¹
masse-densitet, -tæthed, -fylde	kilogram per kubikmeter	kg/m ³
specifik volumen	kubik meter per kilogram	m ³ /kg
strømtæthed	ampere per kvadratmeter	A/m ²
magnetisk feltstyrke	ampere per meter	A/m
koncentration (af stofmængde)	mol per kubikmeter	mol/m ³
luminance	candela per kvadratmeter	cd/m ²

3.1 SI-grundenheder

De første grundenheder blev godkendt på den første generalkonference i 1889. Grundenhederne modificeres efterhånden som den metrologiske forskning giver mulighed for mere præcise realiseringer af disse enheder.

Eksempel: Meteren blev i 1960 modificeret fra at være realiseret og defineret ved den internationale prototype af meterstokken, til at blive defineret som den længde lyset tilbagelægger i det tomme rum på $1/299\,792\,458$ sekund, og realiseret ved bølgelængden fra et udladningsrør med en krypton 86. I 1983 blev det vedtaget, at meteren realiseres ved bølgelængden af stråling fra en iod-stabiliseret helium-neon laser. Nøjagtigheden blev ved modifikationen i 1983 forbedret fra 10^{-7} til 10^{-10} m. Definitionen er uændret.

Grundenhedernes definitioner:

En meter er længden af den vej lyset gennemløber i det tomme rum i løbet af tiden $1/299\,792\,458$ sekund.

Et kilogram er massen af den internationale normal af kilogrammet.

Et sekund er varigheden af $9\,192\,631\,770$ perioder af caesium-133 atomet ved overgang mellem grundtilstandens to hyperfinstruktur-niveauer.

En ampere er strømstyrken af en konstant elektrisk strøm, der - når den løber i to parallelle, rette, uendelig lange ledere med forsvindende lille cirkulært tværsnit, som har en indbyrdes afstand på 1 meter og er anbragt i det tomme rum - bevirker, at den ene leder påvirker den anden med kraften 2×10^{-7} newton for hver meter.

En kelvin er brøkdelen $1/273,16$ af vands tripelpunkts termodynamiske temperatur.

En mol er stofmængden af et system, der indeholder lige så mange elementære dele, som der er atomer i $0,012$ kilogram kulstof-12.

Ved brug af enheden mol må de elementære dele specificeres og kan være atomer, molekyler, ioner, elektroner, andre partikler eller specificerede grupper af sådanne partikler.

En candela er lysstyrken i en given retning af en lyskilde, som udsender monokromatisk lys med en frekvens på 540×10^{12} hertz, og hvis strålingsstyrke er $1/683$ watt per steradian.

Table 3.3 Afledede SI-enheder med særlige navne og symboler (9)

Afledt størrelse	Afledt SI-enhed	Sym-bol	I SI-enheder	I SI-grundenheder
frekvens	hertz	Hz		s^{-1}
kraft	newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
tryk, spænding	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
energi, arbejde, varme	joule	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
effekt, radiant flux	watt	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
elektrisk ladning	coulomb	C		$s \cdot A$
elektrisk spænding, elektromotorisk kraft	volt	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
elektrisk kapacitans	farad	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
elektrisk modstand, resistans	ohm	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
elektrisk konduktans	siemens	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
magnetisk flux	weber	Wb	$V \cdot S$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
magnetisk induktion, magnetisk fluxtæthed	tesla	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
induktans	henry	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
lysstrøm	lumen	lm	$cd \cdot sr$	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = cd$
belysningsstyrke, illuminans	lux	lx	lm/m^2	$m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd = m^{-2} \cdot cd$
aktivitet (radioaktivitet)	becquerel	Bq		s^{-1}
absorberet dosis	gray	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
dosisækvivalent	sievert	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
planvinkel	radian	rad	En radian er den plane vinkel, som af en cirkel med centrum i vinklens toppunkt udskærer en buelængde lig cirkelns radius.	
rumvinkel	steradian	sr	En steradian er den rumvinkel, som af en kugleflade med centrum i rumvinklens toppunkt udskærer et areal lig arealet af et plant kvadrat, hvis side er lig kuglens radius.	

3.2 Afledede SI-enheder

De afledede enheder er afledt af grundenhederne ud fra den fysiske sammenhæng mellem størrelserne.

Eksempel: Fra den fysiske sammenhæng mellem længde målt i m, og tid målt i s, afledes størrelsen fart målt i m/s.

Afledede enheder udtrykkes ved potensprodukter af grundenheder ved brug af de matematiske symboler for multiplikation og division. Tabel 3.2 viser eksempler på afledede enheder.

For nogle af de afledede enheder har Generalkonferencen godkendt særlige navne og symboler, som vist i tabel 3.3.

Nogle grundenheder indgår i forskellige størrelser, som vist i tabel 3.4. En afledt enhed kan ofte udtrykkes ved forskellige kombinationer af 1) grundenheder og 2) afledte enheder med særlige navne. I praksis er der præference for brug af bestemte specielle enhedsnavne og kombinationer af enheder, for at kunne kende forskel på forskellige størrelser med samme dimension. Derfor bør et måleinstrument angive både enheden og størrelsen på det instrumentet måler.

Table 3.4 Eksempler på afledede SI-enheder hvis navne og symboler indholder SI-afledede enheder med særlige navne og symboler (2)

Afledt størrelse	Afledt enhed	Symbol	i SI-grundenheder
dynamisk viskositet	pascal sekund	Pa · s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
kraftmoment	newton meter	N · m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
overfladespænding	newton per meter	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
vinkelhastighed	radian per sekund	rad/s	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} = s^{-1}$
vinkel acceleration	radian per sekund i anden	rad/s ²	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2} = s^{-2}$
varme flux tæthed	watt per kvadratmeter	W/m ²	$kg \cdot s^{-3}$
varmekapacitet, entropi	joule per kelvin	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
specifik varmekapacitet, specifik entropi	joule per kilogram kelvin	J/(kg·K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
specifik energi termisk	joule per kilogram	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
konduktivitet	watt per meter kelvin	W(m·K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
energitæthed	joule per kubikmeter	J/m ³	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
elektrisk feltstyrke	volt per meter	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
elektrisk ladningstæthed	coulomb per kubikmeter	C/m ³	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
elektrisk flux tæthed	coulomb per kvadratmeter	C/m ²	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
permittivitet	farad per meter	F/m	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
permeabilitet	henry per meter	H/m	$m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
molær energi	joule per mol	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
molær entropi, molær varmekapacitet	joule per mol kelvin	J/(mol·K)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
eksponering (x og y stråling)	coulomb per kilogram	C/kg	$kg^{-1} \cdot s \cdot A$
absorberet dosis rate	gray per sekund	Gy/s	$m^2 \cdot s^{-3}$
strålingsintensitet	watt per steradian	W/sr	$m^4 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
stråling	watt per kvadratmeter steradia	W/(m ² ·sr)	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3} = kg \cdot s^{-3}$

3.3 Skrive- og algebraiske regler for SI-enheder

1. Enhedssymbolerne skrives med lodret ordinær type, små bogstaver. Hvis enheden er afledt af personnavn, er første bogstav i enhedssymbolet stort, men navnet skrives med små bogstaver. Undtagelse: Altid stort bogstav ved sætningsbegyndelse.

Eksempel: Enheden kelvin skrives som enhedssymbolet K.

2. Enhedssymbolerne er uændrede i flertal.
3. Punktum sættes ikke efter et enhedssymbol, undtagen ved afslutning af en sætning.
4. Sammensatte enheder dannet ved multiplikation af to eller flere enheder skrives med højt punktum eller mellemrum.

Eksempel: N · m eller N m.

5. Sammensatte enheder dannet ved division af en enhed med en anden, skrives med skrå eller vandret brøkstreg eller som negativ potens.

Eksempel: m/s eller $m \cdot s^{-1}$.

6. Den sammensatte enhed må ikke kombineres med yderligere multiplikations- eller divisionstegn. I vanskelige tilfælde kan parenteser og/eller negative eksponenter bruges for at undgå misforståelser.

Eksempel: m/s^2 eller $m \cdot s^{-2}$ *men ikke* m/s/s

Eksempel: $m \cdot \text{kg}/(\text{s}^3 \cdot \text{A})$ eller $m \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ *men hverken*
 $m \cdot \text{kg}/\text{s}^3/\text{A}$ *eller*
 $m \cdot \text{kg}/\text{s}^3 \cdot \text{A}$

Table 3.5 Enheder uden for SI, som accepteres (9)

Størrelse	Enhed	Symbol	Værdi i SI-enheder
tid	minut	min	1 min = 60 s
	time	h	1 h = 60 min = 3600 s
	dag	d	1 d = 24 h
vinkel	grad	°	1° = ($\pi/180$) rad
	minut	'	1' = (1/60)° = ($\pi/10\ 800$) rad
	sekund	"	1" = (1/60)' = ($\pi/648\ 000$) rad
	nygrad	gon	1 gon = ($\pi/200$) rad
volumen	liter	l, L	1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
masse	ton	t	1 t = 10 ³ kg
tryk i luft, væske	bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa

Table 3.6: Enheder uden for SI til anvendelse inden for afgrænsede fagområder (9)

Størrelse	Enhed	Symbol	Værdi i SI-enheder
længde	sømil		1 sømil = 1852 m
hastighed	knob		1 sømil per time = (1852/3600) m/s
masse	metrisk		1 metrisk karat =
	karat		2 A 10 ⁻⁴ kg = 200 mg
linear densitet	tex	tex	1 tex = 10 ⁻⁶ kg/m = 1 mg/m
optiske systemers styrke	dioptri		1 dioptri = 1 m ⁻¹
tryk i legemsvæsker	millimeter kviksølv	mmHg	1 mmHg = 133 322 Pa
areal	ar	a	1 a = 100 m ²
areal	hektar	ha	1 ha = 10 ⁴ m ²
tryk	bar	bar	1 bar = 100 kPa = 10 ⁵ Pa
længde	ångström	Å	1 Å = 0,1 nm = 10 ⁻¹⁰ m
virkningstværsnit	barn	b	1 b = 10 ⁻²⁸ m ²

3.4 Enheder uden for SI

Tabel 3.5 angiver enheder uden for SI, som accepteres brugt sammen med SI-enheder på grund af deres udbredte brug i dagligdagen eller fordi de bruges på specielle områder.

Tabel 3.6 angiver enheder uden for SI, som accepteres brugt inden for afgrænsede fagområder.

Tabel 3.7 angiver enheder udenfor SI, som accepteres brugt inden for afgrænsede fagområder og som er eksperimentelt bestemt. Den kombinerede standardusikkerhed (dækningsfaktor $k=1$) på tallets sidste to cifre er angivet i parentes.

Tabel 3.7: Enheder uden for SI til anvendelse inden for afgrænsede fagområder og hvis værdier er eksperimentelt bestemte (2)(9)

Størrelse	Enhed	Symbol	Definition	Værdi i SI-enheder
energi	elektron-volt	eV	1 eV er den kinetiske energi, en elektron erhverver ved passage gennem en potential-differens på 1 volt i vacuum.	1 eV = 1.602 177 33 (49) · 10 ⁻¹⁹ J
masse	atommasse- enhed	u	1 u er lig med 1/12 af massen af et atom af nuclidet ¹² C.	1 u = 1.660 540 2 (10) · 10 ⁻²⁷ kg
længde	astrono- misk enhed	ua		1 ua = 1.495 978 706 91 (30) · 10 ¹¹ m

Tabel 3.8: SI-præfikser (9)

Faktor	Præfiks	Symbol	Faktor	Præfiks	Symbol
10 ¹	deca	da	10 ⁻¹	deci	d
10 ²	hecto	h	10 ⁻²	centi	c
10 ³	kilo	k	10 ⁻³	milli	m
10 ⁶	mega	M	10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁹	giga	G	10 ⁻⁹	nano	n
10 ¹²	tera	T	10 ⁻¹²	pico	p
10 ¹⁵	peta	P	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ¹⁸	exa	E	10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ²¹	zetta	Z	10 ⁻²¹	zepto	z
10 ²⁴	yotta	Y	10 ⁻²⁴	yocto	y

3.5 SI-præfikser

Generalkonferencen har anerkendt en serie af præfikser og præfikssymboler, vist i tabel 3.8, som refererer specifikt til potenser af 10. Regler for brugen af præfikser:

1. Præfikset skrives uden mellemrum foran enheden.

Eksempel: Centimeter skrives som cm *ikke* c m

2. Brug ikke sammensatte præfikser.

Eksempel: 10^{-6} kg skrives som 1 mg *ikke* $1 \mu\text{kg}$

3. Et præfiks må ikke stå alene.

Eksempel: $10^9/\text{m}^3$ skrives *ikke* G/m^3

De syv danske primærlaboratorier:

- 1) Primærlaboratorium for masse målinger: Dansk Institut for Fundamental Metrologi
- 2) Primærlaboratorium for DC elektricitet: Dansk Institut for Fundamental Metrologi
- 3) Primærlaboratorium for længdemålinger: Dansk Institut for Fundamental Metrologi
- 4) Primærlaboratorium for geometri: Nationalt Laboratorium for Geometrisk Måleteknik NGM (Center for Geometrisk Metrologi & Teknologisk Institut)
- 5) Primærlaboratorium for akustiske målinger i gasser: Dansk Primærlaboratorium for Akustik (Brüel & Kjør A/S og Institut for Akustisk Teknologi)
- 6) Primærlaboratorium for akustiske målinger i faste stoffer: Dansk Primærlaboratorium for Akustik (Brüel & Kjør A/S og Institut for Akustisk Teknologi)
- 7) Primærlaboratorium for pH-målinger: Radiometer Medical A/S

4. Metrologisk organisation

4.1 Danske metrologiske organisation

Den danske metrologiske organisation er vist i sammenhæng med sporbarhedskæden på figur 2.1 i kapitel 2.2. Den fundamentale metrologiske del af organisationen består af primærlaboratorier og nationale referencelaboratorier i Danmark.

I Danmark skelnes mellem primærlaboratorier og nationale referencelaboratorier afhængig af hvilke normaler laboratoriet har. Begge laboratorier har nationale normaler, men et primærlaboratorium har primærnormaler og internationale normaler, mens et nationalt referencelaboratorium har sekundærnormaler.

4.1.1 Primærlaboratorier i Danmark

Et primærlaboratorium er et udpeget akkrediteret laboratorium, som

- er internationalt anerkendt for at realisere en metrologisk grundenhed eller en afledt enhed på højeste opnåelige internationale niveau og
- driver internationalt anerkendt forskning på området og
- vedligeholder og videreudvikler den pågældende enhed ved at vedligeholde og videreudvikle primær- eller internationale normaler.

Et primærlaboratorium i Danmark udpeges af Erhvervsfremme Styrelsen under Erhvervsministeriet på baggrund af en indstilling fra et vurderingsudvalg bestående af en udenlandsk faglig ekspert, en dansk faglig ekspert, en repræsentant fra DANAK og en medarbejder fra DFM.

Et laboratorium kan ansøge om at blive udpeget, hvorefter Erhvervsfremme Styrelsen i første runde vil vurdere om ansøgeren er umiddelbart kvalificeret og om udpegningen vil være i overensstemmelse med den metrologiske handlingsplan for området. I næste runde bliver ansøgningen forelagt DFMs bestyrelse, meddelse sendes til relevante instanser om at der er åbent for ansøgninger fra andre interesserede laboratorier, og ovennævnte vurderingsudvalg nedsættes. Erhvervsfremme Styrelsen udpeger blandt de kvalificerede ansøgere den bedst egnede til primærlaboratorium.

De ti danske nationale referencelaboratorier:

- 1) Referencelaboratorium for kraft og tryk: FORCE Instituttet
- 2) Referencelaboratorium for volumen og densitet: FORCE Instituttet
- 3) Referencelaboratorium for luftfugtighed: DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik
- 4) Referencelaboratorium for AC elektricitet: Arepa Test og Kalibrering A/S
- 5) Referencelaboratorium for HF elektricitet: Hewlett-Packard A/S
- 6) Referencelaboratorium for temperaturmåling ved berøring: Teknologisk Institut
- 7) Referencelaboratorium for optisk radiometri: Dansk Institut for Fundamental Metrologi
- 8) Referencelaboratorium for gasflow: FORCE Instituttet
- 9) Referencelaboratorium for vandflow: Teknologisk Institut
- 10) Referencelaboratorium for flow i andre væsker end vand: FORCE Instituttet

4.1.2 Nationale referencelaboratorier i Danmark

Et nationalt referencelaboratorium er et udpeget akkrediteret laboratorium, som

- med sporbarhed til et udenlandsk primærlaboratorium kan kalibrere en given målestørrelse på højeste nøjagtighedsniveau i Danmark og
- vedligeholder og udvikler den pågældende enhed ved at vedligeholde og videreudvikle referencenormaler.

Et nationalt referencelaboratorium udpeges af Erhvervsfremme Styrelsen efter samme procedure som for et primærlaboratorium. På felter hvor der er udpeget et primærlaboratorium, udpeges der ikke et nationalt referencelaboratorium.

4.1.3 Akkrediterede laboratorier

Et akkrediteret laboratorium har en 3. parts anerkendelse af laboratoriets tekniske kompetence, kvalitetsstyringssystem samt uvildighed. Både myndigheders og private virksomheders laboratorier kan være akkrediteret. Akkreditering er frivillig, men en række danske myndigheder sikrer kvaliteten ved prøvninger og kalibreringer inden for deres område ved at kræve, at laboratorierne er akkrediteret af DANAK. Det gælder for eksempel laboratorier som udfører levnedsmiddelkontrol og kontrol af butiksvægte.

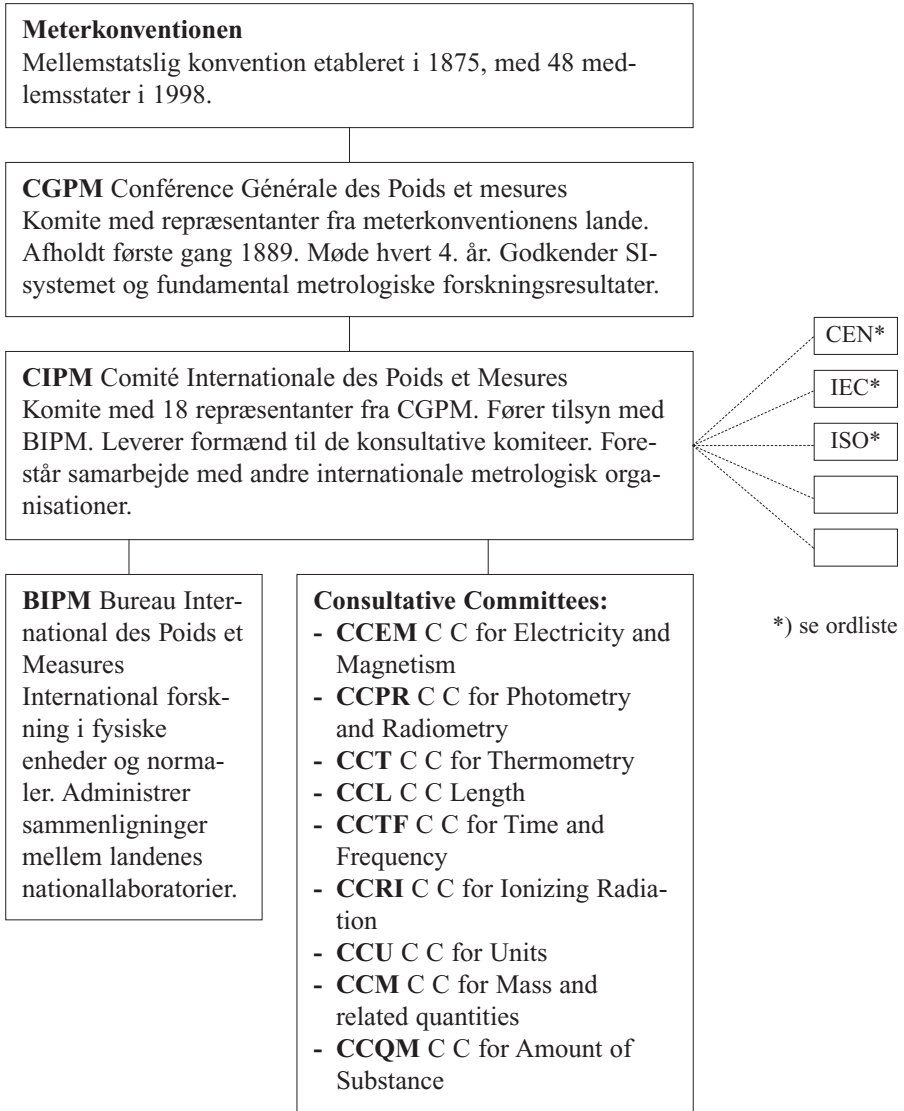
Akkreditering tildeles på baggrund af en bedømmelse af laboratoriet og der føres løbende tilsyn. Grundlaget for akkreditering er de europæiske standarder EN 45001, 45002 og 45003, samt en række mere detaljerede tekniske forskrifter og retningslinier. I Danmark tildeles akkreditering af DANAK (Dansk Akkreditering) under Erhvervsfremme Styrelsen. DANAK fører også tilsyn samt udgiver "Register over akkrediterede prøvningslaboratorier og godkendte GLP-laboratorier", som opdateres flere gange om året.

4.1.4 Formelle samarbejder

CDFM Center for Dansk Fundamental Metrologi, er et center uden mure i samarbejde mellem Teknologisk Institut, FORCE Instituttet, DELTA Dansk Elektronik Lys og Optik samt Dansk Institut for Fundamental Metrologi.

DANIAMet er et samarbejde mellem primær- og referencelaboratorierne i Danmark.

Figur 4.1: Internationale metrologiske organisation (13)



4.2 Internationale metrologiske organisation

Nationale metrologiinstitutioner

Et måleteknisk institut, som af det pågældende lands regering er udpeget til at repræsentere landet i internationale sammenhænge over for andre landes nationale metrologiinstitutioner. De nationale metrologiinstitutioner er ryggraden i den internationale organisation vist i figur 4.1. Danmarks nationale metrologiinstitution er Dansk Institut for Fundamental Metrologi, DFM.

EUROMET

De nationale metrologiinstitutioner fra 23 lande i Europa og EU-kommissionen, samarbejder inden for metrologisk forskning, sammenligning af målenormaler, sporbarhed og anvendelse af metrologisk viden.

EA European co-operation for Accreditation

DANAK er medunderskriver af multilaterale aftaler indgået indenfor EA, som garanterer gensidig anerkendelse af akkreditering inden for kalibrering og prøvning fra tilsvarende organisationer i Belgien, Finland, Frankrig, Holland, Irland, Italien, Norge, Portugal, Schweiz, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tyskland og Østrig.

DANAK er medunderskriver af bilaterale aftaler indgået indenfor EA, som garanterer gensidig anerkendelse af akkreditering inden for kalibrering og prøvning fra tilsvarende organisationer i Australien, Hong Kong (kun prøvning), New Zealand, Sydafrika og Tjekkiet.

EUROLab

Frivilligt fagligt samarbejde mellem prøvnings- og kalibreringslaboratorier i Europa. Der er cirka 100 medlemmer i Danmark.

Andre organisationer

Flere organisationer end ovenfor nævnte findes i ordlisten under deres bogstavsforkortelse.

Viden om ...	Kilder	Kontakt
Primærlaboratorier og referencelaboratorier	DANIAMet medlemsfortegnelse	Sekretariat: DFM Anker Engelundsvej 1 2800 Lyngby 45 93 11 44 www.dfm.dtu.dk
Akkrediterede laboratorier	DANAK's Register over akkrediterede prøvningslaboratorier og godkendte GLP-laboratorier	DANAK Tagensvej 137 2200 København N 35 86 86 86 www.danak.efs.dk
Måle- og vejelaboratorier på godkendte teknologiske serviceinstitutter	GTS-institutterne i Danmark Institutrådet	Venlighedsvej 6 2970 Hørsholm 45 86 70 55 www.atg.dk
Udenlandske nationale metrologiske institutter	Guide to EUROMET DFM	Anker Engelundsvej 1 2800 Lyngby 45 93 11 44 www.dfm.dtu.dk
Internationale laboratorier som anerkender dansk akkreditering	Liste i DANAKs register over medunderskrivere på EAs multi- og bilaterale aftaler	DANAK Tagensvej 137 2200 København N 35 86 86 86 www.danak.efs.dk
Standarder: DS/EN ISO standarder MSA (US bilfabrikker) GUM og andre		Dansk Standard Kollegievej 6 2920 Charlottenlund 39 96 61 01 www.ds.dk
Handlingsplaner for de metrologiske hovedområder	Se kapitel 2.2.3 DFM	Anker Engelundsvej 1 2800 Lyngby 45 93 11 44 www.dfm.dtu.dk

4.3 Adgangsveje til metrologisk viden

Oversigten giver væsentlige adgangsveje til metrologisk viden, men er ikke en fuldstændig beskrivelse af hvad der findes i Danmark. Ud over de kilder som er nævnt, findes en række laboratorier både hos myndigheder og i private virksomheder, som også arbejder med målinger på forskellige niveauer og inden for forskellige fagområder.

5. Ordliste

(x) henviser til kilde (x) i kapitel 6.

Afledt Måleenhed Se Måleenhed, afledt.

Afvigelse Værdi minus dens referenceværdi. (6)

Akkrediteret laboratorium Laboratorium med 3. parts anerkendelse af laboratoriets tekniske kompetence, kvalitetsstyringssystem samt uvildighed. Se kapitel 4.1.3.

Arbejdsnormal Normal der anvendes rutinemæssigt til at kalibrere eller kontrollere materialiserede mål eller måleinstrumenter eller referencematerialer. (6)

Arbejdsområde Række af værdier for målestørrelsen, inden for hvilke det er hensigten, at måleinstrumentets fejl ligger inden for specificerede grænser. (6)

Artefakt Genstand forarbejdet af menneskehånd. (12) Eksempler på måletekniske artefakter er et lod og en meterstok.

BIPM Bureau International des Poids et Mesures. Se kapitel 4.2.

BNM Bureau National de Métrologie, Frankrigs nationale metrologiske institut.

CCEM Consultative Committee for Electricity and Magnetism. Oprettet 1927.

CCL Consultative Committee for Length. Oprettet 1952.

CCM Consultative Committee for Mass and related quantities. Oprettet 1980.

CCPR Consultative Committee for Photometry and Radiometry. Oprettet 1933.

CCQM Consultative Committee for Amount of Substance

CCRI Consultative Committee for Ionizing Radiation. Oprettet 1958.

CCT Consultative Committee for Thermometry. Oprettet 1937.

CCTF Consultative Committee for Time and Frequency. Oprettet 1956.

CCU Consultative Committee for Units. Oprettet 1964.

CEN Comité Européene de Normalisation. Europæiske standardiserings-organisation.

CDFM Center for Dansk Fundamental Metrologi. Se kapitel 4.1.

CGPM Conférence Générale des Poids et Mesures. Afholdt første gang i 1889. Møde hvert 4. år. Se kapitel 4.2.

Checknormal Arbejdsnormal der rutinemæssigt anvendes til at sikre, at målinger er korrekt udført. (6)

CIPM Comité Internationale des Poids et Mesures. Se kapitel 4.2.

DANAK Dansk Akkreditering. Tildeler akkrediteringer i Danmark. Hører under Erhvervsfremme Styrelsen, Erhvervsministeriet. Se kapitel 4.1.

DANIAMet Samarbejde mellem primær- og referencelaboratorierne i Danmark. Se kapitel 4.1.

Detektor Indretning eller stof, der viser tilstedeværelsen at et fænomen uden nødvendigvis at give en værdi for den tilhørende størrelse. Fx lakmuspapir. (6)

DFM Dansk Institut for Fundamental Metrologi. Danmarks nationale metrologiske institut. Se kapitel 4.1.2.

Drift Langsom ændring af en metrologisk egenskab ved et måleinstrument. (6)

Dødbånd Største interval, i hvilket stimulus kan varieres (begge retninger) uden at frembringe en ændring i måleinstrumentets respons. (6)

EA European co-operation for Accreditation, dannet ved sammenlægning af EAL (European Cooperation for Accreditation of Laboratories) og EAC (European Accreditation of Certification) i november 1997. Se kapitel 4.2.

EAC Se EA.

EAL Se EA.

EFS Erhvervsfremme Styrelsen.

Enhed Se Måleenhed.

Enhedssystem Se Måleenhedssystem.

EUROMET Samarbejde mellem 22 nationale metrologiinstitutter i Europa og Tyrkiet samt EU-kommissionen. Se kapitel 4.2.

EUROLab Frivilligt fagligt samarbejde mellem prøvnings- og kalibrerings-laboratorier i Europa. Se kapitel 4.2.

Fejl (for et måleinstrument), største tilladte Ekstremværdierne for en fejl, der er tilladt ved specifikationer, regulativer m.v. for et givet måleinstrument. (6)

Fejl (i et måleinstrument), systematisk Systematiske visningsfejl i et Måle-instrument. (6)

Fejlgrenser (for et måleinstrument) Ekstremværdierne for en fejl, der er tilladt ved specifikationer, regulativer m.v. for et givet måleinstrument. (6)

Fundamental Metrologi Se Metrologi, fundamental.

Generalkonferencen for Mål og Vægt Se CGPM.

Grundenhed (for måling) Måleenhed for en grundstørrelse i et givet system af størrelser. (6)

GLP God Laboratorie Praksis. DANAK godkender laboratorier i henhold til OECDs GLP-regler.

GUM Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Udgivet af BIPM, IEC, ISO, OIML og IFCC (International Federation of Clinical Chemistry), IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) og IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics). (10)

Handlingsplan for metrologisk hovedområde Udarbejdes cirka hvert 5. år for hver af de 10 metrologiske hovedområder. Se kapitel 2.2.3.

Historik, måleudstyrs Se kalibreringshistorie.

Influensstørrelse Størrelse, som ikke er en målestørrelse, men som har indflydelse på måleresultatet. (6)

Instrumentkonstant Koefficient, som en direkte visning på måleinstrumentet skal multipliceres med for at få visningen af målestørrelsen eller en størrelse, der anvendes til beregning af målestørrelsens værdi. (6)

International (måle)normal Normal, der er anerkendt ved en international aftale til at kunne tjene internationalt som grundlag for at fastsætte værdien af andre normaler for den pågældende størrelse. (6)

ISO International Organization for Standardization.

IEC International Electrotechnical Commission.

Justering af et måleinstrument Proces, der bringer et måleinstrument i en funktionstilstand, der passer til dets anvendelse. (6)

Justervesenet Norges nationale metrologiske institut.

Kalibrering Sæt af arbejdsprocesser, som under specificerede betingelser tilvejebringer relationen mellem værdier af størrelsen vist på et måleinstrument eller målesystem eller repræsenteret af et materialiseret mål eller et referencemateriale og de tilsvarende værdier realiseret ved normaler. (6)

Kalibreringscertifikat Resultat af en kalibrering kan registreres i et dokument, undertiden kaldt et kalibreringscertifikat eller en kalibreringsrapport. (6)

Kalibreringshistorie, måleudstyrs Komplet registrering af resultaterne fra et måleudstyrs kalibrering over lang tid, for derved at kunne vurdere udstyrets stabilitet over lang tid.

Kalibreringsinterval Tidsinterval mellem to på hinanden følgende kalibreringer af et måleinstrument.

Kalibreringsrapport Resultat af en kalibrering kan registreres i et dokument, undertiden kaldt et kalibreringscertifikat eller en kalibreringsrapport. (6)

Konventionel sand værdi (af en størrelse) Værdi tillagt en bestemt størrelse og accepteret, sommetider konventionsmæssigt, som havende en passende usikkerhed for et givet formål. Betegnes sommetider "tillagt værdi", "bedste estimat for værdien", "konventionel værdi" eller "referenceværdi". (6)

Korrektion Værdi, der adderes algebraisk til det ukorrigerede måleresultat for at kompensere for systematisk fejl. (6)

Korrektionsfaktor Faktor, som det ukorrigerede måleresultat multipliceres med for at kompensere for systematisk fejl. (6)

Legal metrologi Se Metrologi, legal.

Materialiseret mål Indretning som har til formål på en permanent måde, under brugen af den, at producere eller levere en eller flere kendte værdier af en given størrelse, eksempelvis: Et lod, et volumenmål, en måleklods, et referencemateriale. (6)

Meterkonventionen Mellem-statslig konvention etableret i 1875 med det formål at sikre et globalt ensartet system af måleenheder. 48 medlemsstater i 1998. Se kapitel 3.

Metersystemet Enhedssystem baseret på meter og kilogram. Senere udviklet til SI-systemet. Se kapitel 3.

Metrologi Fra græsk metron = mål. Læren om mål og vægt. (12)

Metrologi, fundamental Står i Danmark for det mest nøjagtige niveau inden for en given disciplin. Der er ingen international definition af begrebet fundamental metrologi. Se kapitel 1.

Metrologi, industriel Sikre hensigtsmæssig funktion af måleinstrumenter der bruges i industrien samt i fremstillings- og prøvningsprocesser. Se kapitel 1.

Metrologi, legal Sikre målingers nøjagtighed hvor disse har indflydelse på sundhed, sikkerhed og gennemskueligheden af økonomiske transaktioner. Se kap. 1.

Metrologi, videnskabelig beskæftiger sig med at organisere og udvikle målenormaler samt med at opbevare dem. Se kapitel 1.

Metrologisk felt Underopdeling i Danmark af de metrologiske hovedområder. Se kapitel 2.1.

Metrologisk handlingsplan Skrives ca. hvert 5. år for hver af de ti metrologiske hovedområder. Se kapitel 2.2.

Metrologisk hovedområde Internationalt er metrologien opdelt i 10 faglige hovedområder. Se kapitel 2.1.

MKSA-systemet Enhedssystem baseret på Meter, Kilogram, Sekund og Ampere. Blev i 1954 udvidet med kelvin og candela og fik navnet SI-systemet. Se kap. 3.

Mål, materialiseret Indretning bestemt til at udføre en måling, alene eller i forbindelse med supplerende indretninger. (6)

Måleenhed Bestemt størrelse, defineret og konventionsmæssigt accepteret, med hvilken størrelser i samme kategori kan sammenlignes for at udtrykke deres talmæssige størrelse relativt til denne størrelse. (6)

Måleenhed uden for et system Måleenhed, som ikke tilhører et enhedssystem. (6)

Måleenhed, (afledt) kohærent Afledet måleenhed, der kan udtrykkes som et produkt af grundenheder i potenser, med proportionalitetskoefficienten 1. (6)

Måleenhedssystem Mængde af grundenheder og afledede enheder defineret i henhold til givne regler for et givet system af størrelser. (6)

Målefejl Resultat af en måling minus en sand værdi af målestørrelsen. (6)

Målefejl, absolut Når det er nødvendigt at skelne "fejl" fra "relativ fejl", kaldes det førstnævnte for absolut målefejl. (6)

- Måleinstallation** Et målesystem, som er permanent installeret, kaldes en måleinstallation. (6)
- Måleinstrument** Indretning bestemt til at udføre en måling, alene eller i forbindelse med supplerende indretninger. (6)
- Målekæde** Serie af elementer i et måleinstrument eller målesystem, som udgør målesignalet vej fra indgangen til udgangen. (6)
- Målemetode** Logisk sekvens af operationer, generisk beskrevet, anvendt ved udførelsen af målinger. (6)
- Målenormal** Materialiseret mål, måleinstrument, referencemateriale eller målesystem, som har til formål at definere, realisere fysisk, bevare eller reproducere en eller flere værdier for en størrelse for at tjene som en reference. (6)
- Målenormal, international** Normal, der er anerkendt ved en international aftale til at kunne tjene internationalt som grundlag for at fastsætte værdien af andre normaler for den pågældende størrelse. (6)
- Målenormal, national** Normal, anerkendt ved en national beslutning som grundlag for fastsættelsen af værdien i et land af andre normaler for den pågældende størrelse. (6)
- Målenormal, vedligeholdelse af en** Række af foranstaltninger, der er nødvendige for at bevare de metrologiske egenskaber for en målenormal inden for passende grænser. (6)
- Målenøjagtighed** Graden af overensstemmelse mellem et måleresultat og en sand værdi af målestørrelsen. (6)
- Måleområde** Række af værdier for målestørrelsen, inden for hvilke det er hensigten, at måleinstrumentets fejl ligger inden for specificerede grænser. (6)
- Måleprincip** Det videnskabelige grundlag for en målemetode. (6)
- Måleprocedure** Sæt af operationer, detaljeret beskrevet, anvendt ved udførelsen af bestemte målinger i overensstemmelse med en given målemetode. (6)
- Måleresultat** Værdi, som tillægges en målestørrelse, opnået ved måling. (6)
- Målestørrelse** Bestemt størrelse, som underkastes måling. (6)
- Målesystem** Komplet sæt af måleinstrumenter og andet udstyr sammensat til at udføre specificerede målinger. (6)
- Måleusikkerhed** Parameter, som er knyttet til måleresultatet, og som karakteriserer de værdiers spredning, som med rimelighed kan tillægges målestørrelsen. (6). Det er almindelig anerkendt at estimere usikkerhed efter retningslinier angivet i GUM.
- Måling** Sæt af operationer, som har til formål at bestemme værdien af en størrelse. (6)
- NRC** National Research Council, Institute for National Measurement Standards, Canadas nationale metrologiske institut.

- National målenormal** Normal, anerkendt ved en national beslutning som grundlag for fastsættelsen af værdien i et land af andre normaler for den pågældende størrelse. (6)
- Nationalt referencelaboratorium** Laboratorium som med sporbarhed til udenlandsk primærlaboratorium, kan kalibrere en given målestørrelse på højeste niveau i Danmark, samt vedligeholder og videreudvikler referencenormaler. Se kapitel 4.1.2.
- NIST** National Institute of Standards and Technology, USAs nationale metrologiske institut.
- NMI** Ofte brugt forkortelse på engelsk generelt for et lands National Metrology Institute.
- NMi-VSL** Nerderlands Meetinstituut - Van Swinden Laboratorium, Hollands nationale metrologiske institut.
- Nominel værdi** Se værdi, nominel.
- Normal** Se Målenormal.
- Normal, sammensat** Et sæt af ensartede materialiserede mål eller måleinstrumenter, som når de anvendes sammen udgør én normal, kaldes en sammensat normal. (6)
- Normal, transportabel** Normal, undertiden specielt konstrueret, beregnet til at blive flyttet mellem forskellige steder. (6)
- NPL** National Physical Laboratory, Storbritanniens nationale metrologiske institut.
- Nøjagtighed af et måleinstrument** Evnen hos et måleinstrument til at give respons, der er tæt ved en konventionel værdi. (6)
- Nøjagtighedsklasse** Klasse af måleinstrumenter, der tilfredsstiller visse metrologiske krav, der tilsigter at holde fejl inden for specificerede grænser. (6)
- OIML** Organisation Internationale de Metrologie Legale, International Organization of Legal Metrology.
- Overføringsnormal** Normal, der anvendes som mellemed til at sammenligne normaler. (6)
- Overføringsudstyr** Betegnelsen overføringsudstyr bør benyttes, når mellemedet ikke er en normal. (6)
- Primær laboratorium** Laboratorium som driver internationalt anerkendt fundamental metrologisk forskning samt realiserer og vedligeholder normaler på højeste internationale niveau. Se kapitel 4.1.
- Primærmetode** Er en metode som har de højeste metrologiske kvaliteter, og hvis gennemførelse kan beskrives og forstås fuldstændigt, og for hvilken et komplet usikkerhedsbudget kan angives i SI-enheder, og hvis resultater derfor kan accepteres uden reference til en normal for størrelsen som måles. (3)

Primærnormal Normal, der er udpeget eller som er alment anerkendt som havende de højeste metrologiske kvaliteter, og hvis værdi er accepteret uden reference til andre normaler for den samme størrelse (6). Se kapitel 2.2.

Primært referencemateriale Se referencemateriale, primært.

Prototype Artefakt som definerer en måleenhed. Kilogram prototypen (1 kg loddet) i Paris er i dag eneste prototype i SI-systemet.

Præstationsprøvning (laboratorie) Bestemmelse af laboratoriers ydeevne med hensyn til prøvning ved hjælp af sammenligning af prøvninger mellem laboratorier.

Prøvning Teknisk handling, som består i bestemmelse af en eller flere egenskaber ved et givet produkt, proces eller serviceydelse i henhold til en specificeret procedure. (7)

PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Tysklands nationale metrologiske institut.

Referencebetingelser Brugsbetingelser for et måleinstrument, der er foreskrevet for prøvning af dets ydeevne eller for sammenligning af måleresultater. (6)

Referencelaboratorium Se Nationalt referencelaboratorium.

Referencemateriale (CRM), certificeret Referencemateriale, ledsaget af et certifikat, som har en eller flere egenskaber, hvis værdier er certificeret ved en procedure, som etablerer sporbarhed til en nøjagtig realisering af den enhed, i hvilken egenskabsværdierne er udtrykt, og for hvilket hver certificeret værdi ledsages af en angiven usikkerhed med et angivet konfidensniveau. (6)

Referencemateriale (RM) Materiale eller stof med en eller flere værdiegenskaber, som er tilstrækkeligt ensartede og veldefinerede til at kunne anvendes til kalibrering af et apparat, vurdering af en målemetode eller til at tildele værdier til materialer. (6)

Referencemateriale, primært Referencemateriale som har de højeste metrologiske kvaliteter og hvis værdi er bestemt ved brug af en primærmetode. (3)

Referencenormal i almindelighed normalen med den højeste metrologiske kvalitet som er tilgængelig på et givet sted eller i en given organisation, og fra hvilken målinger udført på det pågældende sted er afledet. (6) Se kapitel 2.2.

Referenceværdier Normalt indeholdt i et instruments referencebetingelser. Se også Værdier, fastsatte.

Relativ fejl Målefejl divideret med en sand værdi af målestørrelsen. (6)

Repeterbarhed (af måleresultater) Graden af overensstemmelse mellem resultaterne af gentagne målinger af samme målestørrelse udført under samme målebetingelser. (6)

Repeterbarhed (for et måleinstrument) Evnen hos et måleinstrument til at give nær de samme visninger ved gentagne anvendelser af den samme størrelse og under de samme målebetingelser. (6)

Reproducerbarhed (af måleresultater) Graden af overensstemmelse mellem måleresultaterne af samme målestørrelse udført under ændrede betingelser for måling. (6)

Respons Indgangssignalet til et målesystem kan kaldes stimulus, og udgangssignalet kan kaldes respons. (6)

Resultat, korrigeret Måleresultat efter korrektion for systematisk fejl. (6)

SI-enhed Enhed i SI-systemet. Se kapitel 3.

SI-systemet Det internationale enhedssystem (Le Système International d'Unités) med de formelle definitioner af alle SI-grundenheder, godkendt af Generalkonferencen for Mål og Vægt. Se kapitel 3.

Sammensat normal Se Normal, sammensat.

Sand værdi (af en størrelse) I forbindelse med sand værdi anvendes ubestemt form i stedet for bestemt form, idet der kan være mange, der er konsistente med definitionen for en given bestemt størrelse. (6)

Sekundærnormal Normal, hvis værdi er fastsat ved sammenligning med en primærnormal for den samme størrelse. (6)

Sensor Element i et måleinstrument eller en målekæde, der direkte påvirkes af målestørrelsen. (6)

Skaladeling Afstand mellem to på hinanden følgende skalastreger målt langs samme linie som skalalængden. (6)

Skalaområde For en analog visningsindretning kan begrebet kaldes et skalaområde. (6)

Sporbar Adjektivet sporbar anvendes ofte som udtryk for begrebet. (6)

Sporbarhed Egenskab hos et måleresultat eller værdien for en normal, hvor igennem måleresultatet eller værdien kan relateres til givne referencer; normalt nationale eller internationale normaler, gennem en ubrudt kæde af sammenligninger, der alle har en oplyst usikkerhed. (6)

Sporbarhedskæde Den ubrudte kæde af sammenligninger kaldes en sporbarhedskæde. (6)

Spændvidde Numeriske værdi af differencen mellem de to grænser for et nominelt område. (6)

Stabilitet Evnen ved et måleinstrument til at bevare de metrologiske egenskaber konstante med tiden. (6)

SP Sveriges Provnings- og Forskningsinstitut, Sveriges nationale metrologiske institut.

Standardafvigelse, eksperimentel Parameteren s , for en serie på n målinger af den samme målestørrelse, karakteriserer spredningen af resultaterne og er fastlagt ved formelen for standardafvigelse. (6)

Stimulus Indgangssignalet til et målesystem kan kaldes stimulus, og udgangssignalet kan kaldes respons. (6)

Størrelse (målelig) Egenskab ved et fænomen, en genstand eller et materiale, som kan udtrykkes kvalitativt og bestemmes kvantitativt. (6)

Størrelses dimension Udtryk, som repræsenterer en størrelse i et system af størrelser, som et produkts faktorer opløftet i potenser af grundstørrelsernes dimensioner. (6)

Største tilladte fejl (for et måleinstrument) Ekstremværdierne for en fejl, der er tilladt ved specifikationer, regulativer m.v. for et givet måleinstrument. (6)

Systematisk fejl Middelværdi som resultat af et uendeligt antal målinger af den samme målestørrelse udført under repeterbarhedsbetingelser minus en sand værdi for målestørrelsen. (6)

Tilfældig fejl Måleresultat minus middelværdien fra et uendeligt antal målinger af den samme målestørrelse udført under repeterbarhedsbetingelser. (6)

Transfornormal Normal, der anvendes som mellemed til at sammenligne normaler. (6)

Transparens Evnen hos et måleinstrument til ikke at forandre målestørrelsen. (6)

Transportabel normal Normal, undertiden specielt konstrueret, beregnet til at blive flyttet mellem forskellige steder. (6)

Tærskelværdi, opløsningsevnen Største ændring i et stimulus, der ikke medfører en mærkbar ændring i måleinstrumentets respons, når ændringen i stimulus foregår langsomt og jævnt. (6)

Usikkerhed Se måleusikkerhed.

Vedligeholdelse af en målenormal Række af foranstaltninger, der er nødvendige for at bevare de metrologiske egenskaber for en målenormal inden for passende grænser. (6)

Visning (af et måleinstrument) Værdi af en (målelig) størrelse, som måleinstrumentet angiver. (6)

Værdi (af en størrelse) Talmæssig størrelse udtrykt som en måleenhed multipliceret med et tal. (6)

Værdi (af en målestørrelse), transformeret Værdien af et målesignal, som repræsenterer en given målestørrelse. (6)

Værdier, fastsatte Brugsbetingelser, inden for hvilke det er hensigten, at de metrologiske egenskaber for et måleinstrument ligger inden for specificerede grænser. (6)

Værdi, nominel Afrundet eller tilnærmet værdi for en egenskab ved et måleinstrument, som giver en vejledning for dets anvendelse. (6)

6. Henvisninger

Henvisningerne er opført i nummerrækkefølge.

- (1) Arturo Garcia Arroyo, Dr. Director of Industrial & Material Technologies, CEC DG XII: "Measurements for Europe", Measurements and Testing, June 93, vol. 1, no.1.
- (2) BIPM: The International System of Units, 7th edition 1997.
- (3) CCQM: Report of the President of the Comité Consultatif pour la Quantité de Matière, april 1995.
- (4) DANAK`s Register over akkrediterede prøvningslaboratorier og godkendte GLP-laboratorier, 15. januar 1998.
- (5) Dansk Institut for Fundamental Metrologi: Annual Report and Statement of Income for 1997.
- (6) DS 2344: Metrologi, Terminologi, Grundlæggende og generelle begreber, 2. udgave 1995-12-20.
- (7) DS/EN 45 001: Generelle kriterier for prøvningslaboratoriers virksomhed, 2. udgave, maj 1991.
- (8) Erhvervsfremme Styrelsen: Måleteknisk Meddelse nr. 104, 10.09.97.
- (9) Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 6 om det internationale enhedssystem (SI) og andre lovlige enheder, 9. januar 1996.
- (10) ISO: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, First edition 1993, ISBN 92-67-10188-9.
- (11) Kim Carneiro, Karsten Flensberg, Jørgen Garnæs, Jes Henningsen, Jan-Ulrik Holtoug, Hans Dalsgaard Jensen, Lars Nielsen, Harald Simonsen: Compendium i fundamental metrologi, DFM-98-R4, 1998-02-11.
- (12) Gyldendal, Fremmedordbogen, 6. udgave, 4. oplag 1976, ISBN 87-00-90851-7.
- (13) CIPM: Directory of Consultative Committees, January 1998.

7. Kommentar-kupon

Bedes sendt til:

CDFMs sekretariat
c/o DFM bygning 307
Anker Engelunds Vej 1
2800 Lyngby
pho@dfm.dtu.dk

Indsendt af:

Navn
Firma
Adresse
Telefon/e-mail

Ros:

Ris:

Forslag til forbedringer:

Andre kommentarer:

Mange tak for hjælpen

