

# Handlingsplan for det metrologiske hovedområde Masse

9. januar 2008

Ref 9441 LN

Rapport nr. DFM-2007-R16

Udarbejdet af

Lars Nielsen  
Dansk Fundamental Metrologi A/S

Lene Savstrup Kristensen, Aykurt Altintas  
FORCE Tehnology

**Dansk Fundamental  
Metrologi A/S**

Matematiktorvet 307  
DK-2800 Kgs. Lyngby

Tel +45 4593 1144

Fax +45 4593 1137

[www.dfm.dtu.dk](http://www.dfm.dtu.dk)

# Indhold

1	Sammenfatning og konklusion .....	3
2	Indledning.....	4
3	Beskrivelse af hovedområdet Masse .....	6
3.1	Det metrologiske felt Massemåling.....	7
3.2	Det metrologiske felt Kraft/Tryk .....	8
3.3	Det metrologiske felt Volumen .....	10
4	Behovs- og ressourceopgørelse .....	12
4.1	Behovsopgørelser .....	12
4.2	Ressourceopgørelser .....	16
5	Forslag til indsatsområder .....	19
6	Forslag til etablering af nationale primær- og referencelaboratorier .....	20
7	Økonomiske konsekvenser af forslagene .....	21
8	Appendikser .....	22
8.1	DANAK akkrediterede kalibreringslaboratorier indenfor hovedområdet Masse .....	22
8.2	DANAK akkrediterede prøvningslaboratorier indenfor hovedområdet Masse .....	23
8.3	MRA: Appendiks B .....	25
8.4	MRA: Appendiks C .....	26
8.5	Høring af planen .....	26

# 1 Sammenfatning og konklusion

Handlingsplanen beskriver det metrologiske område Masse og dets udvikling siden sidste plan blev udarbejdet i 1996.

## Udviklingen

Siden sidste handlingsplan har der på hovedområdet masse været en moderat stigning i kravene til kalibreringslaboratoriernes måleområder og måleevner. Efterspørgslen efter nye kalibreringsområder har været begrænset til dynamisk kalibrering af momentmålere og måling af væskers viskositet.

## Planens forslag.

De nationale kompetencer inden for hovedområdet findes på Dansk Fundamental Metrologi (massemåling) og på FORCE Technology (Kraft, tryk, moment, volumen og densitet).

På feltet *massemåling* er der ikke behov for at udbygge kalibreringsfaciliteterne, men ved primærlaboratoriet for masse er der behov for at udskifte to vægte, som på grund af alder enten ikke længere serviceres af fabrikanten eller ikke lever op til sine specifikationer. For at sikre videreførelse af primærlaboratoriet foreslås disse vægte udskiftet i løbet af et til to år. Forskningen i anvendelse af matematiske metoder i metrologi foreslås intensiveret.

På feltet *kraft* foreslås etableret en 500 kN deadweight-tester ved referencelaboratoriet for kraft og tryk. Faciliteten skal gøre det muligt at reducere måleevnen ved kalibrering af krafttransducere i området 0,5 kN – 500 kN. Desuden foreslås etableret en facilitet til dynamisk kalibrering af momentmålere. Endelig bør det overvejes at investere i krafttransducere, der vil gøre det muligt at kalibrere med lineær, kontinuert stigende og faldende kraftpåvirkning.

På feltet *tryk* foreslås etableret en facilitet ved referencelaboratoriet for kraft og tryk. Faciliteten skal dække kalibrering af vakuumtrykmålere ved tryk ned til  $10^{-5}$  Pa. Desuden foreslås anskaffet en ny deadweight-tester, der er tilstrækkelig nøjagtig til at kalibrere de mest nøjagtige deadweight-testere, der i Danmark anvendes til kalibrering af trykmålere.

På feltet *volumen* foreslås at faciliteten til måling af væskers densitet, som er etableret ved referencelaboratoriet for volumen og densitet, forbedres således at måleevnen kan reduceres. Desuden foreslås faciliteten til kalibrering af gasdensitetsmålere udvidet, således at det bliver muligt at kalibrere målere ved gasdensiteter ned til  $1,5 \text{ kg/m}^3$ . Endelig bør det overvejes at etablere en facilitet til måling af væskers viskositet.

## Planens økonomiske konsekvenser

Planens gennemførelse kræver en ekstra tilførsel af offentlig finansiering på 2,9 millioner kr. til driften af de foreslåede faciliteter, samt et engangsbeløb på 11,4 millioner kr. til nyt udstyr.

## 2 Indledning

Denne handlingsplan afløser den i 1996 udarbejdede handlingsplan for det metrologiske hovedområde Masse. I handlingsplanen fra 1996 blev der fremsat en række forslag til indsatsområder. Resultaterne af disse forslag kan kort resumeres således:

### *Etablering af en 500 kN deadweight-tester ved referencelaboratoriet for kraft/tryk*

FORCE Technology har etableret en deadweight-tester, der dækker området 0,5 kN – 100 kN med en relative måleevne på  $1 \cdot 10^{-4}$ .

### *Facilitet til måling af ladders densitet*

I perioden 1999-2000 opbyggede Dansk Fundamental Metrologi i samarbejde med FORCE Technology en facilitet til måling af ladders volumen og densitet. Faciliteten blev placeret hos FORCE Technology, men målingerne udførtes under Dansk Fundamental Metrologis DANAK akkreditering nr. 255. Faciliteten blev lukket ned i 2007 efter flere år uden nævneværdigt salg af kalibreringsydelse til danske kunder.

### *Fokus på dynamisk kalibrering, herunder kraft- og momentmåling*

Der er fortsat ingen faciliteter i Danmark til dynamisk kalibrering af kraft-, moment- eller trykmålere.

### *Facilitet til kalibrering af vakuumtrykmålere*

Der er i dag laboratorier, som er akkrediterede til kalibrering af vakuumtrykmålere i den højere del af vakuområdet, dvs i området 0,1 Pa – 1 Pa. Der er fortsat ingen faciliteter til kalibrering af tryk under 0,1 Pa.

### *Metode til optimering af kalibreringsintervaller*

Dansk Fundamental Metrologi har udviklet et Excel-regneark, *DFM Calibration DataSheet 2000*, til registrering og analyse af kalibreringshistorien for normaler som repræsenterer en enkelt værdi af en målestørrelse. Regnearket anvendes internt i virksomheden, men det er ikke lykkedes at sælge produktet i Danmark.

### *Udbygning af in-situ kalibrering*

Der er i 2007 følgende udbud af laboratorier, som er akkrediteret af DANAK til kalibrering in-situ inden for hovedområdet masse: 7 laboratorier som kalibrerer vægte, 6 laboratorier som kalibrerer trykmålere, 1 laboratorium som kalibrerer volumenmålere og 3 laboratorier som kalibrerer kraft eller momentmålere.

### *Dannelse af metrologiske klubber ud over FVM, DANIAMet og EUROLAB*

Der er blevet oprettet et Center for Legal Metrologi. En række brugergrupper er blevet etableret ved Dansk Fundamental Metrologi, men brugergruppen for måling af masse viste sig ikke at være levedygtig.

*Eablering af et referencelaboratorium for volumen*

Et referencelaboratorium for volumen og densitet er blevet oprettet ved FORCE Technology.

## 3 Beskrivelse af hovedområdet

### Masse

**Tabel 1. Felter og arbejdsgrupper indenfor hovedområdet Masse**

DANIAMet	EURAMET	CIPM (arbejdsgrupper)
Massemåling	TC-M, Mass	CCM Working Group on Mass Standards (WGM) CCM Working Group on Changes to the SI kilogram (WGSi-kg)
Kraft/tryk	TC-M, Force TC-M, Pressure	CCM Working Group on Force (WGF) CCM Working Group on Low Pressures (WGLP) CCM Working Group on High Pressures (WGHP)
Volumen	TC-M, Mass	CCM Working Group on Density (WGD)

Enheden for masse, kilogrammet (kg), er én af de 7 grundenheder i SI-enhedsystemet og er fortsat defineret som massen af den internationale kilogram prototype K, som opbevares på BIPM i Sèvres ved Paris. Bestræbelserne på at omdefinere kilogrammet ud fra naturkonstanter er i de seneste år intensiveret. Håbet er at kunne indføre en ny definition af kilogrammet ved generalkonferencen for mål og vægt i 2011, men det er yderst tvivlsomt om det nødvendige grundlag vil kunne tilvejebringes i tide.

Kilogrammet indgår i en lang række af afledte SI-enheder, blandt andet enhederne for kraft (newton, N) og tryk (pascal, Pa), men anvendes desuden i praksis til at etablere sporbarhed på måling af volumen ( $m^3$ ) og stofmængde (mol). Det metrologiske hovedområde masse omfatter de målestørrelser, hvis sporbarhed primært er knyttet til en massenormal.

Hovedområdet Masse er inden for DANIAMet opdelt i tre felter: *Massemåling* som beskrives i afsnit 3.1, *Kraft/tryk* som beskrives i 3.2, og *Volumen* som beskrives i afsnit 3.3. I Tabel 1 er DANIAMets opdeling af hovedområdet i felter sammenlignet med EURAMETs opdelingen af den tekniske komite for masse, TC-M, i *sub-fields* og med CIPMs opdeling af den konsultative komite for masse, CCM, i arbejdsgrupper. De vigtigste målestørrelser inden for hovedområdet er beskrevet i Tabel 2.

**Tabel 2. Hovedområdet Masse**

Felt	Vigtigste målestørrelser	Typisk måleområde	Vigtigste normaler og måleudstyr
<b>Massemåling (3.1)</b>	Masse	1 mg – 100 t	Lodder, vægte
	Densitet (faststof)	$(1 - 22) \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$	Kugleformet lod, destilleret vand
<b>Kraft/tryk (3.2)</b>	Kraft	0,5 N – 1 kN	Deadweight-testere
		0,5 kN – 100 kN	Jockey weight & lever deadweight-testere
		0,5 kN – 5 MN	Krafttransducerere
	Moment	0,01 Nm – 5000 Nm	Momenttransducere Momentnøgler
	Materialeprøvnings-parametre	1 N – 5 MN	Træk-/trykprøve-maskiner
		Brinell, Vickers, Rockwell, Shore	Hårhedsprøvemaskiner
		Joule	Slagsejhedsprøve-maskiner
	Statiske høje tryk	1 MPa – 1 GPa	Deadweight-testere Tryktransducere
	Statiske atmosfæretryk	10 Pa – 1 MPa	Kviksølvmanometre Deadweight-testere Tryktransducere
	Statiske lave tryk (vakuumtryk)	1 mPa – 1 Pa	McLeod-manometer Vakuummètre
	Lækmåling	$(10^{-13} - 10^{-9}) \text{ mol/s}$	Lækkalibratører Standardlæk+tryk-måler
<b>Volumen (3.3)</b>	Volumen	0,8 $\mu\text{l}$ – 40 $\text{m}^3$	Destilleret vand og vægte
	Densitet (væske)	$(600 - 2000) \text{ kg/m}^3$	Destilleret vand og vægte
	Densitet (gas)	$(3 - 250) \text{ kg/m}^3$	Deadweight-testere, temperaturmålere og vægte

### 3.1 Det metrologiske felt Massemåling

Et legemes *masse* måles ved vejning på en vægt. Hvis vægten ikke har en kalibreret skalavisning bestemmes legemets masse ved direkte sammenligning af tyngdekraften på legemet med tyngdekraften på et antal kalibrerede lodder, dvs. lodder hvis masser er bestemt med sporbarhed til kilogrammet. Kalibrering af lodder udføres normalt på sådanne vægte ved direkte sammenligning med et allerede kalibreret lodsæt. Et eksempel på

en vægt uden kalibreret skala er den klassiske ligearmede vægt. Har vægten en kalibreret skala, aflæses massen af legemet direkte på skalaen. Et eksempel er moderne elektroniske vægte baseret på vejeceller eller elektromagnetisk kraftkompensation. Sådanne vægte skal kalibreres med jævne mellemrum afhængig af langtidsstabilitet og ønsket nøjagtighed. Kalibreringen udføres ved at tilføje vægten kalibrerede lodder og aflæse de tilhørende visninger på skalaen.

Et legemes *densitet* er defineret som dets masse divideret med dets volumen. Sporbarhed på densitet kræver således sporbarhed på såvel masse som på volumen. I praksis bestemmes et fast legemes densitet sædvanligvis ved en opdriftsvejning i rent, luftfrit vand (hydrostatisk vejning), hvorved legemets densitet relativt til vands densitet bestemmes ved hjælp af Archimedes lov. Tabeller over rent vands densitet ved forskellige temperaturer er tilgængelige og kan anvendes, hvis man har dokumentation for det anvendte vands kvalitet. Vands (og andre væskers) densitet kan bestemmes direkte ved hydrostatisk vejning af et legeme med kendt densitet, eksempelvis et kugleformet lod, hvis volumen er bestemt med sporbarhed til meteren ved laser-interferometrisk måling af kuglens diameter.

Enheden for *stofmængde*, mol, er defineret som antallet af atomer i 12 g af kulstof-isotopen  $^{12}\text{C}$ . Tabeller over atommasserne (i enheden g/mol) for grundstofferne og deres isotoper er udarbejdet ved hjælp af massepektroskopi, idet man ved denne metode bestemmer atommasserne relativt til atommassen af  $^{12}\text{C}$ . I praksis bestemmes stofmængde i et stof ved vejning af stoffet, hvorefter massen omregnes til stofmængde ud fra tabeller over atommasser, samt kendskab til stoffets kemiske sammensætning.

## 3.2 Det metrologiske felt Kraft/Tryk

*Kraften* på et legeme er defineret som produktet af legemets masse og acceleration. Sporbarhed på kraft kræver således sporbarhed på såvel masse som på længde og tid. I praksis anvendes tyngdeaccelerationen  $g$  som den sporbare acceleration. Sporbare kræfter realiseres således ved tyngdekraften på kalibrerede masser i et laboratorium, hvor tyngdeaccelerationen er bestemt sporbart. Kraftkalibreringsmaskiner baseret på kalibrerede lodder og tyngdeaccelerationen kaldes deadweight-testere. Tyngdekraften på de kalibrerede masser kan eventuelt multipliceres op gennem et vægtsstangsforhold (typisk 1:10) eller gennem et hydraulisk system. I så fald kaldes dead-weight testeren en *semi* deadweight-tester. Dette vil dog reducere målenøjagtigheden. Til sporbare målinger af kræfter anvendes krafttransducere, der enten direkte eller indirekte (via et kalibreringshierarki) er kalibreret mod en deadweight-tester.

*Materialers styrkeparametre* omfatter brudstyrke, flydespænding, krybespænding, tøjning, udmattelse, slagsejhed, hårdhed, etc.. Målinger af disse parametre indgår i visse typer for materialprøvning og udføres på tryk-, træk- og universalprøvemaskiner, samt slagsejheds- og hårdhedsprøvemaskiner. Disse prøvemaskiner er forsynet med kraftmålere (f.eks kraft-

transducere), som måler den kraft, hvormed prøvemaskinen belaster prøveobjektet. Træk- og trykprøvemaskiner kan også anvendes til måling af materialers elastiske egenskaber (f.eks. Youngs modulus), idet materialets elastiske deformation (tøjning) ved belastning med en given kraft kan måles ved hjælp af tøjningstransducere (f.eks. strain-gauges), som limes på materialeprøven. Endelig kan visse typer træk-/trykprøvemaskiner anvendes til krybe- og udmattelsesprøvning af materialer.

*Tryk* er defineret som kraft pr. arealenhed. Sporbarhed på tryk kræver derfor sporbarhed på kraft såvel som på areal. Ved *høje statiske tryk* (>1 MPa) realiseres sporbare tryk ved hjælp af en deadweight-tester, hvor en del af den kalibrerede masse udgør et stempel, som presser ned i en cylinder fyldt med luft eller olie. Trykket i cylinderen er givet ved tyngdekraften på de kalibrerede masser divideret med tværsnitsarealet af stempel og cylinder. Til sporbare målinger af høje tryk anvendes tryktransducere baseret på elastisk deformation. Sporbarhed på målinger opnås ved direkte eller indirekte kalibrering af tryktransducere mod deadweight-testeren.

Ved *statiske atmosfæretryk* (1 Pa – 1 MPa) realiseres sporbare tryk enten ved hjælp af en deadweight-tester som ved høje tryk, eller også ved hjælp af et kviksølvmanometer. Kviksølvmanometret aflæses ved måling af højden af en kviksølvstøje i et glasrør. Sporbarhed på kviksølvmanometre kræver sporbarhed på densiteten af det anvendte kviksølv, sporbarhed til længde på højdemålingen, samt opmåling af den lokale tyngdeacceleration. Til sporbare målinger af atmosfæretryk anvendes foruden kviksølvmanometre kalibrerede tryktransducere baseret på elastisk deformation (barometre).

Ved *lave statiske tryk* (1 mPa – 10 Pa) realiseres sporbare tryk ved hjælp af et specielt udformet kviksølvmanometer (McLeod-manometret). Til sporbare målinger af lave tryk anvendes vakuummetre af forskellige slags (f.eks. Pirani- eller ionisationsvakuummetre) kalibreret mod et McLeod-manometer.

*Lækmåling* er baseret på tilstandsligningen for en ideel gas. Hvis der prikkes et lille hul i en ellers tæt, lufttom beholder, vil trykket i beholderen stige som funktion af tiden indtil trykdifferencen mellem beholderen og dens omgivelser er udlignet. Ud fra måling af beholderens volumen, luftens temperatur, samt trykændring pr. tidsenhed i beholderen kan antallet af luftmolekyler, som pr. tidsenhed siver ind i beholderen, beregnes ud fra tilstandsligningen. Opstillinger til måling af læk (lækkalibratorer) ud fra tilstandsligningen kan udformes på forskellige måder, afhængig af hvilke parametre man vælger at fastholde og hvilke man ønsker at måle tidsforløbet af. Fælles for dem alle er, at sporbarhed på lækmålingen kræver sporbarhed på tryk, volumen, temperatur og tid. Læknormaler kalibreret på lækkalibratorer kan anvendes til kalibrering af andet lækmåleudstyr.

*Moment* er defineret som en kraft multipliceret med længden af en arm, som kraften virker på. Sporbarhed på moment kræver derfor sporbarhed på såvel kraft som længde. Ved statisk moment realiseres sporbart mo-

ment ved hjælp af en deadweight-tester, hvor en afbalanceret arm med en kalibreret længde, påvirkes af en kalibreret masse. Momentet i armens vridningspunkt er givet ved tyngdekraften på den kalibrerede masse multipliceret med den effektive længde på armen. Til sporbare kalibreringer af momentnøgler anvendes momenttransducere baseret på elastisk deformation. Sporbarheden opnås her ved direkte eller indirekte kalibrering af momenttransduceren mod deadweight-testeren.

### 3.3 Det metrologiske felt Volumen

*Volumen* er defineret som en længde i tredje potens. Da længde i tre dimensioner er meget vanskelig i praksis at måle geometrisk, især indvendige mindre volumener, måles en beholder (f.eks. en pipette) ved at fylde den med en væske med kendt densitet (typisk destilleret vand) og veje den tilførte mængde væske, f.eks. ved at eller veje beholderen før og efter fyldning. Ved volumenbestemmelse af et emne, der ikke kræver så stor nøjagtighed, kan volumenbestemmelsen foretages ved at omhælde fra en referencebeholder med kendt volumen.

Bestemmelse af større indvendige volumener kan også foretages som beskrevet ovenfor, men da vægte og reference beholdere har begrænset kapacitet, foretages fyldning og omhældning ad flere gange.

Udvendigt volumen af mindre faste legemer bestemmes ved hydrostatisk vejning i vand eller en anden stabil, tung væske, hvorefter voluminet beregnes ud fra vandets/væskens densitet ved hjælp af Archimedes lov. Sporbarheden går til masse og internationalt anerkendte formuleringer for vand og lufts densitet.

Helt store volumener, f.eks. olielagertanke, bestemmes generelt ved geometrisk opmåling med sporbarhed til længde.

Væskers densitet kan bestemmes direkte ved fyldning og udvejning af en beholder, hvis indvendige volumen er kendt og på forhånd bestemt ved udvejning af luftfrit destilleret vand. Densiteten af luftfrit destilleret vand fastlægges ud fra internationalt anerkendte tabeller. Væskers densitet kan også bestemmes elektronisk ved hjælp af vibrationer i et U-formet glasrør, idet resonansfrekvensen er afhængig af densiteten.

*Gassers densitet* kan bestemmes direkte ved vejning af en beholder, hvis volumen igen er bestemt ved udvejning med destilleret, luftfrit vand, hvor densiteten er kendt. Sporbarheden går til masse og internationalt anerkendte formuleringer for vands og lufts densitet.

Gassens densitet kan også findes ved beregning af tilstandsligningen for en gas ud fra måling af gassens temperatur  $T$  og tryk  $p$ , samt kendskab til gassens kompressionsfaktor  $Z$  og molmasse  $M$ . Kompressionsfaktoren bestemmes med en såkaldt  $Z$ -måler, hvor gassen bringes til at ekspandere mellem to udvejede volumener. Molmassen kan dernæst bestemmes ud fra gassens tilstandsligning. Den samlede sporbarhed går til masse, tryk,

temperatur og internationalt anerkendte formuleringer for vands og lufts densitet.

## 4 Behovs- og ressourceopgørelse

### 4.1 Behovsopgørelser

#### 4.1.1 Industriel anvendelse

*Masse* er en bekvem målestørrelse til kvantificering af faste legemer, pulvere og væsker. I industrien indgår vejning ofte i produktionsfasen og i forbindelse med prisafregning for indkøbte og producerede varer. Korrekte vejninger i forbindelse med prisafregning er åbenlyst vigtig, idet selv en lille vejefejl kan resultere i store fejlbetalinger over en længere periode. I selve produktionen spiller præcise vejninger også en vigtig rolle, idet bedre vejninger kan sikre bedre proceskontrol og dermed mere ensartede produkter. Behovet for kalibrering af lodder og vægte vurderes at være stabilt. De mest nøjagtige analysevægte, som blandt andet anvendes i medicinal- og fødevarerindustriens laboratorier, kræver kalibrering med lodder af OIML klasse  $E_1$ , mens industrivægte kan kalibreres med lodder af OIML klasse  $M_1$ . Kravet til måleevnen ved kalibrering af lodder strækker sig fra 1/3 af tolerancen for lodder af OIML klasse  $E_1$  til 1/3 af tolerancen for OIML klasse  $M_1$ .

*Kraftmåling* har stor betydning indenfor bygnings-, maskin-, og skibsværftsindustrien. Af sikkerheds- og ressourcemæssige årsager er kendskab til materialers styrkeparametre af væsentlig betydning. En nøjagtigere viden om styrkeparametrene baner vejen for optimale konstruktioner. Måling af materialers styrkeparametre udføres i stor udstrækning på industrielle prøvemaskiner i forbindelse med ind- og udgangskontrol af materialer.

En række anvendelser kræver desuden mere komplekse kraftmålinger. Et sådant område er levetidstest for emner i udmattelsesmaskiner, der kræver kendskab til dynamisk kraftprøvning, et andet område er 3-koordinat kraftmålere i f.eks. bilindustrien, der kræver kalibrering af transducere, der måler i flere retninger.

*Moment* har stor betydning indenfor fly- og bilindustrien, byggebranchen, offshore-, forlystelses- og legetøjsindustrien. Behovene omfatter kalibrering af momentnøgler og momenttransducere, såvel statisk som dynamisk. Den seneste udvikling inden for moment er dynamisk momentmåling, der f.eks. indgår ved fastspænding af bolte ved hjælp af hydrauliske nøgler.

*Trykmåling* indgår som en vigtig del af proceskontrollen i medicinalindustrien, den kemiske industri og i offshore sektoren. Måling af lave tryk (vakuumentryk) er aktuelt i forbindelse med lækmåling, dvs. i forbindelse med kontrol af tætheden af diverse beholdere, og i virksomheder som benytter pådampningsteknikker. Der er et stigende behov for kalibrering af transducere ved meget lave tryk (helt ned til  $10^{-4}$  Pa).

*Volumen* er en vigtig målestørrelse i forbindelse med kemiske og mikrobiologiske analyser i fødevarer- og medicinalindustrien. Det udstyr, som anvendes til måling af volumen på analyselaboratorierne kan opdeles i to grupper:

- + Stempelstyret udstyr: Mikropipetter, dispensere og sprøjter som dækker området 1  $\mu$ l – 5 ml.
- + Traditionelt glasudstyr: Målekolber, målecylindere og pyknometre som dækker området 5 ml – 5 l.

Disse typer udstyr kalibreres gravimetrisk med destilleret vand. Kravet til måleevnen ved kalibreringen ligger typisk i området 0,1 % – 1 %.

Volumennormaler, vejtanke og større beholdere til måling væskers volumen er af betydning for olieindustrien, medicinalindustrien og i forbindelse med legale krav. Kravet til måleevnen ved kalibrering ligger her typisk i området 0,1 % – 0,5%.

I energisektoren anvendes store målebeholdere og piston-provere i forbindelse med kalibrering af flowmålere i rørledninger (off- og onshore). Kravet til måleevne ved kalibreringen af den type udstyr ligger typisk i området 0,02 % – 0,05 %.

*Densitet* er en vigtig målestørrelse i levnedsmiddelindustrien hvor den anvendes i forbindelse med e-mærkning af nettoindhold i færdigpakkede varer, og i olieindustrien hvor den anvendes ved omregning mellem volumen- og massestrøm. Måling af densitet udføres her enten med pyknometer eller med en elektronisk densitetsmåler. Kravet til måleevnen ved kalibreringen ligger i området 0,01 % – 1%.

Naturgassens densitet bestemmes på Nordsøen og i det meste af transmissionsnettet. Her ligger behovet for måleevnen ved kalibrering typisk i området 0,1 % – 0,2 %.

#### **4.1.2 Legal og anden forskriftsmæssig anvendelse**

Sikkerhedsstyrelsen er på vegne af Erhvervs- og Økonomiministeriet ansvarlig for den legale metrologi i Danmark. Den Danske Metrologifond (DANAK Metrologi) administrerer lovgivningen, herunder udarbejder udkast til bekendtgørelser og måletekniske direktiver under en resultatkontrakt med Sikkerhedsstyrelsen. En del af de udstedte bekendtgørelser og måletekniske direktiver vedrører den danske implementering af Europaparlamentets og Rådets Direktiv 90/384/EF om ikke-automatiske vægte og Direktiv 2004/22/EF om måleinstrumenter (MID i daglig tale). Langt hovedparten af disse er knyttet til de metrologiske felter masse og volumen/densitet.

På feltet masse er der udstedt bekendtgørelser og måletekniske direktiver der fastlægger krav til automatiske og ikke-automatiske vægte samt kontrolforanstaltninger til sikring af disse krav.

På feltet volumen drejer det sig om forskrifter til sikring af korrekt og tilstrækkelig nøjagtig måling af væskers volumen (f.eks. benzin, øl, olie mv.). På feltet densitet drejer det sig om området e-mærkning til sikring af nettoindhold i færdigpakkede varer.

### 4.1.3 Kalibrering og prøvning

En håndfuld akkrediterede laboratorier, som kalibrerer lodder eller vægte ved hjælp af lodder af OIML klasse E<sub>1</sub>, har behov for sporbarhed på masse på højeste internationale niveau. Ved kalibrering af sådanne lodder er der behov for at kende loddernes volumen eller densitet, men sporbar måling heraf er ikke slået igennem i Danmark.

Til kalibrering af krafttransducere i henhold til de gældende standarder er det muligt at kalibrere op til 100 kN med en nøjagtighed på  $1 \cdot 10^{-4}$ . For krafttransducere større end 100 kN er behovet ikke dækket af den nuværende bedste måleevne på  $5 \cdot 10^{-4}$  i Danmark.

Dynamisk kraftmåling og 3-koordinat krafttransducere, der typisk anvendes i bilindustrien, er udækket i Danmark. Det er dog stadig usikkert hvor stort de reelle behov er for sådanne målinger.

Moment er et område i vækst i hele Europa. De akkrediterede laboratorier vil derfor i fremtiden mødes med skrapere krav til både nøjagtighed og et større kalibreringsudbud. Der er kommet en standard indenfor dynamisk kalibrering af momentmålere, men der er dog ingen akkrediterede laboratorier i Danmark som dækker området.

De akkrediterede laboratorier tilbyder kalibrering af barometre og tryktransducere, som i industrien anvendes som referencenormaler i de etablerede kalibreringshierarkier. På dette område er de akkrediterede laboratoriers måleevne tilfredsstillende. Derimod er behovet ikke dækket for kalibrering af tryktransducere ved meget lave tryk (ned til 1 mPa). De bedste deadweight-testere til kalibrering af tryk på de akkrediterede laboratorier er sporbare til udlandet, da de ikke kan kalibreres med den fornødne nøjagtighed i Danmark.

Industriens krav til volumenkalibrering er dækket af de akkrediterede laboratorier. Den stigende anvendelse af masseflowmålere øger behovet for densitetsbestemmelser af væske og kalibrering af densitetsmålere, idet en del af kalibreringsmetoderne for masseflowmålere består i en kombination af volumenbestemmelse og densitetsmåling. Det har vist sig, at de masseflowmålere, som i øget grad benyttes i industrien, er viskositetsafhængige. Derfor er der et behov for at kunne bestemme væskers viskositet og for at kunne yde industrien ekspertviden indenfor området.

Ved kalibrering af f.eks. vejjetanke i medicinalindustrien ønskes ofte volumenkalibrering med vand via omhældning (et kendt volumen med kendt densitet), da man dermed får kalibreret vejjetanke som den benyttes inklusiv de fastspændinger af vejjetanken, som typisk kan give anledning til fejl.

Der er et behov for mere præcise "volumennormaler", der arbejder dynamisk under givne betingelser (væsketype, temperatur, viskositet, tryk ect.), samt bedre tilpassede fremgangsmåder.

Der er behov for etablering af kalibreringsfacilitet for viskositet, da dette efterspørges i forbindelse med måling af masseflow i olieindustrien.

Der kalibreres i dag gasdensitet ned til  $3 \text{ kg/m}^3$ , miljøkrav gør at der er behov for kalibrering ned til  $1,5 \text{ kg/m}^3$ .

#### 4.1.4 Forskning

Enheden for masse, kilogram, er fortsat defineret ud fra massen af den internationale kilogram-prototype som opbevares på BIPM i Paris, men der arbejdes i øjeblikket ihærdigt på at gøre det muligt at indføre en ny definition af kilogrammet ved Generalkonferencen for Mål og Vægt (CGPM) i 2011. En ny definition vil knytte kilogrammet til en fastlagt værdi af enten Plancks konstant eller Avogadros konstant. Det forskningsmæssige arbejde består i at måle en af de nævnte naturkonstanter med en relativ usikkerhed på  $2 \cdot 10^{-8}$  i forhold til massen af kilogram-prototypen i Paris, hvorefter værdien af naturkonstanten vil blive låst fast. Arbejdet udføres af de førende primærlaboratorier i Europa og USA.

Danmark vil fra næste år give et mindre bidrag til ovennævnte arbejde, idet Dansk Fundamental Metrologi vil være repræsenteret i en ny arbejdsgruppe (task group) under CCM, den konsultative komite for masse, som har til opgave at beregne driften af de 1 kg platin-iridium arbejdsnormaler, som anvendes på BIPM til at videregive sporbarhed på masse fra kilogram-prototypen til de nationale kopier. Denne drift er hidtil blevet negligeret, men er ikke uvæsentlig da BIPMs arbejdsnormaler kun er blevet sammenlignet med kilogram-prototypen tre gange siden indgåelsen af Meterkonventionen i 1875.

På området kraft og tryk forskes der internationalt i dynamiske målinger. Forskningen består dels i at opbygge normaler til dynamisk kalibrering af kraft-, moment- og tryktransducere, dels i at udvikle matematiske metoder til behandling af dynamiske måledata, herunder beregning af måleusikkerhed. Sidstnævnte del er af potentiel interesse for Dansk Fundamental Metrologi, som i de senere år har opbygget en kompetence omkring metrologisk anvendelse af matematiske metoder og avanceret usikkerhedsberegning.

Da destilleret vand benyttes som sporbarhed til volumen er der internationalt stor interesse i at opnå ensartet retningslinjer for definition af hvornår destilleret vand kan betragtes som rent vand og kan benyttes til kalibreringsopgaver.

Det retsmedicinske område har ønsket undersøgelser af menneskelige væskers egenskaber (efter død), herunder densitet, til at få bedre og mere sikre undersøgelsesresultater.

## 4.2 Ressourceopgørelser

### 4.2.1 Primær- og referencelaboratorier

Dansk Fundamental Metrologi er primærlaboratorium for massemåling og opbevarer den danske kopi (nr. 48) af den internationale kilogram-prototype, som opbevares på BIPM i Paris. Primærlaboratoriet tilbyder akkrediteret kalibrering af lodder i området fra 1 mg til 20 kg med en usikkerhed der ligger i området fra 1/10 til 1/2 gange tolerancen for lodder af OIML klasse E<sub>1</sub>. Den relative usikkerhed er størst ved kalibrering af lodder med nominel masse 20 kg og mindst ved kalibrering af lodder med nominel masse 1 kg, hvilket afspejler DFM's beholdning af vægte. DFM råder over fire vægte:

- + En automatisk massekomparator, der dækker området fra 1 g til 1 kg. Denne vægt er indkøbt i 1989, men har fortsat en nøjagtighed som næsten matcher de nyeste på markedet. Desværre er fabrikanten holdt op med at servicere vægten, så næste gang en komponent fejler, vil det være nødvendigt at udskifte massekomparatoren med en ny model.
- + En manuel massekomparator, der dækker området fra 1 mg til 500 mg. Denne vægt har ikke længere den nøjagtighed som den havde da den blev indkøbt i 1989. Vægten bør derfor udskiftes med en ny manuel massekomparator i den nærmeste fremtid.
- + En manuel massekomparator, der dækker området fra 2 kg til 10 kg. Denne vægt er også indkøbt i 1989, men har fungeret uden nedbrud og uden behov for service. Da vægten er manuel, er den ikke så nøjagtig som de nye automatiske massekomparatorer på markedet, og den er mere tidsrøvende at arbejde med. En automatisk massekomparator til området 2 kg til 20 kg vil reducere usikkerheden på kalibrering af lodder i området med en faktor 10.
- + En manuel vægt til kalibrering af 20 kg lodder. Denne vægt er i realiteten ikke en massekomparator og er derfor ikke særlig nøjagtig sammenlignet med state-of-the-art. Den ovenfor nævnte automatiske massekomparator til området 2 kg til 20 kg vil reducere usikkerheden på kalibrering af 20 kg lodder med en faktor 100.

Dansk Fundamental Metrologi har i samarbejde med FORCE Technology opbygget en facilitet til måling af lodders densitet og volumen. Faciliteten blev taget i brug i 2001, men blev nedlagt i 2007 da salget af kalibreringsydelse på dette område var langt mindre end forventet.

FORCE Technology er nationalt referencelaboratorium for kraft/tryk.

På feltet kraft etableres sporbarhed i området 0,001 - 1 kN ved hjælp af dead-weight testere. I området 5 kN – 100 kN anvendes en *Jockey Weight and Lever* deadweight-tester. I området 1 - 5000 kN anvendes krafttransducere. Deadweight-testere til dette område er store og kostbare. Laboratoriernes arbejdsnormaler består af krafttransducere, som jævnligt cali-

breres mod laboratoriernes referencenormaler. Kalibrering af krafttransducere dækker området fra 1 N til 5 MN. Kalibrering af statisk tryk dækker området fra 3 Pa til 800 MPa.

Der er ikke et nationalt referencelaboratorium i Danmark indenfor moment. Sporbarhed i området 0,005 Nm – 1350 Nm etableres ved hjælp af deadweight-testere eller krafttransducere. I alt 5 akkrediterede laboratorier tilbyder kalibrering af momentmåleudstyr.

FORCE Technology er referencelaboratorium for volumen og densitet. Laboratoriet tilbyder akkrediteret kalibrering af volumen- og densitetsmålere for væsker med sporbarhed til densiteten af rent vand og masse. Laboratoriet råder over en række referencer, bl.a. vægte, lodder, pyknometre, densitetsmåler og kontrolnormaler.

#### **4.2.2 Akkrediterede kalibreringslaboratorier**

I 2007 findes der 9 laboratorier i Danmark, som er akkrediteret af DANAK til kalibrering af vægte, og 4 som er akkrediteret til kalibrering af lodder. Efter nedlæggelsen af volumenfaciliteten ved primærlaboratoriet for masse, er der ingen laboratorier der er akkrediterede til måling af lodders volumen eller densitet.

Der findes i alt 2 akkrediterede laboratorier til kraftmåling og 12 akkrediterede laboratorier til trykmåling. På feltet tryk etablerer de akkrediterede laboratorier sporbarhed i området 1,5 kPa – 500 MPa ved hjælp af deadweight-testere og elektroniske transducere til kalibrering af vakuummålere. Sporbarhed hentes fra udenlandske nationallaboratorier.

Der findes 3 laboratorier der er akkrediterede til kalibrering af volumen i det område der dækker laboratorieudstyr, dvs primært dækkende området 1 µl – 1000 µl, heraf et referencelaboratorium der råder over udstyr til vejning af luftfrit vand op til 550 kg. Ved brug af volumennormaler eller ved vejning kan meget store volumener bestemmes ved multipel omhældning.

Der findes et laboratorium der er akkrediteret til bestemmelse af densitet af væsker ( $600 \text{ kg/m}^3$  –  $2000 \text{ kg/m}^3$ ) og et laboratorium der er akkrediteret til kalibrering af gasdensitetsmålere ( $3 \text{ kg/m}^3$  –  $250 \text{ kg/m}^3$ ).

#### **4.2.3 Internationale organisationer**

I den internationale metrologiorganisation EURAMET deltager Danmark i den tekniske komite for masse og relaterede størrelser, EURAMET TC-M, idet Dansk Fundamental Metrologi leverer den danske kontaktperson til komiteen og er repræsenteret i underkomiteen for masse, mens FORCE Technology er repræsenteret i underkomiteerne for kraft og tryk. I CIPM regi deltager Danmark ved Dansk Fundamental Metrologi i en ny arbejdsgruppe (task group), som i 2007 blev nedsat af arbejdsgruppen CCM WGM (CCM Working Group on Mass Standards) under CCM, den konsultative komite for masse.

Det gensidige anerkendelsesarrangement (CIPM-MRA – Mutual Recognition Arrangement) blev indgået under Meterkonventionen i 1999. Samtlige 65 lande har nu udstillet deres måletekniske kompetencer i en fælles database, som er udgangspunktet for global anerkendelse af kalibreringscertifikater fra nationale metrologi institutter. Især for et lille land som Danmark er det altafgørende at landets nationale metrologi er internationalt anerkendt. Danmarks anmeldte måleevner og deltagelse i MRA anerkendte sammenligninger inden for hovedområdet masse er resumeret i henholdsvis Appendix 8.4 og 8.3. Informationen er hentet direkte fra Key Comparison Database (KCDB) på BIPM's hjemmeside.

Danmark er repræsenteret i de to arbejdsgrupper JCGM-WG1 og JCGM-WG2 nedsat af JCGM, Joint Committee for Guides in Metrology, som har til opgave at revidere *International Vocabulary in Metrology* (VIM), henholdsvis *Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM). Frederiksberg Hospital repræsenterer IFCC, International Federation of Clinical Chemistry, i begge arbejdsgrupper, mens Dansk Fundamental Metrologi repræsenterer BIPM i JCGM-WG1.

Inden for standardiseringsorganisationerne ISO, CEN og DS fortsætter arbejdet med at støtte den metrologiske udvikling med veldefinerede specifikationer og målemetoder. Dansk Fundamental Metrologi og Frederiksberg Hospital er repræsenteret i arbejdsgruppen ISO/TC 212/WG2, som har til formål at udarbejde en teknisk specifikation for udregning og angivelse af måleusikkerhed i medicinske laboratorier.

## 5 Forslag til indsatsområder

På området masse bør der anskaffes ny automatisk massekomparator til kalibrering af lodder i området 1 g til 1 kg ved primærlaboratoriet for massemåling. Komparatoren skal erstatte den nuværende automatiske komparator fra 1989, som ikke længere serviceres af fabrikanten, men som er af altafgørende betydning for primærlaboratoriets virke. Desuden bør anskaffes en ny manuel massekomparator til kalibrering af lodder i området 1 mg til 500 mg. Komparatoren skal erstatte den nuværende manuelle komparator fra 1989, som ikke længere lever op til sine specifikationer. Udviklingen af matematiske metoder og software til metrologiske anvendelser foreslås intensiveret ved Dansk Fundamental metrologi.

Etablering af 500 kN deadvægt-tester for kraft ved referencelaboratoriet for kraft og tryk vil kunne imødekomme det stigende behov for højere nøjagtighed. For kræfter op til 100 kN dækkes behovet i dag med en relativ måleevne på  $1 \cdot 10^{-4}$ . Det er dog ønskeligt at forbedre den relative måleevne til  $2 \cdot 10^{-5}$ . For kræfter op til 500 kN er det nødvendigt at forbedre den relative måleevne til  $1 \cdot 10^{-4}$  eller bedre. Om 2-5 år forventes der at opstå et behov for dynamisk kalibrering af krafttransducere, i første omgang med en lineær, kontinuert stigende eller faldende kraftpåvirkning. Som forberedelse til dette foreslås anskaffet transducere som er egnede hertil.

På området tryk er der et behov for måling af ganske lave tryk. Behovet vil dækkes ved investering i passende vakuumbestyrer der kan dække et måleområde ned til  $10^{-5}$  Pa. Der er desuden behov for at anskaffe en bedre deadweight-tester, der kan gøre det muligt at kalibrere de allerbedste deadweight-testere, som findes i Danmark.

På moment er der et behov for kalibrering af dynamisk moment. En international standard, som beskriver fremgangsmåden, er trådt i kraft, men der er store udgifter forbundet med oprettelse af de nødvendige laboratoriefaciliteter.

Under området volumen er der ønske om at kunne bestemme forskellige væskers egenskaber, herunder densitet og viskositet, bedre. Industrien har et ønske om at kontrollere deres egne densitetsmålere og viskositetsmålere, og til dette kræves referencevæsker. Derudover ønsker det retsmedicinske område forbedrede data. Danmark har i dag ikke mulighed for at yde disse ydelser i det omfang industrien mv. ønsker det. Udstyr med høj nøjagtighed indenfor disse områder er omkostningsmæssigt ikke rentabelt i forhold til det antal opgaver, som industrien i Danmark kan levere. Dette medfører også, at Danmark heller ikke har ret stor ekspertise på området til at kunne rådgive industrien.

I forbindelse med handel med CO<sub>2</sub>-kvoter er nøjagtighedskravene strammet for store udledere af CO<sub>2</sub>. Det har medført et behov for kalibrering af gasdensitetsmålere ved lave densiteter (lave tryk). Det nuværende udstyr kan ikke generere lavere tryk end 5 bar overtryk. Der har vist sig et behov for udstyr, der kan generere tryk ned til 0,25 bar overtryk, således at udstyr til lave gasdensiteter også kan kalibreres.

## 6 Forslag til etablering af nationale primær- og referencelaboratorier

For tiden er der på hovedområdet Masse følgende primær- og referencelaboratorier:

- + Primærlaboratorium for massemåling, Dansk Fundamental Metrologi A/S
- + Nationalt Referencelaboratorium for kraft og tryk, FORCE Technology
- + Nationalt Referencelaboratorium for volumen og densitet, FORCE Technology

Det vurderes at der i øjeblikket ikke er behov for yderligere primær- og referencelaboratorier inden for hovedområdet. Det kan inden for de næste 3-5 år opstå behov for at opgradere måling af moment til referenceniveau ved Nationalt referencelaboratorium for kraft og tryk.

## 7 Økonomiske konsekvenser af forslagene

**Tabel 3. Den økonomiske dimension af de foreslåede indsatsområder og omorganiseringer inden for hovedområdet Masse**

Lab. /område	Omkostninger for primær og referencelaboratorier (Mkr./år)		Offentlig finansiering af omkostninger til primær og reference laboratorier (FI) (Mkr./år)		Investerings behov 2007-2009 (Mkr.)
	2006	Forslag	2006	Forslag	Forslag
DFM/Masse	1,7	3,0	1,7	2,3	1,5
FORCE/Kraft	0,5	0,9	0,17	0,8	5,0
FORCE/Tryk	0,5	0,9	0,17	0,8	2,0
FORCE/Moment	0	0,2	0	0,2	0,5
FORCE/Dynamisk kalibrering	0	0,8	0	0,8	2,0
FORCE/Volumen, densitet (væske)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,15
FORCE/Viskositet	0	0,05	0	0,05	0,075
FORCE/Densitet (gas)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

## 8 Appendikser

### 8.1 DANAK akkrediterede kalibreringslaboratorier indenfor hovedområdet Masse

Akk.nr.	Titel	Laboratorium
0009	Kalibrering og prøvning inden for områderne kraft, moment, tryk, volumen, flow, densitet, energi, temperatur og masse.	FORCE Technology
0022	Kalibrering af elektrisk måleudstyr, vægte, temperatur- og trykmåleudstyr samt geometrisk måleudstyr. Prøvning af emner af faste materiale.	AREPA Test & Kalibrering A/S
0098	Kalibrering af temperatur- og trykmålere.	Forskningscenter Risø, Danmarks Tekniske Universitet
0142	Kalibrering af instrumenter til måling af temperatur, differenstryk, lufthastighed, luftfugtighed/-temperatur samt instrumenter til analyse af røggasser.	MTL Kalibrering
0200	Kalibrering af proces-, energi-, VVS- og laboratorieteknisk måleudstyr samt præstationsprøvning.	Teknologisk Institut
0209	Kalibrering af vægte.	Dansk Vægtkalibrering A/S
0223	Kalibrering af vægte.	Dansk Kalibreringsteknik A/S
0250	Kalibrering af vægte.	Post Danmark A/S
0255	Kalibrering af jævnspænding, resistans, længde, masse, optisk effekt og akustik, bestemmelse af elektrolytisk ledningsevne af væsker, udmåling af overfladetopografi, bestemmelse af pH samt certificering af referenceopløsninger.	Dansk Fundamental Metrologi A/S
0268	Kalibrering af volumen-, energi-, og elmålere samt langtidsafprøvning af varmeenergimålere.	Kamstrup A/S
0274	Kalibrering af udstyr til forbrugsafregning af vand og varme.	Landis+Gyr
0286	Kalibrering af fjernvarmemålere.	Brunata a/s
0295	Kalibrering af volumen- og energimålere.	Københavns Energi
0299	Kalibrering af målere til el- vand- og varme-forsyning.	EnergiMidt
0325	Kalibrering af volumenmålere.	Aalborg Kommune
0328	Kalibrering af geometrisk måleudstyr, momentmåleudstyr og trykmåleudstyr.	DSB Produktion, Togkomponenter
0333	Kalibrering af elektronisk og fiberoptisk måleudstyr, temperatur-, tryk- og momentmåleudstyr samt masse, vægte og geometrisk måleudstyr.	Bodycote Metech A/S
0334	Kalibrering af målere til forbrugsafregning. Prøvetagning af drikke- og grundvand.	AffaldVarme Århus Teknik og Miljø Århus Kommune
0341	Kalibrering af volumen- og energimålere.	Esbjerg Kommune Forsyningen
0369	Kalibrering af ikke automatiske vægte.	Mettler-Toledo A/S
0377	Kalibrering af ikke automatiske vægte til laboratorier .	Bie & Berntsen A/S
0379	Kalibrering inden for temperatur, tryk, partikel-tælling, væskeflow og elektriske størrelser.	Novo Nordisk A/S
0394	Kalibrering og prøvning indenfor områderne volumen og flow.	Doms Metrology ApS
0418	Kalibrering af koldt vandsmålere.	Midtfyns Vandforsyning A.m.b.A.

Akknr.nr.	Titel	Laboratorium
0433	Kalibrering af temperaturmåleudstyr, tryk-måleudstyr samt kalibrering af vægte	H. Lundbeck A/S
0446	Prøvning indenfor akustik, støj og vibration. Kalibrering af akustisk vibrationsmåleudstyr samt tryk og temperatur.	DONG energy, måleteknisk labora-torium
0469	Kalibrering af måleudstyr til bestemmelse af fugtighed, temperatur, tryk og gaskon-centration	Buhl & Bønsøe A/S
0477	Kalibrering af volumenmålere.	Fjernvarme Fyn A/S
0482	Kalibrering af stempelstyret volumetrisk apparatur ( pipetter ).	Biolab A/S
0485	Kalibrering af røggasanalyseudstyr	Electro-Oil Int. A/S, Kalibrering

## 8.2 DANAK akkrediterede prøvningslaboratorier indenfor hovedområdet Masse

Akknr.nr.	Titel	Laboratorium
0002	Prøvning af murværk m.v.	Teknologisk Institut
0007	Prøvning af cement, flyveaske og beton	Cement- og Betonlaboratoriet
0008	Prøvning af materialers og produkters me-kaniske egenskaber.	FORCE Technology
0009	Kalibrering og prøvning inden for områderne kraft, moment, tryk, volumen, flow, densi-tet, energi, temperatur og masse.	FORCE Technology
0011	Prøvning af byggematerialer	Teknologisk Institut
0019	Apparatprøvning - herunder miljøprøvning - af elektriske og elektroniske produkter samt produkter for telekommunikation. Kalibre-ring af temperatur- og fugtmålere.	DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik
0030	Ikke-destruktiv prøvning (NDT).	FORCE Technology
0037	Prøvning af træ, træbaserede materialer, forbindelsesmidler og formaldehyd.	Teknologisk Institut
0053	Prøvning af materialer, komponenter og konstruktioner.	Teknologisk Institut
0092	Funktionsprøvning af emballager og fysisk prøvning af materialer hertil.	Teknologisk Institut
0179	Prøvning af sand-, grus og stenmaterialer, prøvning af cement og beton samt kemisk analyse inden for miljøområdet.	VBM-Laboratoriet A/S
0210	Mekanisk materialeprøvning.	Forskningscenter Risø, Danmarks Tekniske Universitet
0268	Kalibrering af volumen-, energi-, og elmåle-re samt langtidsafprøvning af varmeenergi-målere.	Kamstrup A/S
0282	Prøvning af beton og tilslagsmaterialer til beton.	AEC laboratoriet A/S
0347	Mekanisk prøvning af indstillelige senge, sengeløftere og tilsvarende hjælpemidler.	Hjælpemiddelinstittet
0358	Prøvning af træimprægneringsmidler samt prøvning af træ.	Teknologisk Institut
0363	Prøvning af vindmøller.	Forskningscenter Risø, Danmarks Tekniske Universitet
0370	Prøvning af førerværn til traktorer, jord- og skovbrugsmaskiner, entreprenørmateriel og gaffeltrucker.	Det Jordbrugsvidenskabelige Fa-kultet, Aarhus Universitet

<b>Akk.nr.</b>	<b>Titel</b>	<b>Laboratorium</b>
0394	Kalibrering og prøvning indenfor områderne volumen og flow.	Doms Metrology ApS
0409	Prøvning af vindmøller.	TRIPOD Wind Energy ApS
0427	Prøvning af vinger til vindmøller.	Blade Test Centre A/S
0438	Prøvning af vinger til vindmøller.	LM Glasfiber A/S
0441	Ikke-destruktiv prøvning.	C&P Inspection A/S

### 8.3 MRA: Appendiks B

**Tabel 4. Dansk deltagelse i internationale sammenligninger inden for hovedområdet Masse optaget i CIPM-MRA**

Lab.	ID, beskrivelse	Type	År	Status
DFM	EUROMET.M.M-K1, Comparison of mass standards	Key	1992-1999	Approved
DFM	EUROMET.M.M-K2, Comparison of mass standards	Key	2001-2003	In progress
DFM	EUROMET.M.M-K4, Comparison of mass standards	Key	1999-2003	In progress
DFM	EUROMET.M.M-K4.1, Comparison of mass standards	Key	2007	In progress
FORCE	EUROMET.M.M-S1, Measurement of the conventional mass of a weight	Suppl.	2001-2003	In progress
FORCE	CCM.P-K8, Pressure measurements in oil (gauge mode)	Key	1996-1999	Approved
FORCE	CCM.P- K11, Pressure measurements (gauge mode)	Key	1981-1989	Approved
FORCE	EUROMET.M.P- K3.b, Pressure measurements in gas (gauge mode)	Key	1999-2001	In progress
FORCE	EUROMET.M.P- K5, Pressure measurements in oil (gauge mode)	Key	1993-1995	Approved
FORCE	CCM.H-S1.a-f, Hardness (Rockwell C, A, D, 15N, 30N, 45N)	Suppl.	1998-1999	In progress
FORCE	EUROMET.M.D-K1, Volume and density of three ceramic spheres	Key	1996-1999	Approved

Kilde: BIPM Key Comparison Database Appendix B <http://kcdb.bipm.org>

## 8.4 MRA: Appendiks C

**Tabel 5. Kalibrerings- og måleevner optaget for danske laboratorier i KDCB inden for området Masse**

Lab.	Beskrivelse	Instrument
DFM	Mass, 1 mg to 20 kg	Mass standard
DFM	Volume of solid. Mass standard: 1 g to 200 g, solid sample, 0.04 cm <sup>3</sup> to 800 cm <sup>3</sup>	Mass standard
FORCE	Force: compression, 1 kN to 1000 kN	Force measuring device
FORCE	Force: tension, 1 kN to 200 kN	Force measuring device
FORCE	Force: tension and compression, 0.1 N to 3300 N	Force measuring device
FORCE	Absolute pressure, 5 Pa to 150 kPa (gas medium)	Vacuum gauge Pressure gauge Barometer
FORCE	Differential pressure, 0.5 MPa to 20 MPa (gas medium)	Pressure gauge
FORCE	Gauge pressure, 0 Pa to 80 MPa (gas medium)	Pressure balance
FORCE	Gauge pressure, 0.1 MPa to 500 MPa (oil medium)	Pressure balance
FORCE	Negative gauge pressure, -1.5 kPa to -1.0 kPa	Pressure gauge

Kilde: BIPM Key Comparison Database Appendix C <http://kcdb.bipm.org>

## 8.5 Høring af planen

Handlingsplanen har været sendt til høring blandt de akkrediterede kalibreringslaboratorier inden for hovedområdet.

Et af de hørte laboratorier fremførte, at det er blevet vanskeligere for de akkrediterede laboratorier at rekruttere medarbejdere med en måleteknisk uddannelse. Som mulig årsag nævntes at den selvstændige uddannelse "Kvalitets- og måletekniker" i år 2000 blev lagt ind under en fælles udannelse med betegnelsen "Produktionsteknolog". Handlingsplanens forfattere er enige i at der kan være et behov for at styrke faget måleteknik inden for de korte videregående uddannelser, men at det ligger uden for handlingsplanens regi.

Behovet for en måletekniske ERFA-gruppe på området lave tryk blev også fremført. Etableringen af måletekniske klubber har været beskrevet som

indsatsområde i den tidligere handlingsplan, og der har også været forsøg på at danne sådanne grupper. Mange af disse grupper har ikke været levedygtige, så etableringen af måletekniske ERFA-grupper er ikke medtaget som indsatsområde i denne handlingsplan.