

VSL Meerjarenplan 2016 – 2019

Publieke versie t.b.v. EZ

Inhoudsopgave

Executive Summary.....	4
Afkortingen.....	10
1. Inleiding	11
2. Achtergrond	11
3. Missie en strategie.....	13
3.1 Strategische prioriteiten.....	13
3.2 Cijfermatige overzichten	14
3.3 Technologieën en diensten	15
4. Het belang van metrologie.....	15
4.1 Het belang van meetstandaarden	15
4.2 Het Nederlandse model.....	17
4.3 De internationale metrologische infrastructuur	18
4.4 De Benefit Cost Ratio van metrologie	19
4.5 Complexiteit en samenhang van meetstandaarden	19
4.5.1 Het SI-stelsel	19
4.5.2 Samenhang van de SI-basiseenheden	21
4.5.3 Samenhang van de afgeleide eenheden: een voorbeeld.....	21
4.5.4 Meetbereik	22
4.5.5 Nauwkeurigheid/meetonzekerheid	22
4.6 Herleidbaarheidspiramide.....	23
4.7 Consequenties voor laboratoriumomgeving, gebouw, apparatuur.....	24
4.8 Relevantie voor de Nederlandse industrie: case stories	25
5. Strategische visie RvD en opdracht EZ.....	26
5.1 Meerjarenplannen.....	26
5.2 Strategische Visie RvD 2013 – 2016.....	26
5.3 Opdracht en taakstellingen EZ	28
6. Scenario's	29
6.1 Het RvD-scenario	30
6.2 Hypothetische reductiescenario's.....	30
7. Consequenties taakstelling.....	31
7.1 Meetstandaarden.....	31
7.2 Investerings	33
7.3 Omzet en klanten.....	33
7.4 Continuïteit VSL.....	34
7.5 Adviezen van de RvD	35
7.6 EMPIR commitment.....	36

8. Conclusies	36
Bijlage 1: Technologieën	38
Chemie	38
DC en Laagfrequent Elektriciteit (DCLF)	41
Hoogfrequent Elektriciteit (HF)	44
Ioniserende Straling.....	47
Massa, Druk en Viscositeit	50
Lengte.....	52
Thermometrie en vochtigheid (TH).....	55
Optica	57
Tijd en Frequentie (TF).....	60
Volumetrie – Lage druk gashoeveelheid (LD flow).....	63
Volumetrie – Hoge druk gashoeveelheid (HD flow)	66
Volumetrie – Vloeistofhoeveelheid	68
Bijlage 2: Faciliteiten en standaarden	70
Bijlage 3: Benefit Cost Ratio.....	82
Bijlage 4: Case stories.....	85
Bijlage 5: Reactie VSL op strategische visie RvD	89
Bijlage 6: Reactie Minister op strategische visie RvD	91
Bijlage 7: Overzicht van hypothetische reductiescenario's	94
Bijlage 8: Klantenlijsten 2013 + 2014 voor enkele specifieke gebieden	96

Executive Summary

Op verzoek van het ministerie van Economische Zaken (EZ) heeft VSL voorliggend meerjarenplan 2016-2018 opgesteld. In dit plan wordt een aantal scenario's geschetst en worden de effecten van de door EZ opgelegde taakstelling (budgetreductie) geanalyseerd. Als meerjarenplan voor de toekomst kiest VSL voor het 'Raad van Deskundigen – scenario'. Dit scenario is een gebalanceerd plan, afgestemd op het huidige en het toekomstige metrologische ecosysteem van het Nederlandse bedrijfsleven en maatschappij. Het scenario bevat bovendien een stevige technologische uitdaging, waar VSL klaar voor is. In het eerste deel van deze executive summary wordt aangegeven wat het inhoudt en waarom dit voor VSL de enige verstandige keuze is.

In de periode 2012-2015 is VSL al met een absolute budgetreductie van circa k€ 750 (incl. 'BTW-effect') geconfronteerd, zonder verdere compensatie van kostenstijgingen en inflatie. Daaraan heeft VSL meegewerkt door vergaande efficiëntiemaatregelen te implementeren, compensatie te vinden door verhoogde EU-onderzoeksfinanciering en door een aantal meetstandaarden en diensten te staken. De grens daarin is echter bereikt. De taakstelling (budgetreductie) die EZ nu oplegt voor de periode 2016-2018, plaatst VSL voor een onmogelijke opgave. Tot deze conclusie komt VSL na uitgebreide analyse en consultatie met vertegenwoordigers van de stakeholdergemeenschap. Argumentatie hiervoor wordt in het tweede deel van deze executive summary gegeven.

Om de slagkracht van de Nederlandse industrie, MKB en onderzoeksinstituten te kunnen blijven ondersteunen en om de continuïteit van VSL te garanderen is het noodzakelijk dat VSL invulling kan geven aan de adviezen van de RvD. Dit houdt een uitbreiding van het budget in en niet een reductie. Inhoudelijk betekent dit dat VSL doorgaat op de ingeslagen weg, namelijk het versterken van en specialiseren binnen de essentiële onderdelen (speerpunten) en het 'fit for purpose' houden van de andere technologieën. Hiermee wordt aangesloten bij de **marktbehoeftes** van Nederlandse bedrijven en instanties. Zoals een analyse van de zogenaamde 'Benefit Cost Ratio' voor metrologie laat zien, levert dit extra waarde op voor de Nederlandse economie.

Meerjarenplan: toonaangevende metrologie in Nederland

- VSL maakt meetresultaten van bedrijven, laboratoria en instellingen direct herleidbaar naar internationale standaarden. VSL ontwikkelt en beheert in opdracht van de Nederlandse overheid dé nationale meetstandaarden en levert een belangrijke bijdrage aan de betrouwbaarheid, kwaliteit en innovatie van producten en processen in bedrijfsleven en samenleving. Dit is een wettelijke taak.
- Met de volgende strategische prioriteiten meent VSL maximaal effectief en efficiënt te zijn en ook voor de langere termijn continuïteit te kunnen bieden aan de Nederlandse industrie en samenleving:
 - Toonaangevend in metrologie.
 - Internationaal onderscheidend in volumetrie/flow, gaschemie, nano-/micrometrologie, radiometrie en elektrische vermogensmetingen.
 - 'Fit for purpose' technologieniveau in de andere metrologische gebieden
- De taak van VSL als nationaal metrologie-instituut is vastgelegd in een overeenkomst betreffende het meetstandaardenbeheer. De verwezenlijking en het beheer van de meetstandaarden en de deelname aan Key Comparisons is hierin opgenomen. Daarnaast is er een researchsubsidie die wordt ingezet voor innovatie van meetstandaarden en diensten, zodat ook in de toekomst de door het Nederlandse bedrijfsleven, wetenschap en overheden gevraagde diensten en vereiste meetonzekerheden kunnen worden geleverd.

De strategische prioriteiten van VSL voor de periode 2016-2019 zijn:

- Toonaangevend in metrologie.
- Internationaal onderscheidend in volumetrie/flow, gaschemie, nano-/micrometrologie, radiometrie en elektrische vermogensmetingen.
- 'Fit for purpose' technologieniveau in de andere metrologische gebieden

- Ter ondersteuning van innovatie en economische groei heeft het ministerie van EZ, op advies van de Raad van Deskundigen en in overleg met VSL, zich voor de periode 2014-2024 financieel geïmmiteerd aan deelname aan het European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR).
 - De kern van de Strategische Visie 2013-2016 van de Raad van Deskundigen is dat VSL de strategie van de afgelopen jaren moet doorzetten, zijn huidige activiteiten moet voortzetten en op een aantal strategische punten moet versterken, en daarnaast een aantal nieuwe activiteiten en onderzoeksgebieden moet oppakken.
 - Diverse vertegenwoordigers van de stakeholdergemeenschap, waaronder een aantal vooraanstaande bedrijven en instellingen, hebben VSL laten weten zeer tevreden te zijn over de huidige dienstverlening en het huidige kennisniveau en geadviseerd dat VSL zich blijft concentreren op verdergaande verbeteringen en vernieuwing ten behoeve van de Nederlandse samenleving en economie.
 - Uit de diverse industriële case stories, maar ook uit recente analyses van de zogenaamde 'Benefit Cost Ratio' van metrologie, blijkt dat het belang en de waarde van metrologie voor samenleving en economie enorm groot is. Dit is het gevolg van de positie van VSL in de waardeketen: zij staat geheel aan het begin. Een positieverslechtering werkt door in de hele waardeketen van idee tot product op de markt.
- Uit industriële case stories en uit recente analyses van de zogenaamde 'Benefit Cost Ratio' blijkt dat het belang en de waarde van metrologie voor samenleving en economie enorm groot is.
- De huidige topositie van Nederland op gebied van metrologie en metrologiegebonden apparatuur en instrumenten is over de jaren moeizaam bevochten en heeft veel positief resultaat. Voor de Nederlandse maatschappij als geheel maar ook voor werkgelegenheid en economische groei. Voor veel bedrijven en instellingen in de Nederlandse kenniseconomie is kwaliteit een doorslaggevende 'differentiator', zeker voor het innoverende MKB. Door te anticiperen op nieuwe ontwikkelingen en op de toekomstige behoefte aan verbeterde meetstandaarden en meetmethodes kan VSL bedrijven helpen bij hun economische groei en daarmee bijdragen aan de economie en het investerings- en vestigingsklimaat van Nederland.
 - De topositie van Nederland op het gebied van metrologie blijkt onder andere uit het feit dat de CMC's (Calibration and Measurement Capabilities, zie <http://kcdb.bipm.org/>) van VSL zowel v.w.b. de meetonzekerheden als v.w.b. de meetbereiken gelijkwaardig zijn aan die van de grote NMI's (nationale meetinstituten) in Europa, zoals PTB en NPL.

Meerjarenplan: het RvD-scenario

- Met het scenario dat gebaseerd is op de 'Strategische Visie Standaardenbeheer van de Raad van Deskundigen' ('RvD-scenario') blijft VSL zijn rol vervullen als belangrijke schakel in de ontwikkeling van Nederland op het gebied van hoogwaardige, innovatieve technologie. Dat houdt in een voortzetting van de ingezette activiteiten en strategie.
- De vijf speerpunten worden expliciet versterkt:
 - Chemie: Onderzoek naar zuiverheidsanalyse en cilinderwandcoatings, nauwere samenwerking met de academische wereld.
 - Elektriciteit: Ontwikkelingen richten op elektrische efficiëntiemetingen (standby power, converters, solid state lighting) en elektriciteitsnetwerkresearch (Phase Measurement Units (PMU's), power quality, HV-transformatoren, load loss).
 - Lengte: Verder ontwikkelen van toepassingen van Atomic Force microscopy (AFM, inclusief medische diagnostiek, zoals op het gebied van 'microvesicles') en onderzoek naar optische karakterisering.
 - Optica: Standaarden (verder) ontwikkelen voor 'solid state lighting' (LEDs en OLEDs) en voor de ruimtevaart (aardobservatie, meten van klimaateffecten met behulp van satellieten).
 - Volumetrie: Onderzoek richten op LNG (lagere onzekerheden), micro-flow (met name 'drug delivery') en gasemissies.

- Per technologie worden er 2 nieuwe innovatieve ontwikkelingen voorzien. De jaarlijkse kosten per innovatie bedragen naar schatting 100 k€. In totaal vraagt bovenstaande dus een extra budget van 1 M€ per jaar.
- Een verdere versterking van de speerpunten is mogelijk door nog meer middelen vrij te maken. Dit kan worden bereikt door de volgende reducties in andere gebieden:
 - Ioniserende Straling: beheer uit het EZ-contract halen en focussen op vernieuwing (dosimetrie voor MRI linacs, kleine velden en protonetherapie).
 - Elektriciteit Hoogfrequent: R&D beperken, van gemiddeld 3 terug naar 1 R&D-project per jaar.
 - Pyrometrie (stralingsthermometrie): stoppen met het beheren, verder ontwikkelen en leveren van diensten op dit onderdeel van Optica. De activiteiten op het gebied van Pyrometrie zijn, met toestemming van EZ, per 1 april 2015 beëindigd.
 - Verder zal nog kritisch bekeken worden of sommige andere (sub)faciliteiten al dan niet gecontinueerd moeten worden, met name kleine stromen (onderdeel van Elektriciteit DCLF) en anemometrie (onderdeel van Volumetrie Lage Druk).

Meerjarenplan: continuïteit VSL

- De vooraanstaande positie van VSL, samen met de hoge klanttevredenheid, is een gevolg van de sterke focus op efficiëntie en effectiviteit van de laatste jaren, ondermeer aangejaagd door EZ en door de Raad van Deskundigen.
- Onderdeel van deze strategie is om internationaal te excelleren in vakgebieden die bij uitstek aansluiten op maatschappelijke of economische prioriteiten in Nederland.
- Onderdeel hiervan is ook om op de andere vakgebieden de kwaliteit te leveren die in Nederland wordt vereist, waaronder voldoende brede meetbereiken en lage meetonzekerheden, waardoor absoluut betrouwbare metingen verkregen worden.
- Het 'Nederlandse model' voor het ontwikkelen en beheren van meetstandaarden en het garanderen van internationaal erkende herleidbaarheid, is succesvol. De uitdaging is om dit succes vast te houden en verder uit te bouwen zonder de Nederlandse stakeholders op achterstand te zetten en zonder onnodige kapitaalvernietiging.
- Een mogelijke optie is een verdergaande specialisering binnen Europa, waarbij niet meer **alle** nationale instituten een **volledig** pakket aan diensten leveren, maar zich voornamelijk richten op hun **eigen** speerpunten met de daarbij behorende internationale dienstverlening. Specialisering zou een efficiencyverbetering op kunnen leveren, omdat de (noodzakelijkerwijs) hoge vaste kosten 'verrekend' kunnen worden over een groter 'afzetgebied' dan alleen het eigen land.
- Dit vereist de bereidheid om enerzijds te specialiseren op technologiegebieden die nationaal van belang zijn, maar anderzijds af te zien van technologiegebieden waarin andere metrologie instituten een grotere meerwaarde hebben. Daarnaast vereist dit dat de dienstverlening op Europees niveau uitgevoerd wordt zonder nationale voorkeuren of het 'voortrekken' van nationale instellingen. Hiervoor is een goede Europese afstemming noodzakelijk en het onderlinge vertrouwen dat ook onder 'moeilijke omstandigheden' toch gevolg gegeven wordt aan de afgesproken toezeggingen en verplichtingen. Deze bereidheid en dit vertrouwen is er momenteel nog niet.
- Het is zeer onverstandig om vooruitlopend op een dergelijke ontwikkeling, nu al (eenzijdig) bepaalde technologiegebieden, meetstandaarden of diensten te staken of af te bouwen die van belang zijn voor Nederland. Immers:
 - De nationale bedrijven en instellingen worden op achterstand gezet.
 - De onderhandelingspositie van Nederland bij het uitwisselen van specialismen en diensten wordt daarmee erg verzwakt.
 - De eigen onafhankelijke positie op een aantal gebieden wordt opgegeven voordat duidelijk is wat de consequenties zijn.

De vooraanstaande positie van VSL, samen met de hoge klanttevredenheid, is een gevolg van de sterke focus op efficiëntie en effectiviteit, ondermeer aangejaagd door EZ en door de Raad van Deskundigen.

- Het afbouwen van een metrologische activiteit kan snel gaan maar de opbouw van een goede kennis- en ervaringspositie, kost vele (soms tientallen) jaren. Dat weet Nederland uit ervaring.
- Indien gekozen wordt voor een Europese specialisatie, zal op bestuurlijk niveau gevolg gegeven moeten worden aan deze wens. Tot die tijd moet voorkomen worden dat er ongewenste irreversibele processen ingezet worden. De opgelegde bezuinigingen zullen uitgesteld moeten worden, totdat duidelijk wordt wat de consequenties zijn. Of men zal, totdat een werkelijke Europese specialisatie gestalte krijgt, een andere manier moeten vinden om de nationale kosten voor de metrologische infrastructuur te financieren.

Taakstelling: financieel

- Een significante reductie van het metrologiebudget kan alleen als de ontwikkeling en het beheer van diverse meetstandaarden gestopt wordt en de bijbehorende metrologische diensten (bijv kalibraties) voor 'de markt' gestaakt worden. De door EZ aangekondigde korting op het metrologiebudget in de periode 2016-2019 is k€ 959 (incl. BTW), zonder rekening te houden met kostenstijgingen.
- Omdat de markt betaalt voor de metrologische diensten van VSL, vervalt door het staken van een deel van deze diensten ook een deel van de marktomzet van VSL. In de hypothetische scenario's die doorgerekend zijn, is deze omzetreductie minimaal k€ 500. Daarmee bedraagt de totale reductie van het metrologiebudget voor de wettelijke taak circa M€ 1,5 in 2016-2018, zonder de kostenstijgingen te compenseren.
- In de periode 2012-2015 is VSL al met een absolute budgetreductie van circa k€ 750 (incl. BTW-verhoging van 19% naar 21%) geconfronteerd en geen verdere compensatie van kostenstijgingen en inflatie. Daaraan is voldaan door vergaande efficiëntiemaatregelen, compensatie door verhoogde EU-onderzoeksfinanciering en door een aantal meetstandaarden en diensten te staken. Verdere efficiëntieverbeteringen zijn niet mogelijk en compensatie door significante verhoogde externe omzet is onrealistisch.
- Om de genoemde budgetkortingen (EZ-opdracht en marktomzet) te verdisconteren zal het metrologisch werkprogramma dat VSL in opdracht van EZ uitvoert, zeer sterk gereduceerd moeten worden, veel meer dan bovenstaande budgetkortingen suggereren. De reductie van dit werkprogramma zal naar schatting minimaal 25% bedragen. Immers:
 - Op de vaste kosten (circa 30% van de gehele begroting) kan niet bezuinigd worden. Deze kosten zijn vanwege de aard en complexiteit van de wettelijke taak hoog en onafwendbaar. Dientengevolge zullen alle kortingen opgevangen moeten worden in de variabele kosten, voornamelijk personeel.
 - EZ heeft een significant deel van het metrologiebudget (1,65 M€ per jaar) gecommiteerd aan de EU voor deelname in het EMPIR programma in de periode 2014-2024. Aan deze comittering van de Minister aan de Europese Commissie kan echter niet langer voldaan worden.
 - De kostenstijgingen (inflatie, loonontwikkeling) zullen gecompenseerd moeten worden door reducties in het werkprogramma.
 - In het integrale kostprijsmodel dat EZ met VSL overeengekomen is, worden alle overheadkosten omgeslagen naar een integraal kostprijsstarief (per uur). Door de significante personeelsreductie zal het aantal 'uren' sterk teruglopen. De overheadkosten (waaronder de (hoge) vaste kosten) moeten dientengevolge omgeslagen worden over minder uren, waardoor het kostprijsstarief significant stijgt. Om binnen het beschikbare budget te blijven moet het werkprogramma (uren) weer verder gereduceerd worden, enzovoorts. VSL raakt hierdoor in een neergaande spiraal met een aanzienlijk continuïteitsrisico, want wordt een verliesgevend bedrijf.
- De kortingen op het EZ- en marktbudget zullen gecompenseerd moeten worden met kostenreducties. In alle hypothetische reductiescenario's die doorgerekend zijn lukt het niet om de benodigde kostenreductie te realiseren en tegelijkertijd de continuïteit van VSL te garanderen.
- Budgetreductie bij VSL levert geen bezuiniging voor Nederland op, maar een verlies aan concurrentievermogen en, gezien de aantoonbare Benefit Cost Ratio voor metrologie, zelfs een daling van het BNP.

Taakstelling: wettelijke taak

- Om betrouwbare en internationaal uitwisselbare en erkende meetresultaten te realiseren, moeten metingen 'herleidbaar' zijn naar een hogere en absolute betrouwbare meetstandaard en moet de meetonzekerheid gekwantificeerd zijn.
- De hoogste meetstandaard in Nederland, met de laagste meetonzekerheid, heeft VSL in huis. Door vele wereldwijde vergelijkingen zorgt VSL ervoor dat de meetstandaarden van Nederland tot de beste van de wereld behoren en internationaal erkend zijn. Daarvoor is een sterke en onafhankelijke positie essentieel.
- Het ontwikkelen en onderhouden van meetstandaarden en het leveren van herleidbaarheid is een (wettelijke) taak van de overheid. In Nederland wordt dit als volgt ingevuld: de overheid betaalt voor het ontwikkelen en beheren van de meetstandaarden en 'de markt' betaalt voor het gebruik ervan. Dit model is zeer succesvol gebleken. De kosten voor de metrologische infrastructuur zijn laag en de kwaliteit is hoog. Vanwege de sterke marktoriëntatie is de dienstverlening effectief en wordt maximaal ingespeeld op externe financiering voor het gebruik van de meetstandaarden. Verder kent Nederland een effectieve disseminatie van herleidbaarheid: van VSL naar secundaire kalibratie- en R&D-laboratoria, die vervolgens weer vele honderden andere belanghebbenden bedienen.
- De omvang van de te ontwikkelen en te beheren meetstandaarden is groot. Het betreft alle SI-eenheden en zeer vele afgeleide eenheden. Het belang voor de nationale samenleving en industrie is ook groot. In het onderliggende document worden daar vele voorbeelden van gegeven.
- Een belangrijk deel van het VSL-budget is nodig om de meetstandaarden te beheren waardoor de kwaliteit (herleidbaarheid, meetonzekerheid, internationale erkenning) goed is en blijft. Essentieel is dat meetstandaarden altijd en overal tot dezelfde, vergelijkbare meetresultaten leiden. Dat vergt vergaand specialisme van medewerkers en goed geoutilleerde laboratoria zonder externe verstoringen.
- Een ander belangrijk deel van het budget is noodzakelijk om voortdurend te verbeteren en vernieuwen, en daardoor te anticiperen op maatschappelijke, economische en technologische ontwikkelingen die van belang zijn voor de Nederlandse maatschappij. Dit vereist het vergroten van het meetbereik, verlagen van meetonzekerheden en het ontwikkelen van nieuwe meetstandaarden. De keuzes die VSL daarin maakt, worden afgestemd met 'de markt' en sluiten aan op strategische prioriteiten in Nederland.
- Alle hypothetische reductiescenario's resulteren in een aanzienlijke reductie van meetstandaarden en metrologische diensten (kalibraties), die belangrijk zijn voor de Nederlandse maatschappij en bedrijfsleven.
- In alle scenario's kan niet meer op een volledige wijze worden voldaan aan de Metrologiewet en het Meeteenhedenbesluit, omdat de meetstandaarden en herleidbaarheid voor bepaalde SI-eenheden of relevante afgeleide eenheden niet meer geleverd kunnen worden.
- In alle scenario's worden honderden individuele klanten/belanghebbenden geraakt, omdat VSL de betreffende kalibraties niet meer kan uitvoeren.
- Ook zullen in alle scenario's toonaangevende Nederlandse bedrijven en instellingen, die nationaal en/of internationaal vooroplopen, 'geraakt' worden en daardoor op achterstand gezet worden bij het in standhouden van hun taak, hun concurrentiepositie, hun reputatie.
- In alle scenario's zal VSL ten behoeve van de samenhang met de te behouden meetstandaarden, vervolgens weer herleidbaarheid 'in moeten kopen' bij buitenlandse collega-instituten voor de meetstandaarden die zijn afgestoten.
- In alle scenario's zal de reductie in het werkprogramma dermate aanzienlijk zijn, dat gevreesd wordt voor de uitstekende reputatie die VSL heeft. Het gevolg: vertrek van klanten vanwege het onvolledige en verslechterde dienstenpakket en sterk verminderde deelname aan Europese onderzoeksprogramma's (o.a. vanwege onvoldoende onderzoeksbudget en verminderde reputatie).

In alle reductiescenario's kan niet meer aan de Metrologiewet en het Meeteenhedenbesluit worden voldaan, omdat de meetstandaarden en herleidbaarheid voor bepaalde SI- of afgeleide eenheden niet meer geleverd kunnen worden.

Taakstelling: Nederlandse belanghebbenden voor meetstandaarden en herleidbaarheid

- Meetstandaarden zijn over de gehele breedte van belang. Voor de industrie, maar ook voor handel/export, consumentenbescherming, wettelijke bepalingen, veiligheid, gezondheid, milieu, energie, innovatie. Het is te beschouwen als een technologische infrastructuur.
- De instrumenten 'certificatie, accreditatie en kalibratie' worden op nationaal niveau al ruim 10 jaar ingezet om te voorzien in publieke belangen op het gebied van handel, veiligheid, gezondheid en milieu. Het leveren van inhoudelijke kwaliteit en kennis is daar onderdeel van en wordt geleverd door VSL, maar blijft een overheidsverantwoordelijkheid.
- Als VSL bepaalde meetstandaarden en metrologische diensten niet meer kan leveren, worden de Nederlandse partijen die daar wel behoefte aan hebben, gedwongen om alternatieven te zoeken. Bijvoorbeeld door kalibraties uit te laten voeren door Nationale metrologische instituten (vrijwel altijd overheidsinstellingen) van omringende landen (bijvoorbeeld PTB in Duitsland, NPL in Verenigd Koninkrijk, enz.).
- Zoals gezegd, blijkt in alle hypothetische reductiescenario's dat het om honderden individuele klanten/belanghebbenden gaat (waarvan een groot deel MKB), die hierdoor op achterstand worden gezet. De gevolgen zullen divers zijn: langere levertijden, hogere kosten, grotere eigen inspanning, vereiste 'redundancy' van eigen standaarden waardoor hogere kosten, slechtere dienstverlening, verminderde kennisoverdracht. Deze gevolgen worden bevestigd door diverse industriële stakeholders van VSL, leiden tot lastenverzwaring en doen afbreuk aan het 'level playing field' in Europa.
- Voor diverse bedrijven en instellingen in de Nederlandse kenniseconomie is metrologische kwaliteit een 'differentiator' voor hun concurrentiepositie, zeker voor het innoverende MKB. Daarvoor zijn ze afhankelijk van het kennis- en dienstenniveau van VSL. Bij buitenlandse metrologische instituten (overheids-instellingen) zullen deze Nederlandse partijen achteraan in de rij komen te staan, als ze het gevraagd al krijgen. Diverse bedrijven melden dit uit eigen ervaring.

Metrologische kwaliteit is een 'differentiator' voor de concurrentiepositie van Nederlandse bedrijven en instellingen, zeker voor het innoverende MKB.

Conclusie

De conclusie is dat op welke wijze de reductie ook wordt ingevuld de gevolgen onverantwoord zijn. Nederlandse bedrijven en instellingen zullen ernstige belemmeringen ondervinden van het sterk gereduceerde portfolio en innovatiekracht van VSL. De continuïteit van VSL is niet geborgd en VSL kan in dat geval zijn in de Metrologiewet vastgelegde taak niet meer vervullen. Ook de committering van de Minister aan de Europese Commissie in het kader van het EMPIR-programma kan niet langer worden nagekomen.

Op welke wijze de reductie ook wordt ingevuld, de gevolgen zullen onverantwoord zijn en Nederlandse bedrijven en instellingen zullen ernstige belemmeringen ondervinden van het sterk gereduceerde portfolio en innovatiekracht van VSL.

Om de slagkracht van de Nederlandse industrie, MKB en onderzoeksinstituten te kunnen blijven ondersteunen en om de continuïteit van VSL te garanderen is het noodzakelijk dat VSL invulling kan geven aan de adviezen van de RvD. Dit houdt een uitbreiding van het budget in en niet een reductie. Inhoudelijk betekent dit dat VSL doorgaat op de ingeslagen weg, namelijk het versterken van en specialiseren binnen de essentiële onderdelen (de genoemde speerpunten) en het 'fit for purpose'

houden van de andere technologieën. Hiermee wordt aangesloten bij de **marktbehoeftes** van Nederlandse bedrijven en instanties. Zoals de analyse van de 'Benefit Cost Ratio' voor metrologie laat zien, levert dit extra waarde op voor de Nederlandse economie.

Afkortingen

AFM = Atomic Force Microscope

BIPM = Bureau International des Poids et Mesures

CMC = Calibration and Measurement Capability

EMPIR = European Metrology Programme for Innovation and Research

EMRP = European Metrology Research Programma

EURAMET = European Association of National Metrology institutes

EU = European Union

EZ = Ministerie van Economische zaken

GRC = Galileo Reference Center

GNSS = Global Navigation Satellite System

GOPP = Gas Olie Piston Prover

GPS = Global Positioning System

KC = Key Comparison (ringvergelijking)

LED = Light Emitting Diode

LNG = Liquefied Natural Gas

MRA = Mutual Recognition Arrangement

MRI = Magnetic Resonance Imaging

NMI = National Metrology Institute

OLED = Organic Light Emitting Diode

PET = Positron Emission Tomography

PT = Proficiency Testing

R&D = Research & Development

RvD = Raad van Deskundigen

SBO = Standaardenbeheerovereenkomst

SI = Système International d'Unités (het Internationale Stelsel van Eenheden)

TWSTFT = Twee Weg Satelliet Tijd en Frequentie Transfer

VWS = Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

WTP = Water Tripel Punt

1. Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken (EZ) heeft VSL in zijn brief d.d. 16 oktober 2014 (kenmerk DGETM-MC/14168685) verzocht om een meerjarenprogramma op te stellen voor de periode 2016-2019. Hierbij dient VSL rekening te houden met de adviezen van de Raad van Deskundigen (RvD), zoals vastgelegd in zijn "Strategische Visie Standaardenbeheer voor de periode 2013-2016" en met de reactie van EZ daarop zoals vermeld in genoemde brief.

Het doel van het voorliggende meerjarenplan is om de gevraagde toekomstvisie van VSL te schetsen, zowel op hoofdlijnen als per technologie, en alternatieven te presenteren in de vorm van scenario's voor het uitvoeren van het standaardenbeheer in de jaren 2016-2019.

De opzet van dit meerjarenplan is als volgt: eerst wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op metrologie in Nederland (Metrologiewet) en in Europa (EMPIR, "European Metrology Programme for Innovation and Research"). Vervolgens wordt de missie van VSL (Hoofdstuk 3) en het belang van metrologie toegelicht (Hoofdstuk 4). Dit wordt in hoofdstuk 5 gevolgd door een overzicht van de adviezen van de RvD. In hoofdstuk 6 wordt aangegeven op welke wijze deze adviezen zouden moeten worden ingevuld. Tevens in dit hoofdstuk worden enkele hypothetische reductiescenario's geschetst, waarin duidelijk wordt gemaakt hoe de komende jaren het standaardenbeheer geraakt zou worden, gegeven de financiële randvoorwaarden (taakstellingen), die EZ hierbij heeft opgelegd. De consequenties van en conclusies met betrekking tot de scenario's voor het standaardenbeheer worden eveneens besproken in respectievelijk hoofdstuk 7 en 8. In de bijlagen zijn de gedetailleerde plannen per technologie opgenomen (Bijlage 1) en een overzicht van de in 2015 onderhouden meetfaciliteiten en meetstandaarden (Bijlage 2), een toelichting op de zogenaamde Benefit Cost Ratio voor metrologie (Bijlage 3), zogenaamde 'case stories' naar aanleiding van klantenbezoeken (Bijlage 4), de reactie van VSL op de adviezen van de RvD (Bijlage 5), de reactie van de Minister op de adviezen van de RvD (Bijlage 6) en een overzicht van hypothetische reductiescenario's (Bijlage 7). Gedetailleerde informatie m.b.t. de vele tientallen tot honderden klanten, die geraakt worden als bepaalde metrologische diensten niet mee geleverd worden, kan in deze publieke versie van het Meerjarenplan niet gegeven worden vanwege de vertrouwelijkheid ervan. In Bijlage 8 is wel inzichtelijk gemaakt om hoeveel klanten het gaat.

2. Achtergrond

De internationale harmonisatie van meetstandaarden staat aan de basis van de wereldwijde handel en ondersteunt de internationale kennisinfrastructuur. Deze harmonisatie van gewichten en maten is vastgelegd in de 'Meterconventie', een internationaal verdrag dat in 1875 is opgesteld en dat in 1929 door Nederland is ondertekend. In 1960 is door de ondertekenaars van de Meterconventie het internationale stelsel van meeteenheden ingevoerd, het Système International (SI). In Nederland is dit systeem formeel ingevoerd met de opname in de 'IJKwet' (1978), die in 2006 is vervangen door de Metrologiewet. In deze wet is onder meer vastgelegd dat de internationale verplichtingen die de Nederlandse overheid is aangegaan, als taak worden opgedragen aan een in Nederland gevestigde instelling. Deze draagt de zorg voor het verwezenlijken en beheren van nationale meetstandaarden, zoals vastgelegd in het 'Meeteenhedenbesluit'. Hierin zijn de SI-grondeenheden (meter, kilogram, seconde, ampère, kelvin, mol, candela) en de daarvan afgeleide eenheden vastgelegd. Bovendien is vastgelegd dat er nationale meetstandaarden voor de grootheden lengte, massa, tijd, elektrische spanning, elektrische weerstand, thermodynamische temperatuur en lichtsterkte zullen worden beheerd of verwezenlijkt. Ter invulling van de Metrologiewet heeft de Nederlandse overheid VSL aangewezen als uitvoerende instantie in dezen. Als nationaal metrologie-instituut vormt VSL de schakel tussen de nationale en internationale meetinfrastructuur en heeft daarmee een essentiële rol in de internationale harmonisatie van meetstandaarden.

De internationale harmonisatie van meetstandaarden staat aan de basis van de wereldwijde handel en ondersteunt de internationale kennisinfrastructuur.

Ter ondersteuning van de internationale wederzijdse erkenning van meetresultaten is in 1999 de breed gedragen Mutual Recognition Arrangement (MRA) van kracht geworden. Het doel van deze overeenkomst is om op basis van kwantitatieve en publiek beschikbare informatie internationaal vergelijkbare en betrouwbare meetresultaten te verkrijgen. Vergelijkbare en betrouwbare meetresultaten zijn een voorwaarde voor bredere internationale overeenkomsten op het gebied van handel en regelgeving. De wederzijdse erkenning van meetresultaten en certificaten tussen nationale metrologie-instituten wordt ondersteund door veelvuldige deelname aan ringvergelijkingen (Key Comparisons), waarmee de meetcapaciteiten (Calibration and Measurement Capability, CMC) op een bepaald gebied worden onderbouwd. De resultaten van Key Comparisons en de CMC's van de nationale metrologie-instituten worden gepubliceerd in een door het BIPM beheerde openbare database (zie <http://kcdb.bipm.org/>) als onderdeel van de MRA.

De taak van VSL als nationaal metrologie-instituut is vastgelegd in een overeenkomst betreffende het meetstandaardenbeheer (ook wel Standaardenbeheerovereenkomst (SBO) genaamd). De verwezenlijking en het beheer van de meetstandaarden en de deelname aan Key Comparisons is hierin opgenomen. Daarnaast is er een researchsubsidie die wordt ingezet voor innovatie van meetstandaarden en diensten, zodat ook in de toekomst de door het Nederlandse bedrijfsleven, wetenschap en overheden gevraagde diensten en vereiste meetonzekerheden kunnen worden geleverd.

Zoals vastgelegd in de Metrologiewet is er een Raad van Deskundigen voor de Nationale Meetstandaarden ingesteld, die de Minister adviseert en toezicht houdt op de verwezenlijking en het beheer van de nationale meetstandaarden. Als onderdeel van deze taak heeft de Raad van Deskundigen een "Strategische Visie Standaardenbeheer 2013-2016" ontwikkeld en deze in 2013 aan de Minister van Economische zaken voorgelegd. Daarnaast voorziet de Raad van Deskundigen EZ van onafhankelijk advies ten aanzien van de werkplannen en rapportages van VSL

Om innovatie en economische groei te bevorderen heeft het ministerie van EZ, op advies van de Raad van Deskundigen en in overleg met VSL, zich in 2014 financieel gecommitteerd aan deelname aan het European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR). De Nederlandse bijdrage aan dit programma zal 16,5 M€ bedragen over een periode van tien jaar, 2014 – 2024, waarvan 15 M€ via het metrologiebudget van VSL wordt gefinancierd. EMPIR is de opvolger van het succesvolle Europese onderzoeksprogramma EMRP (European Metrology Research Programme), waaraan VSL sinds de start in 2010 deelneemt. De laatste onderzoeksprojecten in het EMRP zullen in 2017 aflopen. Voor zowel het EMRP als EMPIR geldt dat ongeveer de helft van het onderzoeksbudget van de deelnemende instituten uit middelen van de EU wordt gefinancierd. De andere helft is afkomstig van de deelnemende instituten zelf. Voor VSL geldt dat de bovengenoemde researchsubsidie volledig binnen het EMPIR-raamwerk wordt ingezet, evenals een significant deel van de SBO-middelen, overeenkomstig de commitering van EZ aan de Europese Unie.

Het doel van EMRP en EMPIR is om de metrologische infrastructuur in Europa te versterken door de samenwerking tussen de nationale metrologie-instituten onderling en die tussen de nationale meet-instituten en het bedrijfsleven en andere onderzoeksinstituten te bevorderen. Door het delen van kennis wordt duplicatie van onderzoek vermeden en ontstaat er ruimte voor specialisatie. De onderzoeksprojecten worden uitgevoerd door consortia van metrologie-instituten aangevuld met externe partners: bedrijven, universiteiten en andere kennisinstellingen uit de voor het onderzoek relevante sectoren. Met name in EMPIR wordt deze externe participatie sterk gestimuleerd om de economische, maatschappelijke en wetenschappelijke relevantie van het onderzoek te waarborgen en om voldoende draagvlak te creëren voor de toepassing van nieuw ontwikkelde standaarden en meetmethoden. Het onderzoek in EMPIR richt zich zowel op de stimulatie van innovatie binnen de Europese industrie als op belangrijke maatschappelijke thema's op het gebied van energie, industrie, gezondheidszorg en milieu.

Door de participatie aan EMPIR is gekozen voor een actieve deelname aan de ontwikkeling van metrologie in Europa, versterking van de banden met industrie en kennisinstellingen, en een commitering van de beschikbare financiële middelen voor onderzoek in Europees verband. De invloed

van EMPIR is door de reeds ingezette specialisatie bij VSL onder EMRP aanzienlijk: het heeft een forse versterking opgeleverd van de technologische speerpunten op het gebied van (gas)chemie, flow, vermogensmetingen, nano/micrometrologie en radiometrie waardoor Nederland in deze gebieden vooroploopt. Deze technologische speerpunten sluiten goed aan op strategische prioriteiten in Nederland waaronder de topsectoren High Tech Systems & Materials, Energie, Chemie, Life Sciences & Health. Omdat deze specialisatie gebaseerd is op diverse Nederlandse strategische agenda's, profiteren juist de Nederlandse belanghebbende partijen van deze inbreng. Doordat het onderzoek in Europees verband uitgevoerd wordt, verschaft dat hen via VSL toegang tot relevante kennis uit andere Europese landen.

De technologische speerpunten sluiten goed aan op strategische prioriteiten in Nederland waaronder de topsectoren High Tech Systems & Materials, Energie, Chemie, Life Sciences & Health.

3. Missie en strategie

3.1 Strategische prioriteiten

VSL maakt meetresultaten van bedrijven, laboratoria en instellingen direct herleidbaar naar internationale standaarden. VSL ontwikkelt en beheert in opdracht van de Nederlandse overheid de nationale meetstandaarden en levert een belangrijke bijdrage aan de betrouwbaarheid, kwaliteit en innovatie van producten en processen in bedrijfsleven en samenleving.

VSL maakt meetresultaten van bedrijven, laboratoria en instellingen direct herleidbaar naar internationale standaarden.

De doelstelling van VSL is om als nationaal meetinstituut de Nederlandse industrie en samenleving te dienen met toonaangevende metrologie. Dat wil zeggen dat VSL vooroploopt in vakmanschap, professionaliteit, reputatie en innovatie. Onderdeel van de strategie is om internationaal te excelleren in vakgebieden die bij uitstek

aansluiten op maatschappelijke of economische prioriteiten in Nederland. Dit betreft de volgende vijf technologische speerpunten, zoals die ook in het vorige meerjarenplan 2010-2013 al zijn benoemd:

- Chemie (gasanalyse)
- Volumetrie (flow, zowel gas als vloeistof)
- Vermogensmetingen (HV (High Voltage) Power, onderdeel van de technologie Elektriciteit)
- Nano- en micrometrologie (onderdeel van de technologie Lengte)
- Radiometrie (onderdeel van de technologie Optica)

De toonaangevende positie in metrologie houdt bovendien in dat VSL op de andere vakgebieden de kwaliteit levert die in Nederland wordt vereist, waaronder voldoende brede meetbereiken en lage meetonzekerheden, waardoor absoluut betrouwbare metingen verkregen worden. Doelstelling is om de nationale industrie en andere belanghebbenden effectief, efficiënt en 'fit for purpose' te bedienen met metrologische diensten en herleidbaarheid. Internationaal erkend en betrouwbaar, met een kennispositie die past bij de niveaus die de Nederlandse belanghebbenden nodig hebben. Dit betreft de volgende technologieën:

- Elektrische metrologie (DC (gelijkstroom) en Laag Frequent (DCLF) en Hoog Frequent (HF))
- Ioniserende Straling
- Massa, Druk en Viscositeit
- Lengte en dimensionele metrologie
- Temperatuur en Vocht
- Optische metrologie
- Tijd en Frequentie

Kortom, VSL is maximaal effectief en efficiënt en biedt ook voor de langere termijn continuïteit voor de Nederlandse industrie en samenleving door:

- Toonaangevende metrologie,
- Internationaal onderscheidende kennis en faciliteiten in volumetrie/flow, gaschemie, nano/micrometrologie, radiometrie en vermogensmetingen.
- 'Fit for purpose' technologieniveau in de andere metrologische gebieden.

Voor wat betreft de toepassingen, focust VSL zich op een drietal gebieden:

- Metrologie in Energie
- Metrologie in Industrie (High Tech Systems)
- Metrologie in Milieu

VSL focust zich op metrologie in Energie, Industrie (High Tech Systems) en Milieu.

Maar tegelijkertijd realiseert VSL zich echter dat metrologie een zeer breed economisch en maatschappelijk toepassingsgebied heeft, ook buiten genoemde drie gebieden.

3.2 Cijfermatige overzichten

Bij VSL werken ca 110 fte, waarvan 40% academisch geschoold (meerderheid gepromoveerd) en 30% met een bachelor diploma. 20% van de medewerkers is vrouw.

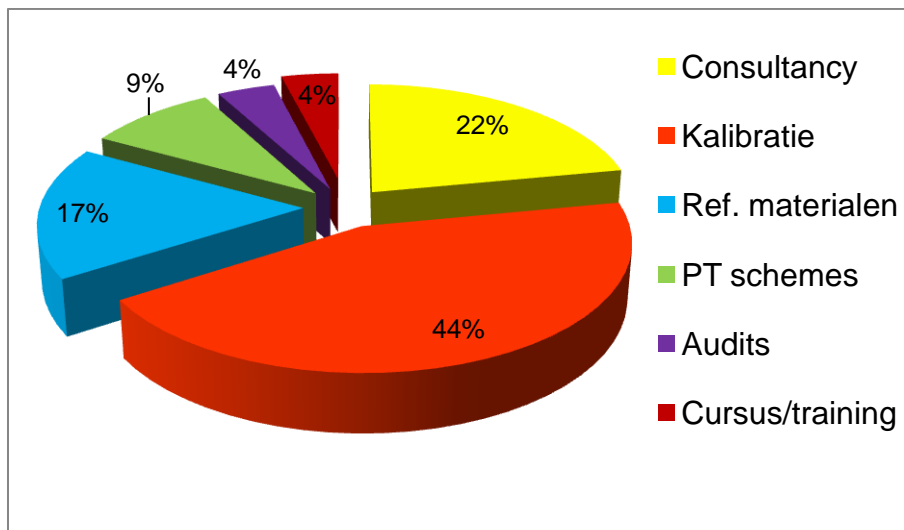
De jaarlijkse omzet is 15 M€, onderverdeeld als volgt:

- Overheidscontract vanwege de wettelijke taak: 55%
- Opdrachten vanuit 'de markt': 33%
- EU-onderzoeksubsidies: 12%

De metrologische diensten die VSL als Nationaal metrologisch instituut levert aan 'de markt' zijn als volgt onderverdeeld (zie ook figuur 1):

- Kalibraties: 44%
- Referentiematerialen: 17%
- Metrologische consultancy: 22%
- Organiseren ringvergelijkingen: 9%
- Vakdeskundige bij audits: 4%
- Metrologie cursussen: 4%

Figuur 1: Marktsegmenten van VSL.



Toelichting: PT (Proficiency Testing) schemes betreft het organiseren van ringvergelijkingen.

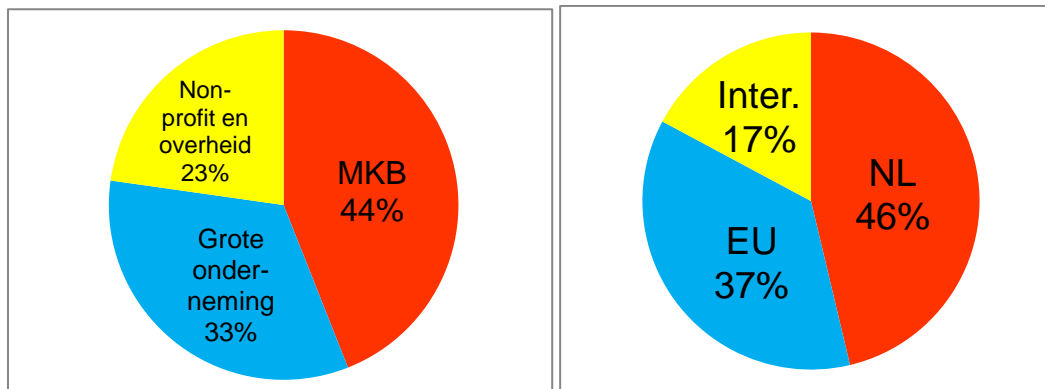
Van de markt omzet komt circa de helft (46%) uit Nederland, de rest uit het buitenland, zie figuur 2. De buitenlandse markt omzet is voornamelijk afkomstig van vakgebieden, waarin VSL internationaal excelleert, m.n. flow en gaschemie. De markt omzet is voor bijna de helft afkomstig van MKB en een derde van grote ondernemingen.

Per jaar levert VSL ruim 3500 certificaten uit (voornamelijk kalibraties en referentiematerialen) aan meer dan 640 unieke/verschillende klanten. Aan vernieuwing, onderzoek en ontwikkeling wordt 30 à 40% van de omzet besteed, onder

Per jaar levert VSL ruim 3500 certificaten uit aan meer dan 640 verschillende klanten.

andere in ruim 30 Europese onderzoeksprojecten, waarin veelal ook Nederlandse partijen participeren.

Figuur 2: Verdeling marktomzet van VSL.



3.3 Technologieën en diensten

VSL levert een scala aan diensten dat is afgestemd op de behoefte van de Nederlandse industrie. Het dienstenpakket is voldoende breed (groot aantal meetgrootheden) en diep (grote meetbereiken) om hierin te voorzien. Vanzelfsprekend zorgt VSL voor de meest nauwkeurige metingen en werkt zij aan verlaging van meetonzekerheden door tijdig in te spelen op behoeftes uit de markt. Overzichten van meetgrootheden en -bereiken zijn gegeven in Bijlage 2 voor alle technologieën.

4. Het belang van metrologie

4.1 Het belang van meetstandaarden

Metrologie is de wetenschap van het meten. **Om betrouwbare en internationaal uitwisselbare en erkende meetresultaten te realiseren, moeten metingen 'herleidbaar' zijn naar een hogere en absolute betrouwbare meetstandaard en moet de meetonzekerheid gekwantificeerd zijn.** De hoogste meetstandaard in Nederland, met de laagste meetonzekerheid, heeft VSL in huis. Door vele wereldwijde vergelijkingen zorgt VSL ervoor dat de meetstandaarden van Nederland tot de beste van de wereld behoren en internationaal erkend zijn.

Door vele wereldwijde vergelijkingen zorgt VSL ervoor dat de meetstandaarden van Nederland tot de beste van de wereld behoren en internationaal erkend zijn.

De meetstandaarden zijn gedefinieerd in het zogenaamde SI-stelsel en zijn te herleiden naar bekende fysische verschijnselen. Zo volgt bijvoorbeeld de meetstandaard voor tijd uit de overgang tussen twee energieniveaus van een cesiumatoom, die voor lengte uit de golflengte van (laser)licht in vacuüm, die voor elektrische grootheden (spanning, weerstand) uit bepaalde quantumeffecten. Een meetstandaard wordt bij

VSL 'gemaakt' met behulp van zeer gespecialiseerde opstellingen. Dit vindt plaats in geïmplementeerde laboratoria, waarin verstoringen (trillingen, temperatuurschommelingen etc.) worden geminimaliseerd, zodat meetstandaarden met de best haalbare meetonzekerheid kunnen worden gerealiseerd. Meetinstrumenten of andere meetstandaarden kunnen tegen de VSL-standaarden worden gekalibreerd, waarmee herleidbaarheid van deze instrumenten of standaarden naar het SI-stelsel wordt verkregen.

Meetstandaarden zijn over de gehele breedte van belang, niet alleen voor de (producerende) industrie. Denk aan handel/export, consumentenbescherming, wettelijke bepalingen, veiligheid, gezondheid, milieu, energie, maakindustrie, innovatie. Het is te beschouwen als een technologische infrastructuur. Het beheren en ontwikkelen van meetstandaarden beïnvloedt de internationale concurrentiepositie van elk land dat het moet hebben van technologie en handel. In de handel wordt afgerekend op basis van kwantiteit en/of kwaliteit, waarvoor herleidbaarheid naar meetstandaarden een onmisbare basis is. Een sterke nationale positie hierin is noodzakelijk, zodat betrouwbaarheid,

onafhankelijkheid en toegankelijkheid van meetstandaarden gegarandeerd kan worden voor iedereen die daar behoefte aan heeft. Denk aan de handel in aardgas/energie en in gespecialiseerde producten in de high-techmarkt. Ook voor de maakindustrie is herleidbaarheid naar meetstandaarden essentieel. Immers, het gaat vaak om samengestelde producten afkomstig van diverse (internationale) bedrijven met zeer nauwe toleranties. Absolute betrouwbaarheid van metingen is daarbij noodzakelijk voor bedrijven in de maakindustrie, zowel voor grote, internationale bedrijven (zoals bijv. ASML, Philips en VDL), maar zeker ook voor alle toeleveranciers en partners van deze bedrijven en voor het MKB.

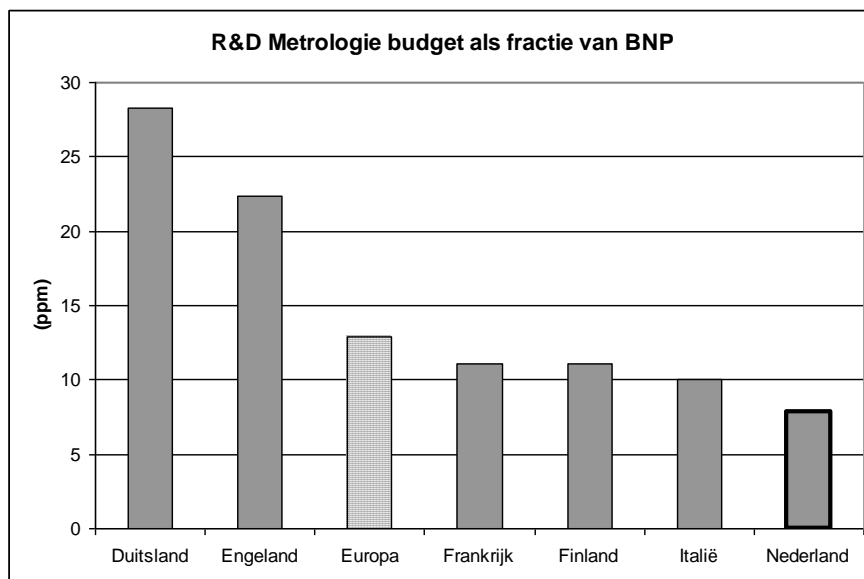
Voor innovatieve bedrijven die vooroplopen in hun markt vanwege metrologische innovaties zijn nieuwe ontwikkelingen in de metrologie bepalend voor hun succes in de strijd met de concurrentie. Om 'front-runner' te blijven heeft men 'leading-edge' metrologie nodig, die vrijwel uitsluitend verkregen wordt via het Nationale Metrologisch Instituut (NMI). De buitenlandse NMIs zijn immers overheidsdiensten, die de nationale industrie voorrang zullen geven. VSL speelt in deze vernieuwing dus een essentiële rol in de Nederlandse economie.

Voor veel bedrijven en sectoren in onze kenniseconomie is kwaliiteit een 'differentiator', zeker voor het innoverende MKB. Door te anticiperen op nieuwe ontwikkelingen en de bijbehorende behoefte aan verbeterde meetstandaarden en meetmethodes kan VSL d.m.v. onderzoek en ontwikkeling de bedrijven helpen bij hun economische groei en daarmee bijdragen aan de economie van Nederland. Dat is ook een overheidsbelang en draagt bij aan het investering- en vestigingsklimaat in Nederland. Voorbeelden zijn nieuwe meetstandaarden voor medische diagnose, voor vloeibaar aardgas, voor biogas en voor microflow. Maar denk ook aan ontwikkelingen als 'Smart Industry' en 'The Internet of Things': daarin wordt maximaal informatie uitgewisseld t.b.v. optimalisatie. Een groot deel van deze informatie is gebaseerd op sensoren en dus op 'meten'. De absolute betrouwbaarheid van deze metingen is daarbij essentieel hetgeen het belang van goede meetstandaarden en innovatie onderstreept.

Het belang van metrologie voor de maatschappij is daarnaast natuurlijk nog veel breder. Denk hierbij aan milieu (vaststellen van trends en van verontreinigingsniveau's), gezondheid (behandeling en diagnose) en consumentenvertrouwen (betrouwbare specificaties van producten).

Het belang van metrologie voor Nederland is dus groot. Nederland besteedt echter minder geld aan R&D in metrologie, uitgedrukt als fractie van het BNP, dan Europa gemiddeld en beduidend minder dan Duitsland en Engeland. Zie onderstaande figuur 3, dat is overgenomen uit het vorige visiedocument van de RvD "Strategie visie standaardenbeheer: Uitgangspunten voor een strategisch vierjarenplan voor de periode 2009 – 2012".

Figuur 3: Metrologiebudget als fractie van het Bruto Nationaal Product in Europa.

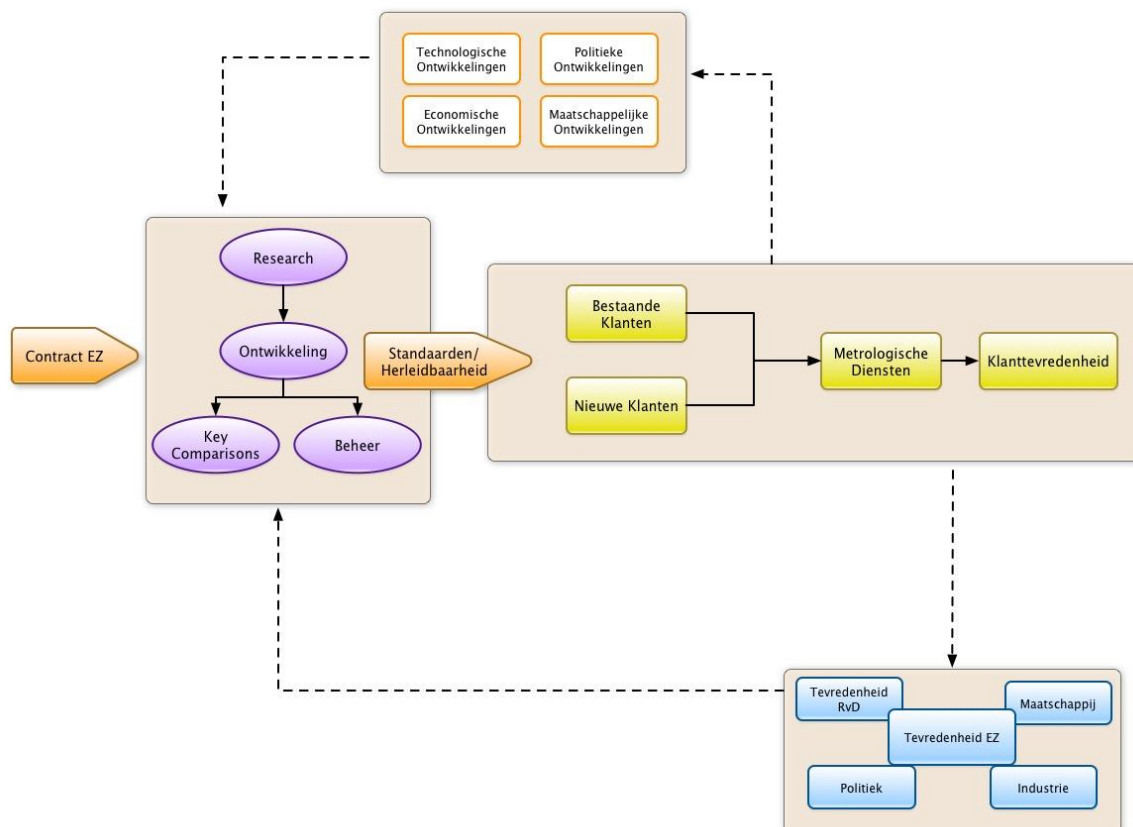


4.2 Het Nederlandse model

Het ontwikkelen en onderhouden van meetstandaarden en het leveren van herleidbaarheid is een wettelijke taak van de overheid. Deze wettelijke taak is in Nederland ruim 25 jaar geleden geprivatiseerd en toegewezen aan VSL. Dit is een uitzonderlijke situatie in Europa. Uitgangspunt in Nederland hierbij is dat de overheid betaalt voor het ontwikkelen en beheren van de meetstandaarden (om onafhankelijkheid en toegankelijkheid te garanderen) en dat 'de markt' betaalt voor het gebruik ervan. Dit model is sindsdien zeer succesvol gebleken. De kosten voor de metrologische infrastructuur zijn relatief laag en de kwaliteit is relatief hoog. Vanwege de sterke marktorientatie van VSL is de dienstverlening effectief en wordt maximaal ingespeeld op externe financiering voor het gebruik van de meetstandaarden. Voor de vernieuwing focust VSL op de Nederlandse topsectoren en maakt daarbij optimaal gebruik van Europese onderzoekssubsidies. De door EZ ingestelde Raad van Deskundigen voor VSL constateert dat VSL effectief, efficiënt en vernieuwend is. Verder kent Nederland een effectieve disseminatie van herleidbaarheid: van VSL naar secundaire kalibratielaboratoria en R&D laboratoria, die vervolgens weer vele andere bedrijven bedienen.

Het primaire proces van VSL om de missie te realiseren is schematisch weergegeven in figuur 4. Aan de basis van het primaire proces staan de ontwikkelingen in de maatschappij en opkomende behoeften van de Nederlandse industrie en samenleving. Met de procesketen Research – Ontwikkeling – Beheer wordt daarop ingesprongen. In ontwikkelingsprojecten worden succesvolle researchresultaten uitgewerkt tot bruikbare/toepasbare meetmethodes en meetopstellingen. Ook worden verbeteringen van bestaande meetstandaarden en meetmethodes ontwikkeld, waaronder: bredere meetbereiken, lagere meetonzekerheden, efficiëntere meetprocedures. Indien bewezen goed en toepasbaar, worden ontwikkelde meetstandaarden en meetmethodes 'in beheer genomen'. Dat wil zeggen dat ze onderhouden worden voor onmiddellijk gebruik, dat ze jaarlijks 'opgewerkt' (gekalibreerd) worden, waardoor VSL kan garanderen dat de herleidbaarheid en meetonzekerheid absoluut betrouwbaar is. Met de meetstandaarden die VSL in beheer heeft worden vervolgens metrologische diensten (kalibraties, consultancy, ringvergelijkingen, training, etc.) aangeboden aan bedrijven, kalibratielaboratoria, overheden en andere partijen.

Figuur 4: Het primaire proces van VSL.



4.3 De internationale metrologische infrastructuur

Meetstandaarden en herleidbaarheid zijn per definitie een internationale aangelegenheid. Daartoe is er een internationaal verdrag opgesteld, de Meter Conventie. De lidstaten hiervan hebben een bureau opgericht, het BIPM, dat op mondiaal niveau een coördinerende rol vervult binnen de internationale metrologische infrastructuur. Alle nationale meetinstituten zijn bij het BIPM aangesloten. Het BIPM faciliteert en organiseert bijvoorbeeld internationale ringvergelijkingen (Key Comparisons) tussen de verschillende landen en publiceert de resultaten daarvan op zijn website, zodat voor eenieder inzichtelijk is hoe goed ieder land op welk gebied presteert. Op regionaal niveau zijn de betreffende meetinstituten binnen Europa georganiseerd binnen EURAMET, the European Association of Metrology Institutes. EURAMET is o.a. verantwoordelijk voor de uitvoering van de EMRP en EMPIR programma's en voor het uitvoeren van key en aanvullende comparisons binnen Europa.

Het ontwikkelen en onderhouden van meetstandaarden en het leveren van herleidbaarheid is een wettelijke taak van de overheid, die ruim 25 jaar geleden is geprivatiseerd en toegewezen aan VSL. Dit is een uitzonderlijke situatie in Europa.

Elk ontwikkeld land heeft een nationaal metrologisch instituut, omdat men een sterke nationale positie hierin noodzakelijk acht. Meetstandaarden zijn immers essentieel voor een groot aantal sectoren, die van nationaal belang zijn. Denk aan handel/export, consumentenbescherming, wettelijke bepalingen, veiligheid, gezondheid, milieu, energie, producerende industrie, innovatie, defensie. Het is te beschouwen als een technologische infrastructuur. Een sterke nationale positie hierin is noodzakelijk, zodat betrouwbaarheid, onafhankelijkheid en toegankelijkheid van meetstandaarden gegarandeerd kan worden voor iedereen die daar behoefte aan heeft.

Naar mate het internationale vertrouwen toeneemt, zou men kunnen overwegen om de ontwikkeling en het beheer van bepaalde meetstandaarden over te laten aan andere landen. Bijvoorbeeld door een verdergaande specialisering binnen Europa, waarbij niet meer **alle** nationale instituten een **volledig** pakket aan diensten levert voor de **eigen** nationale markt. Specialisering zou een efficiencyverbetering op kunnen leveren, omdat de (noodzakelijkerwijs) hoge vaste kosten 'verrekend' kunnen worden over een groter 'afzetgebied' dan alleen het eigen land. Daarvoor zijn echter een aantal voorwaarden:

- Men moet bereid zijn om enerzijds te specialiseren op technologiegebieden die nationaal van belang zijn en anderzijds af te zien van technologiegebieden waarin andere metrologie instituten een grotere meerwaarde hebben.
- Men moet erop vertrouwen dat meetstandaarden ontwikkeld door andere landen (niet-NL), bijvoorbeeld ook 'concurrerende landen', landen waarmee men in conflict is of landen waarvan de technologische infrastructuur in kwaliteit afneemt, toch betrouwbaar, goed en nauwkeurig zijn. Ze zijn immers ook in eigen land (NL) maatgevend en bepalend. Er is dan namelijk geen alternatief meer.
- Men moet erop vertrouwen dat meetstandaarden ontwikkeld en beheerd in eigen land ook erkend en geaccepteerd worden in andere landen. Om onbetwiste, internationaal erkende en betrouwbare meetstandaarden en herleidbaarheid te realiseren, is de internationaal erkende onafhankelijkheid van de nationale metrologische instituten essentieel. Zelfs de schijn van belangenverstrengeling zou al funest zijn voor internationale acceptatie en zonder acceptatie zijn meetstandaarden van beperkte waarde.
- Landen zullen bereid moeten zijn om hun 'metrologie markten' open te stellen voor nationale metrologische instituten uit andere landen.
- Vastgelegd moet worden dat de metrologische dienstverlening op Europees niveau uitgevoerd wordt zonder nationale voorkeuren of het 'voortrekken' van nationale instellingen. Hiervoor is een goede Europese afstemming noodzakelijk en het onderlinge vertrouwen dat ook onder 'moeilijke omstandigheden' toch gevolg gegeven wordt aan de afgesproken toezeggingen en verplichtingen.

Het 'inkopen van metrologische dienstverlening' ook indien die van andere landen komt, kost geld. Hoeveel geld hangt af van de toeleverancier. Het is zeer onverstandig om vooruitlopend op een

dergelijke ontwikkeling, nu al (eenzijdig) bepaalde technologiegebieden, meetstandaarden of diensten te staken of af te bouwen die van belang zijn voor Nederland. Immers:

- De bovengenoemde internationale bereidheid en vertrouwen is er nu niet.
- De nationale bedrijven en instellingen worden daarmee direct op achterstand gezet.
- De onderhandelingspositie van Nederland bij het uitwisselen van specialismen en diensten wordt daarmee erg verzwakt.
- De eigen onafhankelijke positie op een aantal gebieden wordt opgegeven voordat duidelijk is wat de consequenties zijn. Dit leidt tot ongewenste irreversibele processen.
- Het afbouwen van een metrologische activiteit kan snel gaan maar de opbouw van een goede kennis- en ervaringspositie, kost vele (soms tientallen) jaren. Dat weet Nederland uit ervaring.

4.4 De Benefit Cost Ratio van metrologie

In de Verenigde Staten (NIST) en in Engeland (NMS/NPL) zijn studies uitgevoerd die uitwijzen wat de economische waarde van metrologie en meetstandaarden is. Daarbij gebruiken zij het begrip BCR, Benefit Cost Ratio, dat aangeeft wat de economische opbrengst is van elke geïnvesteerde euro. NIST meldt een BCR van gemiddeld 41:1 (1999) en in een later onderzoek (2012) 57:1. NMS meldt een BCR van gemiddeld 24:1 (2002) en heeft in 2010 aangetoond dat een budgetstijging van 10% op het nationale metrologiebudget een positieve economische bijdrage oplevert, die 68 maal zo hoog ligt. Het belang van metrologie voor de economie is dus buitengewoon groot en investeren in metrologie blijkt een zeer effectieve manier voor het stimuleren van innovatie en aanjagen van de economie. Voor een meer gedetailleerde toelichting op de Benefit Cost Ratio zie Bijlage 3.

Het belang van metrologie voor de economie is buitengewoon groot en investeren in metrologie blijkt een zeer effectieve manier voor het stimuleren van innovatie en aanjagen van de economie.

Kwaliteit en betrouwbaarheid van metingen (en daarmee van producten) zijn bij bedrijven geborgd, omdat VSL efficiënt hoogwaardige herleidbaarheid vanuit de top van de meetketen dissemineert naar alle relevante partijen in Nederland. Bedrijven kunnen namelijk dankzij VSL herleidbaarheid weer (in- of extern) doorgeven en zijn hierdoor in staat betere producten en diensten te leveren. Dit levert direct economische meerwaarde op.

4.5 Complexiteit en samenhang van meetstandaarden

De complexiteit van het realiseren en kunnen gebruiken van een samenhangend geheel aan meetstandaarden, is groot. Niet alleen zijn er veel verschillende meeteenheden, elke met een eigen standaard, maar het meetbereik per eenheid is bovendien groot. En om absoluut betrouwbaar en nauwkeurig te zijn, is het essentieel dat de meetonzekerheid zeer laag is (veel cijfers achter de komma). Dit alles vereist een laboratoriuminfrastructuur en een gebouw, die zeer geavanceerd zijn en dientengevolge zeer duur. De vaste kosten van een hoogwaardig nationaal metrologisch instituut zijn dan ook noodzakelijkerwijs hoog. Daarnaast is het essentieel dat de medewerkers van VSL hoog opgeleid zijn, specialist in hun vakgebied en voortdurend op de hoogte zijn van de laatste stand der techniek.

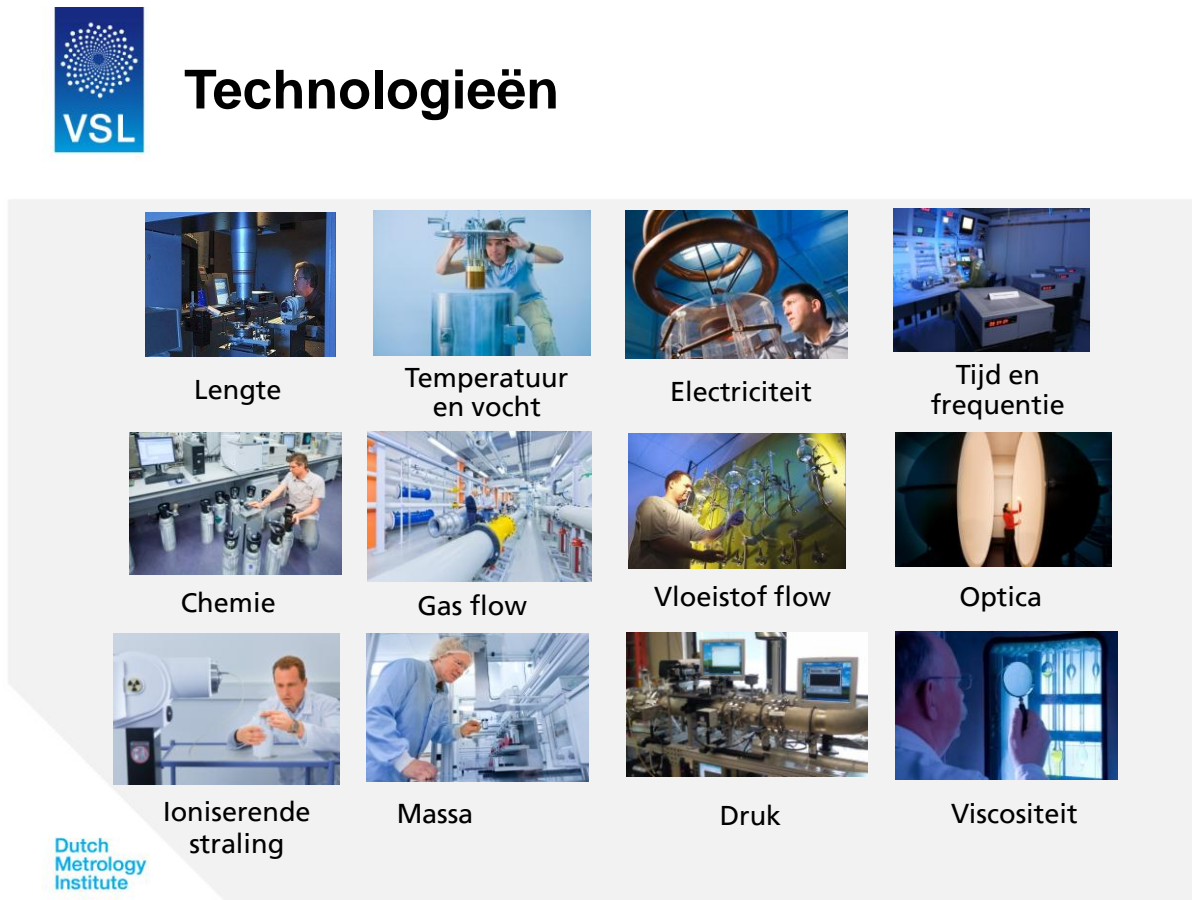
4.5.1 Het SI-stelsel

Er zijn 7 SI-basiseenheden (meter, kilogram, seconde, ampère, kelvin, mol en candela) die allen verwezenlijkt en beheerd worden. De verwezenlijking, ook wel 'realisatie' of opwerking genoemd, houdt in dat in zeer gespecialiseerde experimentele opstellingen het fysische 'verschijnsel', waarop de definitie van de SI-eenheden zijn gedefinieerd, gerealiseerd wordt. Daarmee is de meetstandaard beschikbaar en kunnen werkstandaarden (die veelal hanteerbaarder zijn, maar een hogere meetonzekerheid hebben) gekalibreerd worden voor gebruik ten behoeve van de 'markt'.

Zo wordt bijvoorbeeld de meter als volgt 'gemaakt' (verwezenlijkt). Een frequentiekamgenerator wordt gebruikt voor het genereren van zeer stabiele, optische golflengtes (kleuren). Als referentie voor de frequentiekamgenerator wordt een 10 MHz signaal gebruikt, dat rechtstreeks (en fysiek) gekoppeld is aan één van de cesiumklokken. Hiermee is de meter dus direct gerelateerd aan de seconde. Daarna wordt de primaire laserstandaard van VSL met één van de gegenereerde, stabiele golflengtes vergeleken. Deze primaire standaard is een laser die opereert in het rode golflengtegebied en

fungeert als de nationale lengtestandaard, waartegen (secundaire) laserstandaarden worden gekalibreerd. Hiermee worden vervolgens fysieke objecten gemeten, zoals bijvoorbeeld eindmaten, door het letterlijk tellen van het aantal golf lengtes.

Figuur 5: Overzicht van alle technologieën van VSL.



Behalve de SI-basiseenheden, zijn er vele afgeleide eenheden, die essentieel zijn in het faciliteren van industrie, handel, consumentenbescherming, wettelijke bepalingen, veiligheid, gezondheid, milieu, energie, innovatie, etcetera. Bijvoorbeeld: de ampère is de SI-eenheid voor de 'grootheid' elektrische stroom. Maar daarnaast zijn er de volgende afgeleide elektrische grootheden: spanning (eenheid: Volt, zowel gelijkspanning als wisselspanning), weerstand (Ohm), capaciteit (Farad), inductie (Henry), vermogen (Watt), elke met een eigen route om gerealiseerd of opgewerkt te worden. Iets vergelijkbaars geldt voor alle andere SI-eenheden. Bij VSL zijn de hoofdtechnologieën vertegenwoordigd zoals weergegeven zijn in figuur 5. Binnen elke hoofdtechnologie worden de SI-eenheden, maar ook de afgeleide eenheden gerealiseerd.

Behalve de SI-basiseenheden, zijn er vele afgeleide eenheden, die essentieel zijn voor o.a. industrie, handel, consumentenbescherming, wettelijke bepalingen, veiligheid, gezondheid, milieu, energie, en innovatie.

4.5.2 Samenhang van de SI-basiseenheden

Meetstandaarden kennen vaak een onderlinge afhankelijkheid. In veel gevallen speelt de SI-basisgrootheid uit een bepaalde technologie tevens een belangrijke rol bij andere technologieën. Zo is de realisatie van de meter direct gekoppeld aan de seconde en is de primaire standaard voor ioniserende straling, de Gy (= J/kg), direct herleidbaar naar de Kelvin. Het belang van de 7 SI-basiseenheden voor de diverse technologieën is in tabel 1 verduidelijkt. De tabel laat zien welke eenheden bij welke technologie een rol spelen. Hierbij:

- verwijst 'O' naar een SI-basiseenheid, die wordt gerealiseerd en onderhouden door de genoemde technologie.
- betekent 'x' dat een bepaalde technologie voor de herleidbaarheid van haar meetstandaarden afhankelijk is van de betreffende SI-basiseenheid.

Voor alle technologieën geldt dat in de laboratoria de omgevingscondities worden gemonitord, omdat zij bepalend zijn voor de meetwaarden. Dit zijn luchttemperatuur, luchtvochtigheid en luchtdruk. Dit is in de tabel niet expliciet opgenomen.

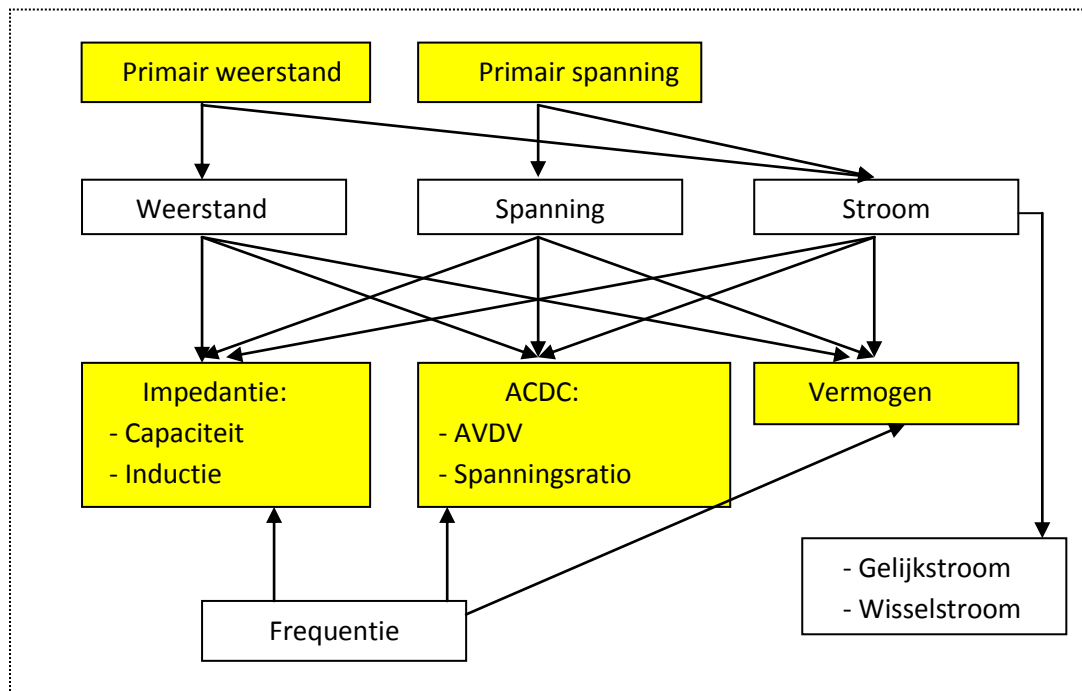
Tabel 1: Belang van SI-basiseenheden voor de verschillende technologieën.

	m	s	kg	K	A	mol	cd
Chemie			x	x		O	
Elektriciteit – DCLF		x			O		
Elektriciteit – HF	x	x			x		
Ioniserende Straling	x	x	x	x	x		
Massa, Druk, Viscositeit	x	x	O	x			
Lengte	O	x		x			
Thermometrie				O	x		
Optica	x	x			x		O
Tijd en Frequentie		O			x		
Volumetrie	x	x	x	x			

4.5.3 Samenhang van de afgeleide eenheden: een voorbeeld

Ook voor de van het SI *afgeleide* grootheden geldt in vele gevallen dat ze op een complexe manier met elkaar samenhangen. Als bijvoorbeeld wordt hier de technologie Elektriciteit gegeven, waar alle standaarden nauw met elkaar verweven zijn, zie figuur 6. De primaire standaarden zijn hier gebaseerd op quantumeffecten (het quantum-Halleffect voor weerstand en het Josephson-effect voor spanning). In beide gevallen zijn de standaarden te herleiden naar fundamentele natuurconstanten. Alle andere elektrische gelijk- en wisselspanningsgrootheden worden uiteindelijk afgeleid van deze primaire standaarden voor weerstand en spanning. Daarnaast zijn de frequenties van alle laagfrequente wissel signalen herleidbaar naar de cesiumklokken van de technologie Tijd en Frequentie.

Figuur 6: Samenhang van de meetstandaarden voor elektrische grootheden (technologie Elektriciteit DCLF).



Toelichting: ACDC betekent wissel-/gelijkstroom en AVDC wissel-/gelijkspanning.

4.5.4 Meetbereik

Behalve het grote aantal verschillende meeteenheden, heeft elke eenheid meestal ook een groot meetbereik, waarvoor meetstandaarden beschikbaar moeten zijn. Voorbeelden zijn:

1. **Temperatuur:** Bij VSL wordt het gehele temperatuurbereik afgedekt van $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $1768\text{ }^{\circ}\text{C}$. De meetstandaarden voor zeer lage temperaturen zijn belangrijk voor bijvoorbeeld metingen in cryogene vloeistoffen (helium, stikstof, LNG). De meetstandaarden voor lage temperaturen zijn van belang voor onder andere diepvriesprocessen; de meetstandaarden rond kamertemperatuur voor bijvoorbeeld klimaatregistratie en thermostaten; de meetstandaarden voor hogere temperaturen (honderden tot duizenden $^{\circ}\text{C}$) voor onder meer industriële processen (chemische industrie, ovens), zonne-energiecentrales, en dergelijke. Voor dit gehele temperatuurbereik zijn diverse meetopstellingen beschikbaar, elk met een eigen standaard noodzakelijk om in elk temperatuurgebied betrouwbare metingen uit te kunnen voeren en herleidbaarheid te kunnen leveren.
2. **Lengte:** De meetopstellingen waarmee standaarden voor nanometers en micrometers worden gerealiseerd (belangrijk voor bijvoorbeeld de precisemaakindustrie) zijn compleet anders dan die voor centimeters, meters of tientallen meters (belangrijk voor bijvoorbeeld landmeting en industriële dimensies).

In internationaal verband zijn er afspraken over de wijze waarop elk land/metrologisch instituut zijn meetcapaciteiten (Calibration and Measurement Capabilities, CMCs) onderbouwt. Daarin wordt tevens vastgelegd welke SI-eenheden of afgeleide eenheden het betreft en voor elke eenheid en in welk meetbereik.

4.5.5 Nauwkeurigheid/meetonzekerheid

Behalve dat er veel eenheden zijn, elk met een eigen meetbereik, moet elke meetstandaard met de hoogste nauwkeurigheid, ofwel de laagste meetonzekerheid, beschikbaar zijn. De laagst haalbare meetonzekerheid is voor elke meeteenheid en elk meetgebied verschillend, afhankelijk van de

beschikbare apparatuur en de verstoringen van buitenaf. Een paar voorbeelden van meetonzekerheden die bij VSL gehaald worden zijn:

- Tijd: 10^{-14} s in absolute zin.
- Massa: 10 µg voor een massastuk van 50 g.
- Volumetrie: 0,06% voor 20-200 m³ aardgasflow bij 60 bar.

Het realiseren van lage meetonzekerheden kan uitsluitend met zeer gespecialiseerde en geavanceerde meetstandaarden in een laboratoriumomgeving met minimale verstoringen.

Alleen als VSL een voldoende lage onzekerheid weet te realiseren, kan voor elk toepassingsgebied een 'fit-for-purpose' nauwkeurigheid geleverd worden. De betreffende toepassing bepaalt welke meetonzekerheid belangrijk is. Dat zal voor een weegschaal in een supermarkt heel anders zijn dan de metingen in een waferstepper van ASML. Maar de meetonzekerheid van de hoogste meetstandaarden bij VSL bepaalt welke

meetonzekerheid er te halen is 'in het veld'. Als de maatschappelijke en economische omstandigheden erom vragen, zullen er lagere meetonzekerheden gerealiseerd moeten worden. Het realiseren van lage meetonzekerheden kan uitsluitend met zeer gespecialiseerde en geavanceerde meetstandaarden in een laboratoriumomgeving met minimale verstoringen. De gespecialiseerde meetopstellingen bestaan veelal uit dure meetapparatuur, die vervolgens door vakspecialisten van VSL aangepast wordt om nog lagere meetonzekerheden te realiseren.

4.6 Herleidbaarheidspiramide

De herleidbaarheidsketen is in Nederland efficiënt georganiseerd. VSL staat aan de top van deze keten, ook wel herleidbaarheidspiramide genaamd (zie figuur 7), omdat zij de nationale, primaire (en dus meest nauwkeurige) standaarden beheert en ontwikkelt. Lager in de piramide wil zeggen meer meetinstrumenten maar met hogere meetonzekerheid. Met zijn meetstandaarden verzorgt VSL herleidbare meetresultaten voor de secundaire kalibratielaboratoria en andere meetlaboratoria. Deze laboratoria kalibreren op hun beurt weer de werkstandaarden en meetapparatuur 'in het veld' van alle bedrijven en instanties, die van betrouwbare meetresultaten afhankelijk zijn. De herleidbaarheid naar de nationale meetstandaarden wordt op deze wijze stapsgewijs gedissemineerd en dit resulteert erin dat de metingen van tientallen tot soms wel duizenden meetinstrumenten uiteindelijk terug te leiden zijn naar één enkele kalibratie door VSL. Enkele voorbeelden zijn (zie tevens Bijlage 3):

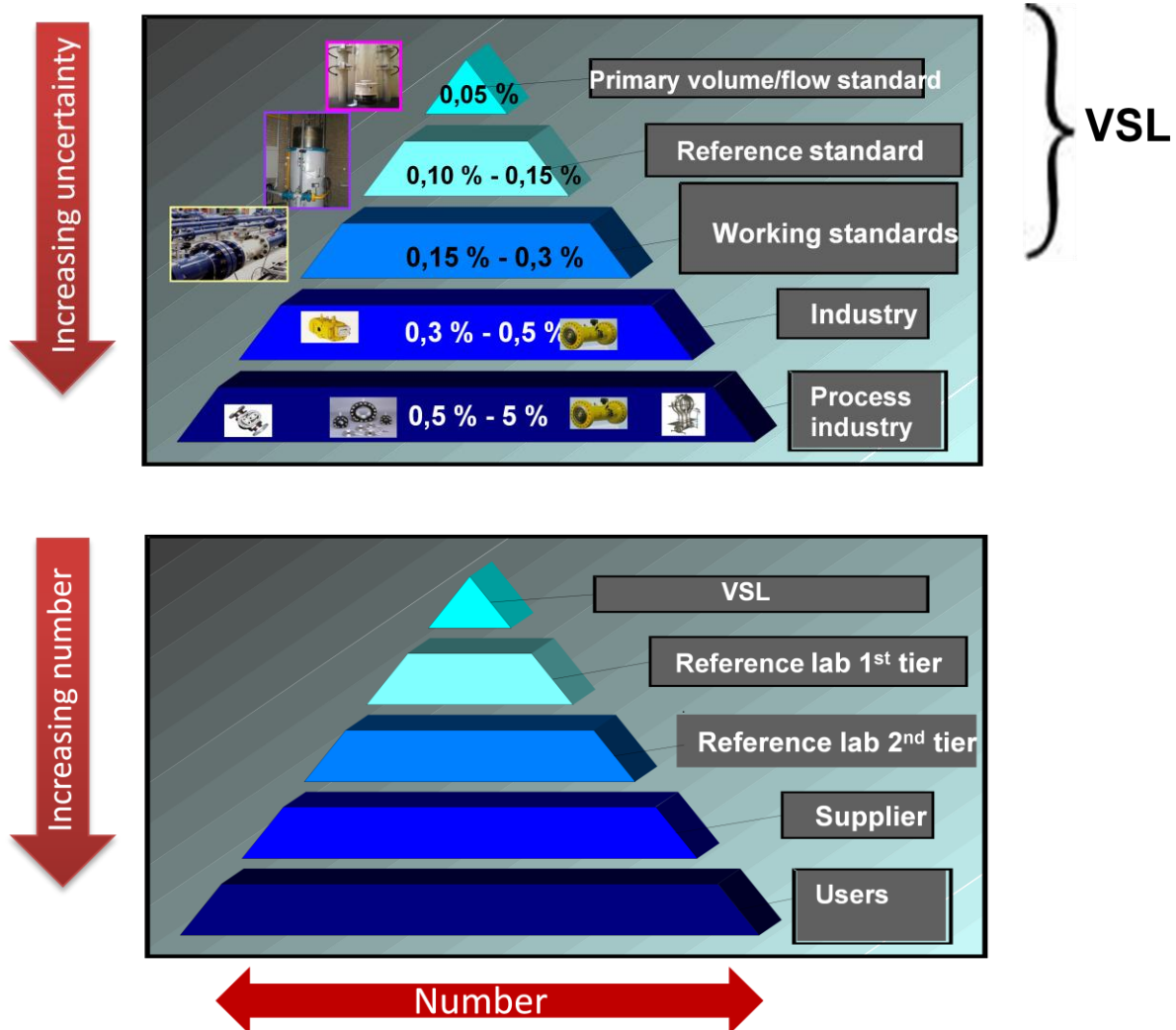
- Voor een klein kalibratiebedrijf verricht VSL 10 geometrie- en luchtvochtigheidskalibraties, die daarmee haar markt bedient met 2000 kalibraties. Dit is een vermenigvuldigingsfactor van $2000/10 = 200$.
- VSL kalibreert 17 standaarden voor Defensie. Dit levert de herleidbaarheid voor het standaardenlab van Defensie, waar jaarlijks ongeveer 250 kalibraties van secundaire meetstandaarden worden verricht. Uiteindelijk worden hiermee zo'n 35.000 meetinstrumenten gekalibreerd, die meegaan aan boord van o.a. marineschepen en jachtvliegtuigen. De vermenigvuldigingsfactor van VSL naar Defensie komt hiermee op 2000.
- In 2014 heeft Philips wereldwijd, maar buiten de USA, circa 5 miljard LED lampen gemaakt en verkocht, herleidbaar naar Philips OCM in Eindhoven, die haar LED-standaarden bij VSL kalibreert.
- In januari 2015 heeft Nederland 6,3 miljard m³ aardgas geëxporteerd. Vrijwel alle aardgasmetingen in Nederland zijn herleidbaar naar de VSL meetstandaard voor 'm³ aardgas'.

De herleidbaarheidspiramide illustreert dat er voor elke toepassing een 'fit-for-purpose' meetonzekerheid beschikbaar is (met bijbehorende kosten voor deze herleidbaarheid). Elke toepassing vereist immers een 'eigen' meetonzekerheid. Bijvoorbeeld: de weegschalen bij alle supermarkten van Nederland, naar schatting zo'n 50.000 stuks, zijn waarschijnlijk herleidbaar naar VSL, maar worden niet rechtstreeks gekalibreerd door VSL, omdat dit onnodig 'nauwkeurig' zou zijn en daarmee onnodig duur. Maar de meetstandaarden voor weegschalen in de farmaceutische industrie, waar een precies bekende en betrouwbare dosering essentieel is, worden wel door VSL gekalibreerd.

De herleidbaarheidsketen is in Nederland efficiënt georganiseerd.

De herleidbaarheidpiramide maakt tevens inzichtelijk dat de meetonzekerheid van de hoogste standaard bepalend is voor de meetonzekerheid 'in het veld'. Of anders gezegd: naar mate men in het veld behoefte krijgt aan lagere meetonzekerheid, is er meer onderzoek en ontwikkeling nodig naar het verlagen van de meetonzekerheid van de hoogste standaard.

Figuur 7: Voorbeelden van de herleidbaarheidspiramide.



4.7 Consequenties voor laboratoriumomgeving, gebouw, apparatuur

Het is de taak van VSL om te zorgen voor een samenhangend geheel aan meetstandaarden, waarmee de SI-eenheden en alle benodigde afgeleide eenheden worden afgedekt, elk met een meetbereik en een meetonzekerheid, die door de toepassingsgebieden wordt vereist. Hiervoor is een uitgebreid arsenaal aan geavanceerde apparatuur nodig en gespecialiseerde laboratoria, waar verstoringen niet of nauwelijks voorkomen. Dit betreft bijvoorbeeld:

- Diverse cleanrooms: stofvrije ruimtes met maximale en nauwkeurige beheersing van temperatuur, luchtvochtigheid en luchtsnelheden en met trillingsvrije vloeren en labtafels.
- Laboratoria met volledig geautomatiseerde meetopstellingen, omdat de aanwezigheid van personeel de metingen teveel verstoort.
- Laboratoria, die volledig afgeschermd zijn voor alle elektromagnetische velden en verstoringen.
- Laboratoria met bescherming tegen radioactieve straling.

Het huidige gebouw van VSL voorziet hierin. Het gebouw is maximaal ingericht en gebouwd om verstoringen te voorkomen. VSL heeft ruim 3500 m² aan gespecialiseerde laboratoria, met

temperatuurfuctuaties lager dan 0,1 °C, luchtvochtigheidsbeheersing binnen 5%, luchtsnelheden onder 5 cm/s en met trillingsvrije vloeren en maximale elektromagnetische afscherming.

Figuur 8: VSL-laboratorium in Delft.



4.8 Relevantie voor de Nederlandse industrie: case stories

Diverse belangrijke sectoren in Nederland zijn gebaat bij een onafhankelijk, nationaal instituut voor meetstandaarden. Dit geldt specifiek voor topsectoren zoals Energie, Chemie, High-tech, Gezondheid, maar het geldt ook in bredere zin om innovatie in het MKB mogelijk te maken. Ook kalibratielaboratoria, overheden, producenten van meetapparatuur, R&D-laboratoria en universitaire onderzoeksgroepen zijn voor de herleidbaarheid van hun meetresultaten aangewezen op VSL.

Er zijn diverse concrete voordelen van een eigen, Nederlands instituut als VSL voor de Nederlandse economie, bijvoorbeeld:

- Het leveren van *betrouwbare* meetresultaten. VSL concurreert alleen op *kwaliteit* (de nauwkeurigste meetstandaarden) en concurreert niet op prijs met secundaire kalibratielaboratoria,
- VSL is een *onafhankelijk* instituut (m.a.w. vervult een ‘scheidsrechtersrol’) en is voor alle partijen *toegankelijk*.
- Het spreken van *dezelfde taal*, letterlijk en figuurlijk (m.a.w. VSL begrijpt de Nederlandse (bedrijfs)cultuur).
- VSL biedt een *one-stop shop*, zodat zijn klanten met alle kalibraties en meetoplossingen geholpen kunnen worden.
- *Nabijheid*: het uitbesteden aan buitenlandse meetinstututen is voor Nederlandse bedrijven vaak geen optie, want “dan kom je achteraan in de rij te staan, als je al aan de beurt komt”.
- VSL is een essentieel onderdeel van *de kennisinfrastructuur en het kwaliteitsecosysteem* in Nederland.
- VSL beschikt over *specialistische kennis*, die nergens anders in Nederland te verkrijgen is.
- Via VSL kunnen Nederlandse bedrijven, instituten en organisaties *invloed* hebben op en betrokkenheid zijn bij nieuwe ontwikkelingen.

Voor elk bedrijf zal het specifieke voordeel verschillend zijn. Tijdens recente bezoeken aan klanten zijn een aantal ‘case stories’ opgetekend. Deze zijn samengevat in Bijlage 4. Uit de ‘case stories’ valt een aantal belangrijke (vaak ook gemeenschappelijke) redenen te destilleren, die aantonen waarom het zo belangrijk is dat Nederland over een goed geoutilleerd, hoogwaardig meetstandaardeninstituut beschikt. De bedrijven melden namelijk ondermeer het volgende:

- Om aan hoge kwaliteitseisen te kunnen voldoen is men voor herleidbaarheid en metrologische kennis op hoog niveau (volledig) afhankelijk van VSL.
- De toegevoegde waarde van VSL zit in de herleidbaarheid en betrouwbaarheid, maar zeker ook in de toegankelijkheid en het meedenken.
- De geboden meetonzekerheid en service van VSL zijn op het goede niveau en een directe gesprekspartner wordt zeer gewaardeerd.
- Door de activiteiten van VSL wordt voor de Nederlandse industrie minimaal een ‘level playing field’ gecreëerd en een concurrentievoordeel behaald.

- VSL is onafhankelijk en levert waardevolle bijdragen aan nationale commissies. De korte lijn met VSL zorgt er bijvoorbeeld voor dat de radiotherapie in Nederland over de volle breedte internationaal aan de top staat.
- Als VSL niet meer in staat is om de meetstandaarden te onderhouden en nieuwe standaarden te ontwikkelen, dan heeft dat negatieve gevolgen voor Nederlandse ondernemingen.
- VSL is een essentiële schakel in het Nederlandse 'high-tech ecosysteem'.

5. Strategische visie RvD en opdracht EZ

5.1 Meerjarenplannen

Jaarlijks stelt VSL voor EZ werkplannen op voor de Standaardenbeheer- (SBO) en Research-werkprogramma's. VSL werkt daarnaast met meerjarenprogramma's, waarbij naar de ontwikkelingen op de (middel)lange termijn wordt gekeken, met een typische termijn van 4 jaar. De jaarlijkse werkplannen zijn nadrukkelijk gebaseerd op de strategische keuzes en routes die in deze meerjarenplanning zijn vastgelegd. In het verleden zijn er al eerder meerjarenplannen opgesteld, te weten voor de periodes 2005-2008 en 2009-2012. Deze meerjarenplannen werden altijd voorafgegaan door een strategische meerjarenvisie van de Raad van Deskundigen. Ook bij het voorliggende Meerjarenplan 2016-2019 is dit het geval. In zijn Strategische Visie (2013-2016) m.b.t. de meerjarenontwikkeling van VSL heeft de Raad een aantal concrete adviezen opgesteld. Hieronder worden deze adviezen per technologie weergegeven.

Naast de reactie op de adviezen van de Raad is hieronder tevens de opdracht van EZ opgenomen, waarin VSL verzocht wordt om een Meerjarenplan 2016-2019 op te stellen. Een belangrijke factor hierbij is de taakstelling (bezuiniging) die EZ aan VSL heeft opgelegd voor deze periode. De adviezen van de Raad, alsmede de opdracht en taakstellingen van EZ bepalen het kader waarbinnen het Meerjarenplan 2016-2019 ingevuld wordt. Op grond hiervan zijn diverse scenario's uitgewerkt voor het portfolio aan meetstandaarden. Concrete scenario's worden in het volgende hoofdstuk gepresenteerd.

5.2 Strategische Visie RvD 2013 – 2016

Algemeen

Advies 1: Richt in samenwerking met universiteiten deeltijdposities in voor senior onderzoekers van VSL in relevante vakgroepen aan universiteiten op het gebied van de kerngebieden van het metrologisch onderzoek van VSL. Stel hiertoe een plan van aanpak op gericht op uitvoering per 2014.

Advies 2:

- Ondersteun actief een vervolg op het European Metrology Research Programme (EMRP).
- Blijf investeren in fundamenteel onderzoek (in Europees verband) naar moderne standaarden om zodoende een technologische voorsprong en daardoor ook de meerwaarde in de toekomst voor de Nederlandse industrie te behouden.
- Intensiveer de samenwerking met Europese meetinstituten, onderwijsinstellingen en bedrijfsleven vooral ten aanzien van de nieuwe gebieden. Maak optimaal gebruik van de mogelijkheden die universiteiten en onderzoeksprogramma's op deze universiteiten bieden.
- Stimuleer en waardeer het publiceren in wetenschappelijke tijdschriften.

Chemie

Advies 3: Het advies van 4 jaar geleden is opgevolgd en dient nu met kracht te worden herhaald: het blijft noodzakelijk te investeren op het gebied van gasanalyses (lagere detectiegrenzen en hogere nauwkeurigheden) om de toepositie te behouden.

Advies 4: Participeer actief in een internationaal samenwerkingsverband, waarbinnen een verkennende studie naar de haalbaarheid en toepassing van gecertificeerde referentiematerialen voor voedselveiligheid en -betrouwbaarheid wordt uitgevoerd.

Elektriciteit en magnetisme

Advies 5: Breng de faciliteiten op peil voor:

- Het meten van de kwaliteit en stabiliteit van het hoogspanningsnet, onder andere fasehoekmetingen (Phasor Measurement Units, PMU's).

- Het meten van efficiency en stroom- en spanningskenmerken van nieuwe technologieën (verliesmetingen).
- Het meten van de kwaliteit van de elektriciteitsvoorziening in laag- en middenspanningsnetten (Power Quality, PQ-aspecten).

Advies 6: Ontwikkel de volgende speerpunten van wetenschappelijk onderzoek:

- Geavanceerde sampling(meet)methoden voor wisselspanning en -stroom.
- Meten van Power Quality aspecten, propagatie door het net en tijdsynchronisatie van metingen in elektriciteitsnetten, fasehoekmetingen
- Toepassing en kalibratie van niet-conventionele meettransformatoren

Tijd en frequentie

Advies 7: Zet de ontwikkelingen aan het glasfibernetwerk voortvarend door, en werk daarbij nauw samen met nationale en internationale partners.

Advies 8: Zet een communicatieplan op om de markt wat “agressiever” te benaderen en verbeter de directe toegankelijkheid van de technici voor klanten met een certificeringswens.

Ioniserende Straling

Advies 9: VSL moet samen met de fabrikanten, gebruikers en beroepsverenigingen tot een plan van aanpak komen voor de realisatie van gestandaardiseerde ijkbronnen voor het kalibreren van PET scanners en voor dosiskalibratoren.

Advies 10: De kalibratiefaciliteit voor put-ionisatiekamers voor iridium-192 high doseerate bronnen en low doseerate jodium-125 zaadjes dient te worden voltooid. Samen met de beroepsverenigingen moet VSL een aanbeveling formuleren betreffende regelmatige kalibratie van deze putionisatiekamers voor gebruik in de brachytherapie.

Advies 11: Continueer het onderzoek naar het gebruik van de watercalorimeter van VSL voor de kalibratie van protonenbundels en van fotonenbundels van MRI-versnellers.

Massa en gerelateerde standaarden

Advies 12: Massa, Druk en Viscositeit is binnen VSL de enige groep zonder EMRP of KP7 projecten. Onderzoek de mogelijke uitbreiding voor R&D-samenwerking tussen Massa, Volumetrie en Chemie.

Advies 13: Zorg voor duidelijkheid qua verantwoordelijkheden omtrent de nationale kalibratie-faciliteiten voor Kracht en Moment. VSL is ten minste aanspreekpunt voor deze massagerelateerde grootheden.

Lengte en gerelateerde standaarden

Advies 14: Continueren van activiteiten en niveau voor High Tech Systems en micro- en nanometrologie.

Advies 15: Verken de metrologiemarkt voor nano-biotechnologie nader en kijk in hoeverre het mogelijk en zinvol is de samenwerking met universiteiten en anderen uit te breiden en te structureren.

Thermometrie en vochtigheid

Advies 16: Continueer het onderzoek naar het effect van onzuiverheden op het watertripelpunt (WTP).

Advies 17: Continueer de ontwikkeling van methoden voor het meten van vocht in aardgas bij hoge druk.

Optische standaarden

Advies 18: Bouw de metrologische adviesactiviteit op het gebied van ruimtelijke stralingsmeting verder uit, onder andere ten gunste van de aardobservatie en de Nederlandse ruimtevaart. Verken het verre infrarood tot en met het terahertzgebied.

Advies 19: Ga door met het ontwikkelen van metrologische en spectroscopische kennis en kunde op het gebied van solid-state verlichting met behulp van LED's, OLED's en lasers. Onderhoud konktakten met Philips en Holst Centre.

Advies 20: Benut de brede optische expertise en verken nieuwe onderwerpen. De verbreding van onderwerpen is belangrijk om aan EMRP- projecten mee te kunnen doen en is ook van belang voor de Nederlandse industrie.

Volumetrie

Advies 21: Blijf aandacht besteden aan het onderhoud van de lage druk gas standaard en verdere reductie van de gerealiseerde onzekerheden van de nieuwe faciliteiten voor hoge druk gas en minerale oliën.

Advies 22: Werk aan een verdere reductie van de onzekerheid van de primaire LNG standaard om, zo mogelijk, de doelstelling van 0,05% te behalen.

Advies 23: Blijf werken aan de verdere ontwikkeling van een primaire standaard voor micro- en nanoflow met een lage onzekerheid.

Advies 24: Volg nauwlettend de ontwikkelingen op het terrein van gasemissies. Zorg dat er herleidbaarheid kan worden aangeboden zodra betrouwbare industriële meetinstrumentatie op de markt beschikbaar komt.

VSL kan zich goed vinden in de bovengenoemde adviezen van de RvD. De adviezen wijzen de weg voorwaarts om door middel van een versterking van de R&D-activiteiten te bewerkstelligen dat VSL innovatieve meetlossingen kan blijven ontwikkelen op bestaande en op nieuwe onderzoeksgebieden ten behoeve van industrie en maatschappij. In Bijlage 5 is de reactie van VSL in detail weergegeven. Bijlage 6 bevat de reactie van de Minister hierop.

De adviezen van de RvD wijzen de weg om d.m.v. versterking van de R&D-activiteiten te bewerkstelligen dat VSL innovatieve meetlossingen kan blijven ontwikkelen ten behoeve van industrie en maatschappij.

5.3 Opdracht en taakstellingen EZ

Voor de periode 2016 – 2019 is door EZ aan VSL een nieuwe taakstelling opgelegd. Deze taakstelling bedraagt 1,259 M€ (incl. BTW) ten opzichte van het metrologiebudgetniveau van 2015 (zijnde 9,761 M€ voor SBO en Research samen). Aangezien er vanaf 2015 structureel 300 k€ extra beschikbaar komt voor de researchsubsidie wordt in het vervolg rekening gehouden met een reductie van het metrologiebudget van effectief 959 k€.

Per brief d.d. 16 oktober 2014 met kenmerk DGETM-MC/14168685 heeft EZ VSL verzocht om een meerjarenprogramma op te stellen voor de periode 2016-2019. In het bijzonder vraagt EZ helderheid te verschaffen t.a.v. de volgende punten:

1. Het overzicht van de nationale meetstandaarden die door VSL worden onderhouden en/of worden ontwikkeld, gekoppeld aan de behoefte van het (Nederlandse) bedrijfsleven en met zicht op (eventuele alternatieve) beschikbaarheid van deze standaarden in de ons omringende landen. In de beschrijving dient gezocht te worden naar een niveau dat enerzijds niet te veel in detail treedt, maar anderzijds wel discussie op het niveau van (groepen) standaarden mogelijk maakt.
2. De kosten die gemoeid zijn met de ontwikkeling en het beheer van de nationale meetstandaarden, waarbij wordt uitgegaan van de inmiddels geoptimaliseerde uitvoering in de laatste jaren. Er wordt hier nadrukkelijk niet gevraagd om een ideaalbeeld, maar om voortzetting van het huidige niveau.
3. Werkzaamheden in het kader van EMRP en EMPIR en de consequenties daarvan voor standaarden beheer & ontwikkeling (SBO), alsmede een overzicht van middelen die op basis van internationale toezeggingen inmiddels onherroepelijk zijn vastgelegd. Dit geeft, als het goed is, inzicht in de vrijheid die er nog is in de besteding van budget.
4. De gevolgen, zowel inhoudelijk als financieel, van het opvolgen van de adviezen van de Raad.
5. Een confrontatie van de uitkomsten van de voorgaande punten met de voorziene financiële randvoorwaarden.
6. Alternatieven om het programma binnen de beschikbare randvoorwaarden te brengen, waarbij de gevolgen van de te maken keuzes zo goed mogelijk in beeld zijn gebracht.

7. Het voorkeursalternatief van VSL, gegeven de voorziene randvoorwaarden.

De taakstelling brengt onherroepelijk met zich mee dat VSL keuzes moet maken ten aanzien van zijn meetstandaardenportfolio. Sommige meetstandaarden zullen noodgedwongen moeten worden afgestoten, andere zullen in een beperkter meetbereik worden onderhouden en op sommige gebieden zal minder innovatie (ontwikkeling van nieuwe meetstandaarden) kunnen plaatsvinden. In het volgende hoofdstuk worden scenario's voor invulling van de taakstelling gepresenteerd. Deze scenario's hebben onvermijdelijk gevolgen voor het kunnen bedienen van de markt en tasten de externe omzet van VSL als bedrijf aan.

Indien de taakstelling onverminderd wordt gehandhaafd, dan is het onmogelijk om de strategische visie van de RvD uit te voeren en vergt het ingrijpende maatregelen in het aantal standaarden dat onderhouden en ontwikkeld kan worden.

Afgaande op alleen de taakstelling van EZ vertaalt de omvang van het metrologiebudget zich als volgt: een reductie van minimaal 7000 uren op het SBO-budget (t.o.v. 36.000 uur in 2015) en daarbovenop een reductie van 100 k€ in de afschrijvingsvergoeding voor investeringen (t.o.v. een vergoeding van 1 M€ in 2015). Bij het berekenen van de urenreductie is rekening gehouden met een stijging van de kostprijstarieven met 1,5% per jaar vanwege inflatie. Ook is er rekening gehouden met het feit dat er minder uren beschikbaar zijn om de vaste

lasten (met name huisvesting) te dekken, wat een additionele stijging van de uurtarieven tot gevolg heeft. Er is hierbij nog geen rekening gehouden met gereduceerde marktomzet als gevolg van verminderde diensten. Dit geeft aanleiding tot zorg met betrekking tot de continuïteit van VSL op termijn.

6. Scenario's

De basis voor de plannen van VSL is te vinden in Bijlage 1. Hierin staan voor alle technologieën de plannen voor 2016 – 2019 beschreven bij ongewijzigd beleid, d.w.z. de taakstellingen buiten beschouwing latend. Per technologie wordt hierbij ingegaan op de missie (huidige belang), visie (toekomstbeeld), markt (klanten), beheer en Key Comparisons (standaardenbeheer), innovatie (R&D) en prioriteiten (keuzes en opties). In Bijlage 2 wordt een samenvattend overzicht gegeven van de in 2015 onderhouden meetfaciliteiten en meetstandaarden.

Bijlagen 1 en 2 tesamen geven helderheid over de nationale meetstandaarden die worden onderhouden en ontwikkeld door VSL, de koppeling aan de behoeften van de Nederlandse industrie en het breder maatschappelijk belang van deze standaarden. Dit overzicht vormt de basis voor verdere discussie over (groepen) standaarden. Belangrijke elementen in deze discussie zijn de missie en visie van VSL, de "Strategische visie 2013 – 2016" van de RvD en de taakstellingen van EZ beschreven in de vorige hoofdstukken.

De kern van de "Strategische visie 2013-2016" van de RvD is dat VSL zijn huidige activiteiten moet voortzetten en op een aantal strategische punten versterken en daarnaast een aantal nieuwe activiteiten en onderzoeksgebieden moet oppakken. Zoals in de reactie van VSL op de strategische visie van de RvD al in eerste reactie is aangegeven (zie Bijlage 5), hangt de mate waarin VSL dit daadwerkelijk kan doen sterk af van de financiering hiervoor. Volledige invulling van het strategische advies van de RvD vergt extra financiële middelen voor VSL. Naast financiering door EZ en EU (EMPIR) zijn aanvullende inkomsten vanuit de markt hierbij cruciaal, hetzij door medefinanciering van R&D, hetzij door omzet vanuit kalibraties, referentiematerialen en consultancy.

Indien de taakstelling (bezuiniging), die EZ aan VSL heeft opgelegd (zie paragraaf 5.3), onverminderd wordt gehandhaafd, dan is het voor VSL onmogelijk om de strategische visie van de RvD ten volle uit te voeren. Sterker nog, het vergt ingrijpende maatregelen in het aantal bestaande standaarden dat onderhouden en ontwikkeld kan worden en/of in ruimte voor strategisch onderzoek. In dit hoofdstuk wordt met behulp van enkele fictieve scenario's onderzocht hoe de taakstellingen in dat geval voor VSL zouden uitpakken. Concreet wordt hierbij aangegeven welke onderdelen van bijlagen 1 en 2 niet

ingevuld kunnen worden. De reden hiervoor kan zijn dat een bepaalde faciliteit zou moeten worden opgeheven, of dat binnen een bepaald gebied minder R&D kan worden uitgevoerd.

Uiteindelijk zijn er vijf scenario's in detail onderzocht, namelijk één scenario dat het advies van de RvD volgt en een viertal hypothetische reductiescenario's. Deze worden in de volgende twee paragrafen beschreven.

6.1 Het RvD-scenario

Scenario RvD: Invulling geven aan de adviezen van de RvD. Hiermee kan VSL zijn rol versterken als belangrijke schakel in de ontwikkeling van Nederland op het gebied van hoogwaardige, innovatieve technologie en inspringen op een aantal belangrijke nieuwe behoeften. Dit scenario wijkt af van de hypothetische reductiescenario's in de zin dat invulling van de taakstelling niet als randvoorwaarde is meegenomen. De vijf speerpunten worden als volgt expliciet versterkt:

- Chemie: Onderzoek naar zuiverheidsanalyse en cilinderwandcoatings en nauwere samenwerking met de academische wereld.
- Elektriciteit DCLF: Ontwikkelingen richten op elektrische efficiëntiemetingen (standby power, converters, solid state lighting) en elektriciteitsnetresearch (Phase Measurement Units (PMU's), power quality, HV-transformatoren, load loss).
- Lengte: Verder ontwikkelen van en onderzoek naar toepassingen van Atomic Force microscopy (AFM, inclusief medische diagnostiek, zoals op het gebied van 'microvesicles') en onderzoek naar optische karakterisering.
- Optica: Standaarden (verder) ontwikkelen voor 'solid state lighting' (LEDs en OLEDs, Raadsadvies 18) en voor de ruimtevaart (aardobservatie, meten van klimaateffecten met behulp van satellieten).
- Volumetrie: Onderzoek richten op LNG (lagere onzekerheden), micro-flow (met name 'drug delivery') en gasemissies.

Per technologie zijn er dus typisch 2 nieuwe innovatieve ontwikkelingen. De jaarlijkse extra kosten per innovatie bedragen naar schatting 100 k€. In totaal vraagt bovenstaande dus een extra budget van 1 M€ per jaar.

Een verdere versterking van de speerpunten is mogelijk door nog meer middelen vrij te maken. Dit kan worden bereikt door de volgende reducties in andere gebieden:

- Ioniserende Straling: beheer uit het EZ-contract halen en focussen op vernieuwing (dosimetrie voor MRI linacs, kleine velden en protonetherapie).
- Elektriciteit Hoogfrequent: R&D beperken, van gemiddeld 3 terug naar 1 R&D-project per jaar.
- Pyrometrie (stralingsthermometrie): stoppen met het beheren, verder ontwikkelen en leveren van diensten op dit onderdeel van Optica. De activiteiten op het gebied van Pyrometrie zijn, met toestemming van EZ, per 1 april 2015 beëindigd.
- Verder zal nog kritisch gekeken worden of sommige (sub)faciliteiten al dan niet gecontinueerd moeten worden, met name kleine stromen (onderdeel van Elektriciteit DCLF) en anemometrie (onderdeel van Volumetrie Lage Druk).

6.2 Hypothetische reductiescenario's

Hypothetisch scenario A: Alle niet-speerpunten opheffen. Dit zijn:

- Elektriciteit Hoogfrequent
- Ioniserende Straling (verdwijnt uit SBO)
- Massa, Druk, Viscositeit
- Vocht
- Tijd en Frequentie

Hypothetisch scenario B: Bezuinigen bij **alle** technologieën. Hierbij blijven alle basisfaciliteiten behouden, maar wordt er over de gehele breedte van het metrologieprogramma (en dan met name het R&D-programma) gekort. Dit leidt tot relatief veel verlies aan omzet uit EU-projecten (EMPIR-programma) en uitholling van de technologieën, ook die van de speerpunten, door onvoldoende innovatie.

Hypothetisch scenario C: Combinatie van zowel invulling geven aan de Metrologiewet als rekening houden met de marktpositie (met name bij Chemie en Volumetrie, die 50-60% van de externe

marktomzet vertegenwoordigen). Dit leidt wel tot het opheffen van relatief veel (sub)faciliteiten, namelijk:

- Elektriciteit HF
- Ioniserende Straling
- Druk
- Viscositeit
- Vocht

Hypothetisch scenario D: Het volledig opheffen van één van de technologieën die nu speerpunt is: Elektriciteit DCLF, Lengte of Optica. Als voorbeeld zijn de gevolgen van het opheffen van het speerpunt Radiometrie (Optica) uitgewerkt. Daarbovenop verdwijnt Ioniserende Straling uit SBO.

In Bijlage 7 zijn de hypothetische reductiescenario's A t/m D samengevat. Tevens zijn de belangrijkste gevolgen benoemd, namelijk de voor- en nadelen, de consequenties op de korte en lange termijn en het verlies aan zowel markt- als EU-omzet. Zoals eerder is onderbouwd in paragraaf 4.4 en in Bijlage 3, kost iedere euro die minder aan metrologie wordt besteed de Nederlandse economie naar schatting € 24-57.

De belangrijkste conclusie op grond van de analyse uit Bijlage 7 is dat alle reductiescenario's onverantwoord zijn, omdat ze:

- Het voortbestaan van VSL bedreigen, zowel:
 - in financiële zin (VSL wordt een verliesgevend bedrijf, omdat vanwege de reducties niet alleen de EZ-middelen teruglopen, maar ook de marktomzet ernstig wordt geschaad),
 - als v.w.b. het kennisniveau (er is namelijk minder innovatie mogelijk en de toponderzoekers zullen daardoor vertrekken),
 - als v.w.b. de reputatie (VSL zal afzakken naar een middelmatig niveau, omdat zij minder diensten en minder kennis kan bieden).
- Er niet meer aan de wettelijke taak (Metrologiewet) kan worden voldaan.
- De commitering van de Minister van Economische Zaken aan de Europese Commissie in zake de deelname aan het EMPIR programma niet kan worden nagekomen.
- Vele tientallen tot enkele honderden Nederlandse klanten niet meer bediend kunnen worden.

7. Consequenties taakstelling

In dit hoofdstuk worden de consequenties van de eerder genoemde hypothetische reductiescenario's A t/m D nader uitgewerkt. Met name wordt gekeken naar de gevolgen voor:

- Meetstandaarden:
 - Welke vervallen?
 - Welke worden versterkt?
 - Samenhang met andere standaarden
 - Budgetten
 - Specialistische kennis
- Investerings
- Omzet en klanten
- Continuïteit VSL
- Adviezen van de Raad van Deskundigen
- EMPIR commitment

7.1 Meetstandaarden

Scenario A leidt tot het verlies van twee SI-basiseenheden, namelijk de kilogram en seconde. Hierdoor zal VSL geen invulling meer kunnen geven aan dit onderdeel van het Meeteenhedenbesluit. Aangezien vrijwel alle andere technologieën van tijdmetingen afhankelijk zijn zal de herleidbaarheid via een ander NMI betrokken moeten worden. Dit brengt aanvullende kosten met zich mee. Daarnaast wordt gestopt met Massa, Druk en Viscositeit. Chemie en Volumetrie zijn afhankelijk van massametingen en Volumetrie bovendien ook van Druk. Dit bedreigt het kennisniveau van deze beide speerpunten en ook hier zal herleidbaarheid moeten worden ingekocht. Tevens wordt er gestopt met

de Hoogfrequente meetstandaarden en die voor Vocht. Hoogfrequente standaarden hangen niet direct samen met andere, maar de kalibratie van alle vochtsensoren in alle laboratoria zal uitbesteed moeten worden. Ioniserende Straling gaat in gereduceerde vorm door onder het VWS-contract, waardoor er geen diensten verloren gaan. Alleen investeringen voor deze laatste technologie zullen nog vanuit SBO gefinancierd worden. Nieuwe innovaties bij Lengte en Optica worden minder mogelijk, waardoor deze speerpunten op een fors lager prestatieniveau uitkomen.

Bij scenario B is geprobeerd de 'pijn' van de bezuiniging te verdelen over de diverse technologieën. Viscositeit en Vocht komen volledig te vervallen. Bij Tijd en Frequentie zullen geen nieuwe ontwikkelingen meer mogelijk zijn. Elektriciteit Hoogfrequent zal slechts op een minimaal niveau kunnen blijven bestaan. Bij de speerpunten Elektriciteit DCLF, Lengte en Optica wordt het aantal nieuwe ontwikkelingen beperkt. Ook Chemie (gasgeneratielab) en Volumetrie (anemometrie en Trasys) doen een grote stap terug.

In scenario C wordt er geïnvesteerd in nieuwe ontwikkelingen binnen de speerpunten Chemie en Volumetrie. Gevolg is wel dat er relatief veel faciliteiten worden opgeheven, namelijk, Hoogfrequent, Ioniserende Straling, Druk, Viscositeit en Vocht. Verder kan er bij Lengte en Optica minder geïnnoveerd worden, maar ook Elektriciteit DCLF gaat fors in ontwikkeling terug, waardoor HV Power de facto geen speerpunt meer is.

Scenario D leidt tot het opheffen van één speerpunt, namelijk Optica. Om tot de gewenste bezuiniging te komen vervalt daar bovenop ook Ioniserende Straling. Dit scenario heeft een groot omzetverlies tot gevolg, zowel aan de marktkant als aan de kant van de EU-omzet, wat consequenties heeft voor de levensvatbaarheid van VSL.

Alle vier hypothetische reductiescenario's maken duidelijk dat een reductie van het metrologiebudget onverantwoord is. Het voortbestaan van VSL wordt hierdoor namelijk direct bedreigd en ook voor het bedrijfsleven zijn de gevolgen zeer nadelig. Daarnaast wordt er, zoals de analyse van de 'Benefit Cost Ratio' (zie hoofdstuk 4.4 en Bijlage 3) aantoont, met iedere euro die minder wordt besteed aan metrologie in de Nederlandse economie € 24-57 minder verdiend.

De gevolgen van de keuzes in scenario's A t/m D voor wat betreft de budgetten (uurkosten en directe kosten, dus exclusief investeringen) zijn in tabel 2 opgenomen. De bedragen betreffen de som van de SBO- en Researchbudgetten.

Zoals de tabel laat zien in de regel "Restbudget te herverdelen" leiden alle scenario's tot een reductie, die hoger is dan de benodigde taakstelling van 793 k€ excl. BTW (incl. BTW is de taakstelling 959 k€). Dit is echter nodig, omdat het opheffen van sommige faciliteiten onvermijdelijk tot extra kosten leidt, vanwege het inkopen van herleidbaarheid bij Europese zusterinstituten, zoals hierboven is uitgelegd. Bovendien leidt de taakstelling en het daarmee gepaard gaande verlies aan marktomsatz tot een stijging van het uurtarief voor Research en SBO. Hierdoor zijn nog minder uren beschikbaar. Daarom is een deel van de reductie nodig om te zorgen dat de technologieën die overeind gehouden worden over voldoende uren blijven beschikken.

Tot slot leidt de teruggang in R&D en innovatie tot een verlies aan specialistische kennis. In alle scenario's zullen naar schatting 13 FTE's verloren gaan (zie voor details paragraaf 7.4), voor een deel op het gebied van onderzoek en ontwikkeling. VSL zal daarmee goed opgeleide specialisten en onderzoekers kwijt raken en daarmee ook de specialistische kennis, die deze medewerkers de afgelopen jaren hebben opgedaan. Gevolg is dat VSL op diverse gebieden (alle niet-speerpunten, maar ook de (voormalige) speerpunten bij Lengte, Optica en Elektriciteit DCLF) op internationaal niveau geen rol van betekenis meer zal kunnen spelen. De technologieën zullen namelijk te klein van omvang worden, zullen te weinig vernieuwend onderzoek kunnen doen en raken onherroepelijk specialistische medewerkers en essentiële kennis kwijt. Dit laatste is een zo goed als onomkeerbaar proces. Het zal onevenredig veel tijd en moeite kosten om verloren gegane kennis, kunde en faciliteiten in een later stadium weer op te bouwen.

Tabel 2: Budgetontwikkeling 2016-2019 per technologie.

Technologie	Budget 2015 (k€)	Budget 2018 (k€)									
		Scenario RvD		Scenario A		Scenario B		Scenario C		Scenario D	
		Toename	Budget	Reductie	Budget	Reductie	Budget	Reductie	Budget	Reductie	Budget
Chemie	1811	200	2011	0	1811	-62	1749	105	1916	0	1811
Electriciteit	1444	200	1644	-355	1089	-205	1239	-479	965	0	1444
Ioniserende Straling	184		184	-184	0	-184	0	-184	0	-184	0
MDV	328		328	-234	94	-119	209	-194	134	0	328
Lengte	1097	200	1297	0	1097	-165	932	-165	932	0	1097
Thermometrie	520		520	-148	372	-148	372	-148	372	0	520
Optica	868	200	1068	0	868	-110	758	-110	758	-868	0
Tijd en Frequentie	191		191	-191	0	-23	168	0	191	0	191
Volumetrie	902	200	1102	0	902	-62	840	105	1007	0	902
Metrologische infrastructuur	348		348	0	348	0	348	0	348	0	348
Restbudget te herverdelen				319	319	285	285	277	277	259	259
Totaal SBO + Research	7693	1000	8693	-793	6900	-793	6900	-793	6900	-793	6900

7.2 Investeringsen

Voor alle reductiescenario's geldt dat met name het opheffen van faciliteiten zal leiden tot een lager investeringsniveau. Er hoeven immers minder faciliteiten te worden onderhouden. Gemiddeld gaat het om ongeveer 200 k€. Hiervan zal minimaal 100 k€ aangewend worden om het afschrijvingsniveau van investeringen onder SBO terug te brengen van 1 M€ naar maximaal 900 k€.

7.3 Omzet en klanten

In de tabel in Bijlage 7 zijn ook de gevolgen inzichtelijk gemaakt voor het verlies aan marktomszet (vanwege het afstoten van faciliteiten) en het verlies aan omzet vanuit Europese projecten (vanwege een kleinere deelname aan het EMPIR-programma). Voor de hypothetische reductiescenario's zijn de financiële gevolgen samengevat:

- Scenario A:
 - Verlies van 274 k€ aan marktomszet, vanwege het opheffen van Elektriciteit HF, Massa, Druk, Viscositeit, Vocht en Tijd en Frequentie. Aantallen klanten die niet langer door VSL geholpen kunnen worden zijn:
 - Voor HF gaat het in totaal om 11 verschillende klanten in 2013 en 2014.
 - Voor Massa gaat het om 33 verschillende klanten in 2013 en 2014.
 - Voor Druk gaat het om 57 verschillende klanten in 2013 en 2014.
 - Voor Viscositeit gaat het om 59 verschillende klanten in 2013 en 2014.
 - Voor Vocht gaat het om 36 verschillende klanten in 2013 en 2014.
 - Voor Tijd en Frequentie gaat het om 28 verschillende klanten in 2013 en 2014.
 - Voor vele klanten worden overigens meerdere kalibratiediensten geleverd. Dus als één dienst niet meer beschikbaar is, zal de klant wellicht proberen ook de andere diensten elders onder te brengen. Hier is in dit Meerjarenplan nog geen rekening mee gehouden.
 - Verlies van 202 k€ EU aan EU-inkomsten (EMPIR).
 - Het totale omzetverlies bedraagt minimaal 476 k€.
- Scenario B:
 - Verlies van 174 k€ aan marktomszet, vanwege het opheffen van Vocht en Viscositeit. Voor aantallen klanten die op deze gebieden niet langer door VSL geholpen kunnen worden zie scenario A.
 - Verlies van 239 k€ EU aan EU-inkomsten (EMPIR).
 - Het totale omzetverlies bedraagt minimaal 413 k€.

- Scenario C:
 - Verlies van 164 k€ aan marktomzet, vanwege het opheffen van Elektriciteit HF, Druk, Viscositeit en Vocht. Voor aantallen klanten die op deze gebieden niet langer door VSL geholpen kunnen worden zie scenario A.
 - Verlies van 295 k€ aan EU-inkomsten (EMPIR).
 - Het totale omzetverlies bedraagt minimaal 459 k€.
- Scenario D:
 - Verlies van 240 k€ aan marktomzet, vanwege het opheffen van Optica. In totaal gaat het om 63 verschillende klanten in 2013 en 2014, die niet langer door VSL geholpen kunnen worden. Ook voor Optica geldt dat per klant vaak meer dan één kalibratie/dienst wordt verzorgd.
 - Verlies van 308 k€ aan EU-inkomsten (EMPIR).
 - Het totale omzetverlies bedraagt minimaal 548 k€.

Hierdoor wordt geen verlies aan marktomzet voorzien voor deze technologie. Voor de gebieden waarin minder innovatie gaat plaats vinden, namelijk Lengte, Optica en Elektriciteit DCLF (scenario's B en C), wordt voorzien dat er op de middellange termijn (3-5 jaar) geen omzet/omzetgroei gerealiseerd zal kunnen worden, omdat er minder nieuwe faciliteiten zullen worden gerealiseerd.

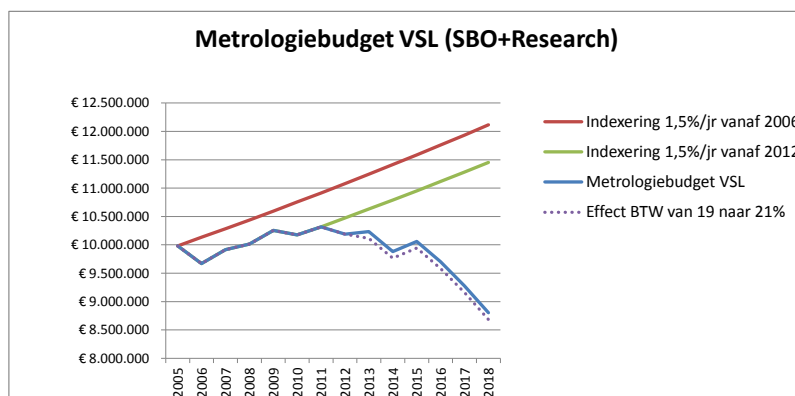
7.4 Continuïteit VSL

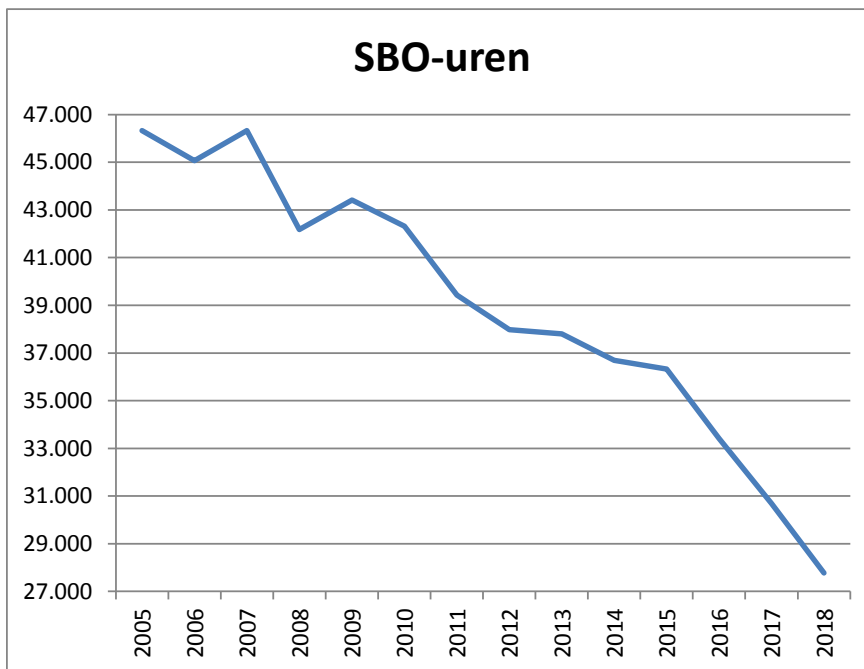
De taakstelling van EZ voor de periode 2016-2019 leidt ertoe dat het metrologiebudget voor het uitvoeren van de wettelijke taak fors wordt gereduceerd. Dit is in figuur 9 weergegeven. De effecten van een eerdere taakstelling voor de periode 2012-2015 zijn in deze figuur ook zichtbaar, evenals de BTW-verhoging van 19% naar 21% uit 2012 en het al diverse jaren ontbreken van een jaarlijkse compensatie voor inflatie. Gerekend vanaf het jaar 2011, dus vlak voor de eerste taakstelling, raakt VSL in absolute zin 15% van zijn budget kwijt. Het effect op het SBO-urenbudget is echter nog veel groter. Opnieuw gerekend vanaf 2011 slinkt dit budget met 30%, zoals ook uit figuur 10 valt op te maken.

Het jaarlijkse metrologiebudget van EZ is een bruto budget, d.w.z. inclusief BTW. Op een (bruto) budget van circa M€ 10 per jaar gaat ook nog eens M€ 1,5 af voor BTW. Zoals eerder in hoofdstuk 6 is aangetoond leidt de huidige taakstelling ertoe dat de markt- en EU-inkomsten verminderen. Een doorberekening van het integrale kostprijsmodel dat VSL met EZ heeft afgesproken geeft aan dat het EZ-tarief in 2018 ruim 11% hoger zal liggen dan dat in 2015.

De huidige taakstelling leidt ertoe dat ook de markt- en EU-inkomsten verminderen.

Figuur 9: Ontwikkeling van het bruto metrologiebudget in k€ van VSL van 2005 – 2018.



Figuur 10: Ontwikkeling van het metrologiebudget in uren van VSL van 2005 – 2018.

Ook de tarieven voor de commerciële diensten zullen derhalve met minimaal 11% stijgen. Als de taakstelling volledig met de marktomzet zou moeten worden bekostigd, dan zal de stijging zelfs minimaal 25% bedragen. VSL heeft al enige ervaring met significante prijsstijgingen en deze pakten nooit goed uit. Een recent voorbeeld betreft Viscositeit. Hier is in 2011 de prijs van de visceuze referentiematerialen significant verhoogd om de kosten van het beheer deels met de klanten te verrekenen, waardoor de kosten (m.a.w. de beheeruren) binnen het SBO-programma verlaagd konden worden. In de jaren daarna is als gevolg hiervan de omzet echter gestaag teruggelopen. In 2014 was het aantal opdrachten al met een factor 3 gezakt. Hierdoor ligt de totale omzet voor Viscositeit nu al ruim onder die uit 2010. Dit zal de komende jaren naar verwachting nog verder verslechteren, omdat de dalende trend nog steeds voortduurt.

Een en ander heeft dramatische gevolgen voor de bedrijfsvoering. Van een gezonde situatie in 2015 met een omzet van 15 M€ en een gezonde, maar beperkte winst komt VSL terecht in een situatie waarbij een significant verlies wordt geleden. Hierin is verdisconteerd dat VSL het aantal arbeidsplaatsen fors vermindert met 13 FTE¹ (12% op een totaal van 110 FTE). Dit betreft minimaal 6 FTE als direct gevolg van de taakstelling, 5 FTE als gevolg van de terugloop in markt- en EU-inkomsten en 2 FTE ondersteunend personeel. Zelfs met deze maximale kostenbesparing wordt de continuïteit van VSL acuut en ernstig bedreigd. De dure en noodzakelijke laboratoriuminfrastructuur (30% van alle kosten) is namelijk invariabel en kan derhalve niet door besparing op het personeel gecompenseerd worden.

7.5 Adviezen van de RvD

In het geval van de hypothetische reductiescenario's A t/m D kunnen diverse adviezen van de RvD vanwege de EZ taakstellingen niet opgevolgd worden. Dit is direct gekoppeld aan de reducties in het werkprogramma, zoals weergegeven in tabel 2. Meer concreet worden de volgende adviezen uit de Strategische Visie van de RvD, zoals vermeld in paragraaf 5.2 *niet* in dit Meerjarenplan 2016-2019 overgenomen²:

- Scenario A: 8 van de 24 adviezen, namelijk adviezen 7 (TF), 8 (TF), 9 (IO), 10 (IO), 11 (IO), 12 (MDV), 13 (MDV), 17 (Thermometrie).

¹ Het feit dat de afvloeing van personeel aanvullende (afkoop)kosten met zich meebrengt is niet verdisconteerd.

² EL = Elektriciteit, IO = Ioniserende Straling, MDV = Massa, Druk en Viscositeit, TF = Tijd en Frequentie.

- Scenario B: 12 van de 24 adviezen, namelijk adviezen 4 (Chemie), 6 (EL), 7 (TF), 8 (TF), 9 (IO), 10 (IO), 11 (IO), 15 (Lengte), 17 (Thermometrie), 18 (Optica), 20 (Optica), deels 21 (Volumetrie).
- Scenario C: 9 van de 24 adviezen, namelijk adviezen 6 (EL), 9 (IO), 10 (IO), 11 (IO), 12 (MDV), 15 (Lengte), 17 (Thermometrie), 18 (Optica), 20 (Optica).
- Scenario D: 7 van de 24 adviezen, namelijk adviezen 9 (IO), 10 (IO), 11 (IO), 17 (Thermometrie), 18 (Optica), 19 (Optica), 20 (Optica).

In scenario C zal advies 12 (samenwerking tussen MDV, Chemie en Volumetrie) alleen ingevuld kunnen worden voor Massa, aangezien Druk en Viscositeit in dit scenario worden opgeheven. Overigens is in de strategische visie van de RvD uitdrukkelijk geen rekening gehouden met het opheffen van meetstandaarden en het reduceren van onderzoek en diensten.

7.6 EMPIR commitment

De Minister van Economische Zaken heeft per brief (d.d. 12 december 2013, kenmerk DGETM-MC/13196461) een schriftelijke commitering gedaan aan de Europese Commissie voor de Nederlandse participatie in het EMPIR-programma voor 16,5 M€. Dit betekent dus een gemiddelde participatie van 1,65 M€/jaar in periode 2016-2019, iets hoger dan de participatie van 1,5 M€/jaar tot en met 2015. Het urenbudget dat vanuit de EZ-programma's (SBO en Research) nodig is om tussen 2016 en 2019 de EMPIR-projecten te contrafinancieren zal dus rond het niveau van 2015 zal liggen, zijnde 18.000 uur. In 2015 waren deze uren verdeeld naar Research (6.000 uur, dit is het volledige researchbudget) en 12.000 uur van de 14.000 uur aan SBO-ontwikkelingsbudget.

In 2018 wordt een Researchbudget voorzien van 7.000 uur. Het SBO-budget is tegen die tijd gereduceerd met 7.000 uur, verdeeld naar ongeveer 2000 uur bij Beheer en 5000 uur bij Ontwikkeling. Dit leidt tot de volgende samenvatting:

- In 2018 benodigde EZ-uren voor contrafinanciering van EMPIR: 18.000 uur.
- In 2018 beschikbare EZ-uren voor contrafinanciering van EMPIR: 14.000 uur. Namelijk:
 - 7.000 uur, niveau Researchbudget 2018.
 - 7.000 uur, niveau SBO-ontwikkelingsbudget 2018 in te zetten voor EMPIR-projecten, opgebouwd uit:
 - 14.000 uur, niveau SBO 2015.
 - -5.000 uur, taakstelling SBO.
 - -2.000 uur voor noodzakelijke verbeteringen aan opstellingen onder SBO, die *niet* aan EMPIR gerelateerd zijn.

De conclusie luidt dat VSL in 2018 structureel 4.000 uur (29% t.o.v. van de beschikbare 14.000 uur) aan R&D-uren tekort komt om aan de commitering van de Minister aan de Europese Commissie te kunnen voldoen. In geld uitgedrukt komt dit overeen met zo'n 650 k€.

8. Conclusies

VSL is een betrekkelijk klein metrologisch instituut (circa 110 FTE, 15 M€ omzet, waarvan circa 55% overheidsfinanciering) met een relatief grote impact door haar vooraanstaande kennispositie (die is bereikt door de toponderzoekers die bij VSL werkzaam zijn) en haar zakelijke instelling (VSL is voorbeeld van een succesvolle privatisering). Een belangrijk deel van de omzet (30-40%), gedeeltelijk extern gefinancierd, wordt besteed aan vernieuwing en ontwikkeling. Daarnaast worden metrologische diensten geleverd aan de markt: jaarlijks 3500 certificaten voor ruim 650 verschillende klanten, het merendeel MKB. De klanttevredenheid is hoog. Voor Nederland is het belangrijk dat dit dienstenniveau, maar ook de vernieuwing en innovatie, voortgezet wordt.

Doel van VSL is om ook voor de langere termijn:

- Toonaangevend te zijn in metrologie.
- Aan te sluiten op maatschappelijke en economische prioriteiten in Nederland.
- Het 'Nederlandse model' voor het ontwikkelen en beheren van meetstandaarden vast te houden en uit te bouwen zonder de Nederlandse stakeholders op achterstand te zetten.

- Internationaal onderscheidend te zijn in volumetrie/flow, gaschemie, nano-/micrometrologie, radiometrie en elektrische vermogensmetingen.
- Een 'fit for purpose' technologieniveau te handhaven in de andere metrologische gebieden.
- Nieuwe activiteiten en onderzoeksgebieden op te pakken conform de adviezen van de RvD, zoals weergegeven in het 'RvD-scenario' in Hoofdstuk 6.1.
- De innovatie verder vorm te geven o.a. door participatie in het EMPIR-programma.

Om de slagkracht van de Nederlandse industrie, MKB en onderzoeksinstituten te kunnen blijven ondersteunen en om de continuïteit van VSL te garanderen is het noodzakelijk dat VSL invulling kan geven aan de adviezen van de RvD.

Om de slagkracht van de Nederlandse industrie, MKB en onderzoeksinstituten te kunnen blijven ondersteunen en om de continuïteit van VSL te garanderen is het noodzakelijk dat VSL invulling kan geven aan de adviezen van de RvD. Dit houdt een uitbreiding van het budget in en niet een reductie. Voor diverse bedrijven en instellingen in de Nederlandse kenniseconomie is metrologische kwaliteit namelijk een 'differentiator' voor hun concurrentiepositie, zeker voor het innoverende MKB. Daarvoor zijn ze veelal afhankelijk van het kennis- en dienstenniveau van VSL.

De analyse uit hoofdstuk 7 m.b.t. de consequenties van de taakstelling leidt tot de conclusie dat op welke wijze de reductie ook wordt ingevuld de gevolgen onverantwoord zijn. Nederlandse bedrijven en instellingen zullen ernstige belemmeringen ondervinden van de sterk gereduceerde portfolio en innovatiekracht van VSL. De continuïteit van VSL is niet geborgd. De kortingen op het EZ- en marktbudget zullen gecompenseerd moeten worden met kostenreducties. In alle hypothetische reductiescenario's die doorgerekend zijn lukt het echter niet om de benodigde kostenreductie te realiseren en tegelijkertijd de continuïteit van VSL te garanderen. Bovendien kan de wettelijke taak (Metrologiewet) niet meer naar behoren worden uitgevoerd en kan de commitering Minister van Economische Zaken aan de Europese Commissie inzake de Nederlandse participatie in het EMPIR-programma niet worden nagekomen. Ook voor de Nederlandse economie zijn de gevolgen zeer nadelig: zoals de analyse van de 'Benefit Cost Ratio' laat zien, levert iedere euro die aan metrologie wordt besteed de Nederlandse economie naar schatting € 24-57 op.

Op het eerste gezicht lijkt een route van verdergaande specialisering binnen Europa een mogelijke optie. Op dit moment is deze optie echter niet reëel. Bij specialisering leveren niet meer **alle** nationale instituten een **volledig** pakket aan diensten, maar richten ze zich voornamelijk op hun **eigen** speerpunten met de daarbij behorende internationale dienstverlening. Dit zou een efficiencyverbetering op kunnen leveren, omdat de (noodzakelijkerwijs) hoge vaste kosten 'verrekend' kunnen worden over een groter 'afzetgebied' dan alleen het eigen land. Dit vereist echter bij de Europese partners dan wel de bereidheid om enerzijds te specialiseren op technologiegebieden die nationaal van belang zijn, maar anderzijds af te zien van technologie-gebieden waarin andere metrologie-instituten een grotere meerwaarde hebben. Daarnaast vereist dit dat de dienstverlening op Europees niveau uitgevoerd wordt zonder nationale voorkeuren of het 'voortrekken' van nationale instellingen. Hiervoor is een goede Europese afstemming noodzakelijk en het onderlinge vertrouwen dat ook onder 'moeilijke omstandigheden' toch gevolg gegeven wordt aan de afgesproken toezeggingen en verplichtingen. Deze bereidheid en dit vertrouwen is er momenteel nog niet. Het is daarom onverantwoord om vooruitlopend op een dergelijke ontwikkeling, nu al (eenzijdig) bepaalde technologiegebieden, meetstandaarden of diensten te staken of af te bouwen die van belang zijn voor Nederland. Indien gekozen wordt voor een Europese specialisatie, zal op bestuurlijk niveau gevolg gegeven moeten worden aan deze wens. Tot die tijd moet voorkomen worden dat er ongewenste irreversibele processen (zoals kennisverlies door het vertrek van toponderzoekers) ingezet worden en zullen de opgelegde bezuinigingen uitgesteld moeten worden.

Er moet voorkomen worden dat er ongewenste irreversibele processen ingezet worden en daarom zal de opgelegde taakstelling uitgesteld moeten worden.

Bijlage 1: Technologieën

Chemie

Missie

Chemie omvat faciliteiten, kennis en ervaring voor de bereiding en analyse van zowel statisch vervaardigde referentiegasmengsels in cilinders als dynamisch gegenereerde gasmengsels. Deze infrastructuur wordt gebruikt om op het gebied van gasanalyse een zo breed mogelijk pakket aan kalibraties, herleidbare metingen en kalibratie- en referentiegasmengsels te leveren aan klanten, zodat deze herleidbare metingen kunnen verrichten. Door deze dienstverlening kunnen de klanten voldoen aan wettelijke en contractuele vereisten op het gebied van energie, handel, veiligheid, gezondheid en milieu. Daarnaast organiseert de Chemie ringvergelijken (Proficiency Testing schema's (PT)), ter ondersteuning van de kwaliteitsbeheersing en trainingen en advies aan haar klanten, zodat deze in staat gesteld worden aan voor hen relevante normen en voorschriften ten aanzien van meten in de gasanalyse te voldoen. VSL Chemie participeert in de totstandkoming van Europese en internationale normen en werkt volgens deze normen.

Chemie heeft een Europese en internationale toppositie en bedient op de eerste plaats de Nederlandse en Europese markt. Daarnaast heeft VSL een unieke positie vanwege het Memorandum of Cooperation met NIST (USA) en de tweejaarlijks bijgestelde Declaration of Equivalence (DoE) m.b.t. de erkenning van binnen de DoE vallende primaire standaard gasmengsels. Door deze overeenkomst biedt VSL (als enige naast NIST) ook ondersteuning aan zijn klanten met betrekking tot de levering van US EPA protocol gassen, zoals vereist in de US EPA Clean Air Act.

Visie

Chemie wil haar internationaal toonaangevende positie behouden en waar mogelijk versterken. Op de Europese markt is er één andere sterke speler (NPL, UK) en wereldwijd zijn er nog drie: NIST (USA), NMIJ (Japan) en KRIS (Korea). Versterking van de positie wordt gerealiseerd door het behalen van de volgende doelen:

- Een omzetgroei van 15 % in 2017 ten opzichte van 2013, waarbij 2/3 gerealiseerd wordt door nieuwe producten en/of dienstverlening;
- Verbetering van de professionaliteit, onder meer door het hebben van een state-of-the-art lab en een professioneel team, met daarnaast jaarlijks het publiceren van tenminste 2 commerciële en 4 wetenschappelijke publicaties;
- Een nummer 1 positie wereldwijd in gasmetrologie op het gebied van energie en een top-3 positie op het gebied van milieu;
- Een PR waarbij potentiële relaties VSL in hun top-10 van hits krijgen.

Chemie heeft een collectief gedragen meerjarenstrategieplan, waarin bovenstaande doelen zijn uitgewerkt en gekwantificeerd. De voortgang wordt op regelmatige basis geëvalueerd.

Markt

De belangrijkste klanten voor gecertificeerde gasmengsels zijn gasleveranciers (o.a. Linde Gas, Air Liquide, Messer, Praxair, Airgas, Air Products, Matheson), energieleveranciers (o.a. Gasunie, NAM, Shell) en geaccrediteerde kalibratielaboratoria (o.a. KEMA, Kiwa-Gastec, Witteveen+Bos, PRA Odournet, RIVM).

In Europa vindt een verschuiving plaats in de vraag van klanten van door VSL bereide en gecertificeerde gasmengsels (PRM's) naar door derden bereide en door VSL gekalibreerde gasmengsels (CGM's). Daar komt bij dat componenten, concentraties en vereiste onzekerheden steeds uitdagender worden. Het beleid is om op deze markt vragen in te spelen in nauwe samenwerking met de (gas)industrie, zowel qua samenwerking in Europese onderzoeksprojecten (m.n. EMRP en EMPIR) als ook via personal account management met de grote gasleveranciers.

Belangrijke markten met een wettelijke dimensie vormen de referentiegasmengsels voor bijvoorbeeld ademanalyse (ethanol), uitlaatgastesters (APK), luchtkwaliteit en zwavelcomponenten in methaan. Een andere belangrijke markt is de energiemarkt, waar met name de markten voor productie, transport en distributie van aardgas en vloeibaar aardgas (LNG) worden bediend. Uitbreidingen

worden voorbereid op het gebied van samengeperst aardgas (CNG), waterstof verrijkt aardgas en daarnaast biogas en waterstof als duurzame brandstoffen. Binnen de energiesector wordt samengewerkt met o.a. Gasunie en Shell.

Als afgeleide dienst worden door VSL commerciële ringvergelijkingen georganiseerd voor de laboratoria van bovengenoemde partijen en tevens meetinstrumenten gekalibreerd. Bij de industrie bestaat een toenemende behoefte aan ringvergelijkingen om daarmee hun meetcompetentie te kunnen onderbouwen/bewijzen. Het aanbod van VSL wordt voortdurend op de behoeftes van deze laboratoria afgestemd, hetgeen bijvoorbeeld zal betekenen dat een nieuw ringvergelijk voor siloxanen in biogas start in 2015. VSL consolideert binnen de gasanalyse zijn leidende rol in het organiseren van commerciële internationale vergelijkingen door innoverende vergelijkingen (nieuwe concepten, nieuwe standaarden) te organiseren.

Voeling houden met klanten en andere relaties is een belangrijk onderdeel van de marktstrategie. Hieraan dragen de organisatie van het 2-jaarlijkse Gasanalyse Symposium (in samenwerking met o.a. NEN en ISO/TC 158 "Analyse van gassen") en de jaarlijkse klantendagen wezenlijk aan bij. Deze evenementen worden goed bezocht en zijn een begrip in de sector. Gebaseerd op de marktvrage is een validatie voor online gaschromatografen voor aardgasanalyse conform ISO 10723 opgezet, die in maart 2015 onder accreditatie zal worden gebracht. Verder zal in het najaar van 2015 een praktijkcursus ISO 6142 (gravimetrische bereiding gasvormige referentiematerialen) starten. Deze cursus is de eerste in een nieuw programma, dat zich specifiek richt op de omgang in de praktijk met normvoorschriften in de gasanalyse.

Beheer en Key Comparisons

Door een duidelijke focus op aan gasanalyse gerelateerde faciliteiten is een volledig gebalanceerde en gefocuste set van gasmetrologiefaciliteiten ontstaan, welke de laatste jaren een structurele groei heeft doorgemaakt. Zo werd in 2014 voor PRM's een topomzet gerealiseerd van k€ 549 (levering van in totaal 272 PRM's) en voor CGM's (calibrated gas mixtures) een topomzet van k€ 273 (320 gasmengsels).

De volgende binaire en multi-component gasstandaarden worden beheerd:

Ethanol in lucht en stikstof	Zuurstof in stikstof
Koolstofmonoxide in stikstof en lucht	Koolstofdioxide in stikstof en lucht
Stikstofoxiden	Zwavel dioxide in stikstof en lucht
Ammoniak in stikstof	Methaan en lachgas in stikstof en lucht
Propaan in stikstof en lucht	Water in stikstof, lucht en methaan
Aardgas en Biogas	Refinery/cokeovengas
Zwavelcomponenten in stikstof en methaan	Zwavelhexafluoride in lucht
Massadynamische standaarden	Stack gas
Vluchtige organische componenten (VOCs) in stikstof	Automotives (uitlaatgasanalyse)
Standaarden voor zuiverheidsanalyse	

Bij Beheer wordt gestreefd naar het in stand houden van de nationale standaarden op het huidige vooraanstaande niveau, hetgeen een voortdurende aanpassing vereist om lagere detectiegrenzen en een hogere nauwkeurigheid te realiseren. Bij de vervanging c.q. de nieuwe aanschaf van meetinstrumenten wordt nadrukkelijker dan voorheen gekeken naar mogelijkheden om het gebruik van standaarden en daarmee het beheer verder te optimaliseren. Voor nieuwe standaarden worden beheermethoden ontwikkeld, die zoveel mogelijk gebruik maken van het beheer dat op die componenten al wordt uitgevoerd en daarnaast zo efficiënt mogelijk zijn.

Voor zowel Beheer als Key Comparisons wordt een nulgroei beoogd. Voor Key Comparisons wil VSL een proportionele bijdrage leveren als organisator van vergelijken voor de Gasanalyse werkgroepen van de CCQM en EURAMET, met het accent op uitdagende standaarden en nieuwe concepten.

Innovatie

De technologie focust zich op onderzoek dat bijdraagt aan de realisatie van de volgende doelen (in volgorde van afnemende prioriteit):

- Nieuwe standaarden op het gebied van energiemeting voor LNG en Biogas.
- Nieuwe standaarden (incl. lagere ranges en kleinere meetonzekerheden) op het gebied van milieu/gezondheid voor Key VOC's (volatile organic compounds), oxy-VOC's (t.b.v. WMO/GAW; World Meteorological Organisation/Global Atmosphere Watch), NH₃ (ammoniak; landbouw), HCl (zoutzuur; industriële emissies), Greenhouse gases (hoge nauwkeurigheid broeikasgassen) en kwik (UN Minamata Conventie).
- Meten van AMC's (airborne molecular contaminants) in industriële en binnenomgevingen (incl. diffusie uit bijv. kunststoffen).
- Standaarden en spectroscopische methoden voor ademanalyse (m.n. vroege diagnose bepaalde soorten ziekten).
- Certificering van "nul-gas" (zero gas) en zuiverheidsanalyses.
- Nieuwe ringvergelijkingen.
- Validatie van meetinstrumenten voor veldmetingen (m.n. sensoren).
- Ontwikkeling metrologisch gereedschap voor "carbon trading".
- Ontwikkeling van metrologisch gereedschap voor "carbon capture strategies".
- Ontwikkeling van metrologisch gereedschap voor nano-materialen.

Prioriteiten

Om Chemie een wereldwijd leidende positie op het gebied van gasanalyse te laten behouden, moet worden geïnvesteerd in nieuwe kennis en de keuze zou dan zijn om dat in de volgende onderwerpen te doen:

- Het opzetten van een kenniscentrum met industrie en universiteiten rondom de toegepaste coatings om cilinderwanden te passiveren. De technologie is momenteel volledig afhankelijk is van door derden ontwikkelde en aangebrachte coatings, die door de steeds lagere concentratieniveaus en reactievere componenten steeds minder voldoen en een groter risico vormen bij het ontwikkelen en uitleveren van gasmengsels in cilinders.
- Het vergroten van de kennis om betere zuiverheidsanalyses uit te voeren, daar die bijdrages een steeds significantere rol spelen bij gereduceerde meetonzekerheden.
- Het vergroten van de kennis om het maximale te halen uit de meetresultaten van gasanalyses. Hiermede zou tevens de bijdrage van "plak" (adsorptie van chemische componenten aan bv. cilinderwanden en transferleidingen) veel beter kunnen worden bepaald.
- Het oprichten, samen met Nederlandse universiteiten en hogescholen, van een kennis- en trainingscentrum om studenten en gasmetrologieprofessionals te onderwijzen in:
 - de correcte implementatie en uitvoering van gasanalyse-normen.
 - het gebruik en de toepassing van normen m.b.t. herleidbaarheid en meetonzekerheid.
- Het maken van een start met de metrologische karakterisering van nanomaterialen, welke een steeds grotere rol spelen in zowel de industriële productie als gezondheidskwesties.

DC en Laagfrequent Elektriciteit (DCLF)

Missie

Nauwkeurige en betrouwbare elektrische metingen zijn van essentieel belang voor vele toepassingen in de samenleving en de Nederlandse industrie, alsook voor andere technische disciplines binnen VSL. Voor al deze toepassingen verschaft de sectie DCLF de herleidbaarheid en kennis via consultancy, trainingen en contract research. De sectie DCLF wil dat ook in de toekomst blijven doen en gezien de sterk groeiende behoeften met name op het gebied van energie.

Visie

De focus van de DCLF activiteiten ligt op de elektrische energiemarkt, omdat daar een sterk groeiende behoefte is aan herleidbaarheid (betrouwbaarheid), advies en contractonderzoek. Daarbij gaat het om kalibraties van apparatuur van klanten bij VSL, om metingen op locatie, en onderzoek om de “Energie Transitie” naar duurzame energie te ondersteunen (intelligente netten, efficiëntie).

VSL heeft in de afgelopen jaren op het gebied van elektrische energie een leidende rol in Europa opgebouwd en wil deze positie in de komende 4 jaar verder versterken en uitbouwen. Concreet door:

- Ontwikkeling van nieuwe diensten op energiegebied, getriggerd door behoeften uit de markt.
- Verdubbeling van de DCLF marktomzet in 2018 t.o.v. 2013, door commerciële opdrachten op het gebied van elektrische energie.
- Verbetering van de naamsbekendheid, zodat men bij “elektrische energie” aan VSL denkt; te realiseren door themadagen, presentaties, publicaties en bijdragen aan internationale normen.

Dit conform het advies van de Raad van Deskundigen dat zegt dat de huidige faciliteiten voor herleidbaarheidskalibraties voor alle gangbare elektrische grootheden dienen te worden gehandhaafd om aan de marktvraag te kunnen blijven voldoen en dat nieuwe ontwikkelingen zich moeten richten op energie- en netgerelateerde thema's.

Binnen Europa hebben PTB (Duitsland), NPL (UK), en METAS (Zwitserland) een vergelijkbaar breed aanbod aan diensten als VSL. Voor het focusgebied “Electrische Energie/HV Power” zijn de andere sterke Europese spelers SP (Zweden) en PTB (Duitsland), en wereldwijd NRC (Canada) en NMIA (Australië). Ten opzichte van deze andere sterke spelers is VSL uniek in de combinatie van een breed dienstenpakket met toepassingsgericht hoogwaardig onderzoek op energiegebied.

Markt

In de kalibratiemarkt richt VSL zich op het uitvoeren van hoogwaardige, niet-routinematige DCLF elektrische kalibraties voor geaccrediteerde meetlaboratoria, bedrijven en instituten binnen Nederland. Voor routinematige kalibraties kunnen bedrijven terecht bij geaccrediteerde instanties, die hun herleidbaarheid halen bij VSL. Regelmatig geven bedrijven, ook vanuit het buitenland, ook voor routinematig kalibreren toch de voorkeur aan VSL. Redenen hiervoor zijn onafhankelijkheid, kennis, korte doorlooptijd, betrouwbaarheid, flexibiliteit en klantgerichtheid. Voor VSL is de omvang van de kalibratiemarkt voor DCLF elektrische grootheden door de jaren heen stabiel op ongeveer 250 k€ per jaar (derde in omvang binnen VSL na chemie en stroming).

Belangrijke klanten door de jaren heen zijn onder meer het Ministerie van Defensie, fabrikanten zoals Philips, Fluke en Agilent, kalibratielaboratoria zoals Trescal en MetricControl en de lucht- en ruimtevaartsector met instituten als ESA-Estec, NLR en de Luchtverkeersbeveiliging (LVB).

De energiesector is een duidelijke groeiemarkt. Hierbij gaat het om fabrikanten van meetapparatuur en transformatoren zoals Schneider, Omicron en Smit, netwerkbeheerders als TenneT, Alliander, Delta, Nuon, en gerelateerde bedrijven als DNV GL (voorheen KEMA). De vraag naar metrologische ondersteuning in de energiesector wordt gedreven door de ontwikkeling van intelligente netten ('smart grids'), nieuwe regelgeving op het gebied van efficiency (zoals de EU Ecodesign directive) en liberalisering van de energiemarkt. De vragen komen niet alleen uit Nederland naar VSL toe, maar vanuit heel Europa. In 2014 heeft VSL bijv. on-site kalibraties uitgevoerd in België en Slovenië.

In de afgelopen jaren heeft VSL diverse nieuwe diensten ontwikkeld om in de behoeften van deze groeiemarkt te voorzien. Zo zijn er nieuwe opstellingen voor het kalibreren van:

- Meetinrichtingen voor grote vermogens tot 150 kV en 5 kA (billing), ook on-site.

- Stroomtransformatoren tot 8 kA, ook on-site.
- Spanningstransformatoren tot 300 kV, ook on-site.
- Power quality analyzers, gebruikt voor meting van spanningskwaliteit op het energienet.

Momenteel zijn er faciliteiten in ontwikkeling voor het kalibreren van:

- Phasor measurement units (PMUs), gebruikt voor het monitoren van de netstabiliteit.
- Meetinrichtingen voor verliezen van vermogenstransformatoren (loadloss).
- Conventionele en niet-conventionele meetbruggen voor transformatoren.

Dit conform advies 5 van de Raad van Deskundigen dat zegt dat nieuwe faciliteiten voor PMUs, PQ en verliesmetingen gerealiseerd moeten worden.

Voor power quality analyzers loopt er – naar aanleiding van de concrete vraag van een zeer grote fabrikant – momenteel een samenwerkingsverband met Certin om de VSL faciliteiten ook te gaan gebruiken voor typetests. Als dit succesvol blijkt kan deze vorm van samenwerking wellicht ook uitgebreid worden naar andere faciliteiten.

Voor de herleidbaarheid van de nieuwe energiegerelateerde meetopstellingen zijn vele verschillende faciliteiten nodig, zoals spannings- en stroomratio, impedantie, AC/DC, gelijkspanning, en weerstand. Dit illustreert de zeer grote onderlinge verwevenheid en samenhang van de elektrische kalibratie opstellingen binnen DCLF. Om de groeiemarkt optimaal te ondersteunen zullen de accenten bij de bestaande faciliteiten verschuiven richting energiegerelateerde toepassingen. De nadruk zal dus komen te liggen op spanningen en frequenties van het elektriciteitsnet.

Beheer en Key Comparisons

Uitgangspunt voor het in beheer houden van opstellingen en het uitvoeren van Key Comparisons is dat de onzekerheden voldoende zijn voor het bedienen van externe en interne klanten. Daarbij komen klanten graag met al hun apparatuur naar VSL, vanwege de goede dienstverlening en omdat ze in ons een 'one-stop shop' vinden.

Het beheer van de DC grootheden betreft vooral de primaire quantumstandaarden voor spanning en weerstand (respectievelijk Josephson en Quantum Hall), die de basis vormen voor alle elektrische metingen. Daarnaast zijn er diverse opstellingen om ratiometingen uit te voeren, om te schalen naar grotere en kleinere meetwaarden en om spanning en weerstand te combineren tot stroom.

Voor LF betreft het secundaire opstellingen voor impedantie (capaciteit, inductie en AC weerstand), wisselspanning en -stroom (absoluut en AC/DC-verschil), stroom- en spanningstransformatoren (CT en VT), on-site billing, laagfrequent vermogen en power quality (PQ). Voor impedantie, AC/DC, CT en VT wordt de herleidbaarheid via buitenlandse NMIs geregeld. De overige opstellingen zijn via AC/DC herleidbaar naar Josephson, Quantum Hall en/of impedantie.

Alle opstellingen zijn direct of indirect nodig voor de herleidbaarheid van energiegerelateerde kalibraties. Het doel is de onzekerheden van alle opstellingen op een niveau te hebben dat VSL internationaal onderscheidend maakt op het gebied van energie. Dat betekent dat voor de vermogensopstelling en de hoogspanningsopstelling nog een lichte aanscherping nodig is; voor impedantie betekent dit dat het minder kan.

In de komende jaren zullen nog drie kalibratieopstellingen in beheer genomen gaan worden, te weten voor PMUs, transformatorverliezen en transformatormeetbruggen. Hiervoor wordt budget vrijgemaakt door herleidbaarheid van impedantie met een minder lage onzekerheid uit te voeren via de sampling impedantiebrug, die in ontwikkeling is en eind 2015 gereed zal zijn, waardoor zo'n 150 uur per jaar gewonnen zal kunnen worden. Voor zowel de al in gebruik genomen als de nog in ontwikkeling zijnde opstellingen zal komende jaren nog de nodige effort nodig zijn om optimaal op de wensen van de klanten in te spelen.

Innovatie

Het ontwikkelingsprogramma en de researchprojecten bevatten twee nauw verweven hoofdlijnen. De eerste lijn is het gevolg van de ontwikkelingen in de energiemarkt (o.a. meer afrekenpunten in het elektriciteitsnet door de liberalisering, en lokale energieopwekking in smart grids) en gerelateerde projecten op het gebied van energie binnen EMRP en EMPIR. De tweede lijn heeft zijn oorsprong in

de recente ontwikkeling van nauwkeurige sampling technieken (voor o.a. audio- en sensor-toepassingen), die gebruikt kunnen worden voor het verbeteren en vereenvoudigen van andere meetopstellingen zoals voor energiegerelateerde kalibraties. Het combineren van deze twee lijnen is de kracht van VSL in het vakgebied DCLF.

De eerste hoofdlijn, energie, is gezien de verwachtingen voor nieuwe markt duidelijk de grootste en heeft ook de hoogste prioriteit. Hiervoor worden diverse kalibratiefaciliteiten ontwikkeld, zoals voor het kalibreren van PMUs, transformatorverliezen, en transformatormeetbruggen voor niet-conventionele meettransformatoren. Daarbij is er specifiek aandacht voor het kalibreren van meetsystemen op locatie. Daarnaast wordt onderzoek verricht naar het meten in distributienetten, waarbij intensief wordt samengewerkt met netbeheerders Delta en Alliander en met TU/e en TUD. De achterliggende gedachte is hier zowel om kalibratieomzet te realiseren als om kennis op te doen, die uiteindelijk als consultancy in de markt te kunnen gezet kan worden. Hierbij gaat het vooral om power quality en PMUs, maar ook om transformatoren.

De tweede lijn, sampling, is op twee manieren voor VSL van belang. Ten eerste bieden nieuwe samplingsystemen mogelijkheden om bestaande meetsystemen en meetopstellingen te verbeteren en te vereenvoudigen. Dit geldt voor de energiegerelateerde opstellingen waar het al in belangrijke mate wordt toegepast, maar ook bijvoorbeeld voor de VSL sampling impedantiebrug, die in 2015 gereed is en efficiënter beheer en kalibraties mogelijk maakt. Daarnaast vragen nieuwe samplingsystemen op zichzelf ook om nieuwe diensten, waar bijvoorbeeld met de pulse-driven Josephson standaard in het Q-wave JRP op wordt ingespeeld. Dit conform advies 6 van de Raad van Deskundigen dat als speerpunten van wetenschappelijk onderzoek benoemt: sampling(meet)methoden, PQ, fasehoekmetingen, en niet-conventionele meettransformatoren.

Prioriteiten

Versterking van het toekomstige portfolio van Elektriciteit DCLF moet zoveel mogelijk aansluiten bij de twee genoemde innovatielijnen (energie en sampling) en energiegerelateerde onderwerpen. Daarnaast is ook enige aandacht nodig voor onderwerpen die relatief minder aandacht krijgen binnen EMRP, zoals verbetering of automatisering van belangrijke opstellingen.

De huidige en verwachte toekomstige marktfragen liggen op het gebied van de volgende (meest energie-gerelateerde) onderwerpen, waarbij tevens is aangegeven welke ontwikkelingen VSL daarbij moet plegen:

- HV Power:
 - CT en VT opstellingen breedbandig maken (bijv. voor on-site PQ metingen).
 - Uitbreidingen voor Power Quality, zoals transiënten, snelle spanningsveranderingen, en het gebied tussen 2 kHz en 150 kHz.
 - Billing opstelling voor andere toepassingen geschikt maken (380 kV voor power plants, 10-20 kV en breedbandiger voor tuinders, etc.).
 - PMUs: test- en kalibratieopstelling.
 - Opstelling voor lighting/switching impuls (KEMA, fabrikanten), tot 500–700 kV of 2–4 MV.
- Ecodesign/Efficiëntie:
 - Faciliteit ontwikkelen voor standby power.
 - Faciliteit ontwikkelen voor efficiency van power converters.
 - Complexe vermogensmetingen voor bijv. verlichting (SSL) en efficiëntie (breedbandig vermogen tot 1 MHz).
- Sampling:
 - Introduceren van samplingtechnieken bij andere DCLF-deelgebieden.
 - Link van AC Josephson naar andere deelgebieden sterker maken (incl. uitbreiding van ranges).
- Andere energiegerelateerde gebieden:
 - Zoals elektrisch vervoer, HVDC (DC energietransport), zonnecellen, windmolens en andere zaken, die spelen bij energieleveranciers en -transporteurs.

Hoogfrequent Elektriciteit (HF)

Missie

Gezien de huidige, snelle, technologische ontwikkelingen en bijbehorende vragen in de markt op het gebied van HF-metingen en -toepassingen richt de basisfaciliteit Hoogfrequent Elektriciteit zich voor de periode 2016 – 2019 op het versterken van de nationale en internationale herkenbaarheid. Voor EM-velden wordt gestreefd naar het behouden van de huidige positie op nationaal en internationaal vlak.

Voor zowel HF als EM wordt niet gestreefd naar het uitbreiden van bestaande meetbereiken, maar naar het vergroten van de bestaande kalibratiemarkt en het betreden van nieuwe marktsegmenten, zoals onder andere de ruimtevaart, halfgeleider- en nano-elektrotechnologie-industrieën.

Visie

Door de nieuwe technologische ontwikkelingen zal de vraag naar gespecialiseerde kalibraties en consultancy naar verwachting toenemen. Er liggen voor HF kansen door genoemde nieuwe marktsegmenten te gaan voorzien van hoogwaardige precisieingen voor high-end systemen, kalibratiesoftware en specialistische trainingen. Er zijn in de afgelopen jaren grote stappen gezet op het gebied van automatisering, kalibratienauwkeurigheid en high-end systemen. Op het gebied van S-parametermetrologie deelt VSL een gezamenlijk interesse met de Technische Universiteit Delft.

Nationaal is de basisfaciliteit HF het referentie-instituut voor precisieingen. Het huidige niveau van de kalibratiediensten zal worden verbeterd om aan de behoeften van de Nederlandse en internationale industrie te voldoen. Daarnaast wordt het toepassingsgebied verbreed (met gebruik van de bestaande meetfaciliteiten) om te kunnen beantwoorden aan de vragen uit nieuwe marktsegmenten.

Internationaal wil VSL een waardevolle speler blijven binnen Europa. Op het gebied van S-parameter metrologie behoort METAS tot de wereldwijde top. Binnen de EU behoort VSL bij de top 4, met daarnaast nog NPL en PTB. Het doel is om samen met METAS een HF 'center of excellence' te vormen, waarmee zowel binnen de EU als wereldwijd de concurrentiepositie wordt versterkt. Op het gebied van HF vermogen VSL realiseert momenteel de herleidbaarheid extern. PTB is hier de topspeler, VSL een gemiddelde speler. Voor de periode 2016 – 2019 zal op internationaal niveau een waardevolle en herkenbare bijdrage worden geleverd op het gebied van HF en EM-velden door actieve deelname in EMPIR en Horizon 2020 projecten.

Markt

De marktvoor vraag voor herleidbaarheid bij VSL omvat HF vermogen, verzwakking, impedantie en EM-velden. Hierbij wordt voor HF vermogen, impedantie en verzwakking herleidbaarheid extern gerealiseerd. Er is vraag naar een breed bereik in waarden (ca. 6 decaden per grootte) en frequenties (DC tot 50 GHz), waarbij de gevraagde onzekerheid typisch een factor 2 tot 5 beter is dan die van de geaccrediteerde kalibratielaboratoria.

Gezien de internationale marktvoor vraag op het gebied van HF impedantie en verzwakking (S-parameter) is ervoor gekozen om herleidbaarheid voor deze faciliteiten intern te realiseren, waarbij tegelijkertijd aanzienlijke kosten voor externe herleidbaarheid worden bespaard. Er zijn momenteel twee primaire faciliteiten in ontwikkeling voor het realiseren van deze herleidbaarheid. Hiermee wordt gestreefd naar een zichtbare internationale positie op het gebied van S-parameter metrologie tot 50 GHz. Als gevolg wordt een toename in de internationale marktomzet verwacht. Verder wordt de meetfaciliteit uitgebreid naar nieuwe marktsegmenten als nano-elektrotechnologie. Hiermee wordt gestreefd om nieuwe, mogelijke klanten te kunnen bedienen zoals ESA, NXP en NanoLab.

Naast het verlenen van bestaande kalibratiediensten bieden de nieuwe, technologische ontwikkelingen in de markt kansen op het afzetten van gespecialiseerde, hoogwaardige kalibratie- en onzekerheidssoftware. In dit kader zijn momenteel twee softwareprogramma's in ontwikkeling, namelijk voor HF vermogen en voor S-parametermetrologie. Door middel van trainingen zal deze kalibratie- en onzekerheidssoftware in de markt worden geïntroduceerd.

Het gebied EM kent een aantal magneet- en elektrische-veldmeetfaciliteiten. Laagfrequent magneet- en elektrische-veldfaciliteiten zijn uniek binnen de Benelux, met een constante kalibratie-omzet. Kalibratiediensten worden geleverd op primair niveau met zeer lage onzekerheden. Een minder essentiële meetfaciliteit is de EM-veldenstandaard. Deze meetfaciliteit levert zeer lage onzekerheden, maar is gelimiteerd tot een meetbereik tot 3 GHz, terwijl kalibratielaboratoria tot veel hoger frequenties kunnen meten. Er is daarnaast een markt vraag voor magneetfluxkalibraties, magneetmateriaal (B-H curve) kalibraties, EM-veld shielding-efficiëntie testmetingen en immunity-testmetingen van elektronisch apparatuur. Het opnemen van dergelijke meetdiensten zal leiden tot een hogere kalibratie omzet. Herleidbaarheid wordt verzorgd voor de Nederlandse markt, met geaccrediteerde kalibratielaboratoria (DARE, KLM), en een tevens voor enkele buitenlandse NMI's (Frankrijk, Brazilië).

Op het gebied van EM wordt de meeste ontwikkeling voorzien bij de industriële en testlaboratoria. Ook is er de vraag naar kalibratie van specialistische meetapparatuur voor verificatiemetingen in service- en testcentra, voor kwaliteitsborging van apparatuur en voor metingen van blootstelling van apparatuur en personen aan elektromagnetische velden.

Beheer en Key Comparisons

De basisfaciliteit HF elektriciteit kent twee meetfaciliteiten: S-parameter en vermogens. Op het gebied van HF vermogen wordt een kalibratiedienst op secundair niveau geleverd, waarbij externe herleidbaarheid via NPL wordt gerealiseerd. Voor HF vermogen zijn grote stappen voorwaarts gezet op het gebied van kennis en automatisering. Er is nieuwe kalibratie- en onzekerheidssoftware in ontwikkeling voor de faciliteit, waarmee een aanzienlijke besparing in beheer- en kalibratietijd wordt verwacht.

Gezien de internationale markt vraag op het gebied van HF impedantie en verzwakking (S-parameter metingen) is ervoor gekozen om herleidbaarheid voor deze faciliteiten intern te realiseren, waarbij tegelijkertijd kosten voor externe herleidbaarheid worden bespaard. Er wordt momenteel gewerkt aan twee primaire meetfaciliteiten, die in de toekomst opgenomen worden in het standaard beheer. Hierdoor wordt het mogelijk om met de S-parameter meetfaciliteit op een primair niveau kalibratiediensten te verlenen.

Gezien de grote stappen in het ontwikkelen van kalibratie- en meetsoftware voor zowel de S-parameter als vermogens meetfaciliteit, wordt het uitvoeren van beheer activiteiten aanzienlijk efficiënter. Tegelijkertijd zijn twee primaire faciliteiten in ontwikkeling. Gezien de verwachte efficiëntie in het beheer van HF standaarden, zullen geen extra beheer uren nodig zijn voor het opnemen van deze twee nieuwe, primaire diensten.

Innovatie

In het SBO-ontwikkelingsprogramma van HF worden de volgende ontwikkelingen verwacht bij de primaire en afgeleide standaarden in de periode 2016 – 2019 om aan de vragen uit de markt te kunnen voldoen (in volgorde van prioriteit):

HF-faciliteiten

- a. Gezien de grootte van de nationale en internationale markt is ervoor gekozen om de beschikbaar onderzoeksmiddelen te focussen op S-parametermetrologie. Er wordt niet gestreefd naar het verhogen van het frequentiebereik, echter wordt nadrukkelijk focus gelegd op het verbeteren van onzekerheden en verbreden van het toepassingsgebied, zoals het meten van actieve componenten en nano-elektronica componenten.
- b. De basisfaciliteit HF vermogen heeft een volledige systeemautomatisering ondergaan. Hiermee is een aanzienlijke inhaalslag in kennis en efficiëntie bereikt. Het doel is nu om op secundair niveau de meetonzekerheid aanzienlijk te verbeteren. Er zal een nieuwe, door VSL bedachte, secundaire kalibratiemethode worden ontwikkeld, waarbij ongeveer hetzelfde onzekerheidsniveau als een primaire standaard wordt verwacht.
- c. Efficiëntere dataverwerking is een onderwerp met veel aandacht binnen de basisfaciliteit HF. Zoals gezegd heeft de groep sinds enkele jaren een aantal grote stappen voorwaarts gezet op het gebied van kalibratie- en onzekerheidssoftware. Gezien de efficiëntie wil HF deze software als high-end meetsysteem vermarkten. Hierbij aansluitend wordt gedacht aan het verlenen van cursussen en trainingen.

EM-velden faciliteiten

- a. EM biedt een bijdrage aan EMF-normen van niet-Ioniserende Straling. Een opkomende vereiste is het onderzoek van blootstelling veroorzaakt door smart-grid apparatuur en e-car oplaadpalen.
- b. VSL legt sterk de focus op het ontwikkelen en evalueren van kalibratiemethodes ter implementatie van IEC/ISO-normen. Een hoogwaardige EMC-faciliteit/laboratorium is voor de meeste industriële bedrijven een te dure of tijdrovende oplossing. Daarnaast is het in de meeste gevallen niet mogelijk grote of stationaire apparatuur op te sturen. Aangepaste methodieken en procedures zijn nodig voor de industrie op het gebied van EMC-testen. Nieuwe methoden (in-situ impedantie meetmethode), hardware (snelle reactie EM-sonde) en software (online onzekerheidsrekentools) worden ontwikkeld om het obstakel te overwinnen.

Prioriteiten

Voor wat betreft het ontwikkelen van nieuwe kennis wil HF verbreding van S-parameter metrologie naar andere marktsegmenten ondersteunen, zoals het meten van actieve componenten, interessant voor onder andere NXP en ESA, die grote spelers zijn in de halfgeleider- en ruimtevaartindustrieën. Verder zal S-parametermetrologie ingezet worden ter ondersteuning van lengtemetingen d.m.v. Surface Scanning Microwave Microscope (SCMM) en flowtechnologie. Tevens zou deelgenomen kunnen worden aan het vervolg EMPIR EMC-project.

Ioniserende Straling

Missie

Blootstelling aan Ioniserende Straling is schadelijk voor menselijk weefsel. Het meten van dosis (dosimetrie) is dan ook belangrijk op een verschillend aantal gebieden. Ioniserende Straling wordt voornamelijk in de gezondheidszorg toegepast in de behandeling (radiotherapie) van en diagnosestelling (radiologie) bij patiënten. Voor beide terreinen is herleidbaarheid naar een primaire dosimetriestandaard belangrijk. Bij diagnostische toepassingen wordt de dosis aan de patiënt zo laag mogelijk gehouden. Bij therapeutische toepassingen wordt een hoge dosis afgegeven aan (meestal) tumorweefsel. Vooral bij deze therapeutische toepassingen (radiotherapie) is het verkrijgen van een lage onzekerheid op de metingen essentieel.

Ook buiten de gezondheidszorg zijn er diverse gebieden waar werknemers blootgesteld worden aan ioniserende straling. Hier geldt dat de blootgestelde dosis zo laag mogelijk moet zijn. In verband met de stralingsveiligheid is met name de controle van de dosis waaraan werknemers worden blootgesteld belangrijk. De vereiste onzekerheid voor dit soort dosimetriscie metingen is niet heel belangrijk, wel de herleidbaarheid van deze metingen naar een standaard.

De technologie Ioniserende Straling (IO) ontwikkelt, beheert en levert herleidbaarheid naar dosimetrie-standaarden voor alle drie de deelgebieden (radiotherapie, diagnostiek en stralingsveiligheid). Voor de gebieden radiologie en stralingsveiligheid bestaat dit voornamelijk uit het onderhouden van de standaarden en het leveren van herleidbaarheid door middel van kalibraties aan bedrijven en stralingsveiligheidsdiensten. De middelen voor het beheer van de standaarden voor stralingsveiligheid komen ten laste van het SBO-contract. De financiële middelen voor de ontwikkeling van standaarden voor de radiotherapie komen voornamelijk uit het VWS-contract, dat via de radiotherapie-instituten in Nederland is geregeld.

De afgelopen 10 jaar hebben de R&D-projecten bij IO zich voornamelijk gericht op toepassingen binnen de radiotherapie. Innovaties gaan hier snel en de Nederlandse radiotherapie loopt hierin wereldwijd voorop. Er is de stap gemaakt van bestraling met uniforme velden naar dosisverdelingen, die de dosis in de tumor optimaliseren en de dosis in het gezonde weefsel minimaliseren. Dit heeft ertoe geleid dat de stralingsvelden, die in de radiotherapie gebruikt worden steeds verder af komen te liggen van de referentievelden, die voor kalibraties gebruikt worden. Daarom is er voor gekozen om de primaire standaard transportabel te maken, zodat on-site metingen in klinische bundels mogelijk zijn en de herleidbaarheidsketen beter geborgd is. Parallel hieraan is gewerkt aan het meten van 2D en 3D dosisverdelingen voor complexe dosisverdelingen.

Binnen de nucleaire geneeskunde worden sinds enkele decennia, radionuclide-oplossingen toegediend aan patiënten met als doel een hoge stralingsdosis aan de tumor af te geven. De laatste jaren is er gewerkt aan dose-guided molecular radiotherapy, waarbij de afgegeven dosis aan de patiënt gekwantificeerd wordt met behulp van metingen met PET-scanners. VSL werkt met VUmc aan een methode om deze PET-scanners herleidbaar te kalibreren.

Het hoofddoel van de technologie Ioniserende Straling is om nauwkeurige dosimetriscie herleidbaarheid te leveren voor (nieuwe) toepassingen van radiotherapie binnen de (Nederlandse) gezondheidszorg.

Visie

VSL richt zich op dosimetrie, waar PTB (Duitsland), NPL (UK) en LNE/LNAB (Frankrijk) de andere sterke spelers zijn. Ten opzichte van deze andere spelers springt VSL eruit in toepassingen en on-site metingen. Wereldwijd is NRC (Canada) nog een sterke speler. De huidige ontwikkelingen in de radiotherapie gaan in de richting van afbeelding tijdens bestraling en op basis hiervan het online aanpassen van de bestraling. Op deze manier zal de dosis in de tumor nog beter geoptimaliseerd kunnen worden en kunnen kritieke organen nog beter gespaard worden. Hierbij zal er steeds minder invloed zijn van de gebruiker op het behandelproces en zal de afbeeldingsmodaliteit een integraal onderdeel vormen van de bestralingsfaciliteit. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van MR guided radiotherapy, waarbij een lineaire versneller is geïntegreerd met een MRI scanner. De aanwezigheid van het magneetveld heeft een aanzienlijke invloed op de dosimetrie. Bestaande

protocollen en detectoren zijn niet meer toepasbaar. Een eerste klinische prototype is in 2014 in het UMC Utrecht geïnstalleerd. De verwachting is dat komende jaren MR guided radiotherapy op grotere schaal klinisch wordt geïntroduceerd. De komende jaren zal IO zich richten op het realiseren van herleidbaarheid (m.b.v. een watercalorimeter) voor dosimetrie in de aanwezigheid van een magneetveld.

Naast de ontwikkelingen voor bestralingsapparatuur, gebaseerd op fotonenbundels, worden er ook faciliteiten gebruikt, waarbij de bundel bestaat uit protonen. Deze manier van bestralen heeft vooral voordelen om gezond weefsel te kunnen sparen. De state-of-the-art protontherapie gebruikt een scanning pencil beam techniek, waarbij een kleine bundel (5 mm) gebruikt wordt om het tumorvolume te scannen. Investerings in dit soort complexe faciliteiten zijn hoog (in de orde van 100 M€). In Nederland is recentelijk gestart met de bouw van twee van deze faciliteiten. Daarnaast is de verwachting dat de bouw van twee andere faciliteiten binnenkort start. IO zal zich de komende jaren blijven richten op meettechnieken voor protontherapie.

Markt

Dosimetrie is belangrijk voor toepassingen binnen de radiotherapie, diagnostiek en stralingsveiligheid. Voor gebruik van bestralingsapparatuur in de gezondheidszorg moeten ziekenhuizen alle relevante metingen herleidbaar kunnen uitvoeren. Fabrikanten van bestralingsapparatuur moeten de specificaties en conformering aan internationale normen aantonen. Binnen de radiotherapie vinden de komende jaren veel innovaties plaats die vragen om nieuwe meetmethodes, herleidbare dosimetrie en standaardisatie. Vanwege de hoge investeringen, is het onmogelijk voor meetinstituten om in het eigen lab te beschikken over de nieuwste bestralingsfaciliteiten. VSL richt zich al sinds lange tijd op het op locatie kunnen meten met een primaire standaard. De Nederlandse radiotherapie loopt internationaal voorop. Veel innovaties van bestralingstechnieken vinden plaats in samenwerking met Nederlandse en Europese bedrijven (zoals PANalytical, Philips en Elekta). Dit zorgt ervoor dat VSL, ondanks de bescheiden omvang van de groep, goed mee kan met de internationale ontwikkelingen voor dosimetrietechnieken voor de nieuwste bestralingsapparatuur. Dit biedt niet alleen kansen om met de ontwikkelde meetmethodes de Nederlandse radiotherapie te ondersteunen (o.a. dosimetrieprotocollen voor MR guided radiotherapy en protontherapie en dosimetrie-audits), maar ook om, als onafhankelijke partij, fabrikanten van bestralingsapparatuur te helpen.

De introductie van MR guided radiotherapy vergroot de vraag naar apparatuur, die is gekarakteriseerd en gekalibreerd voor dosimetrie in de aanwezigheid van een magneetveld. Op dit moment zijn er niet of nauwelijks faciliteiten beschikbaar, waar dat gedaan kan worden. Bovendien zullen de klinische faciliteiten voornamelijk voor patiëntbehandeling gebruikt worden. Dit biedt mogelijkheden om in het kader van de ontwikkelingen op het gebied van MR guided radiotherapy diensten aan te bieden voor het karakteriseren van detectoren in de aanwezigheid van een magneetveld.

Sinds eind 2014 biedt VSL audits aan voor dosimetrie onder referentiecondities. Dit geeft radiotherapie-instituten de mogelijkheid om hun referentiedosimetrie te vergelijken met een onafhankelijk instantie. Dit zal worden uitgebreid worden naar audits, waarbij een complete dosisverdeling, gemeten in een antropomorf fantoom, wordt vergeleken met de resultaten van het te auditen instituut. Dit is niet alleen relevant voor de huidige bestralingsmethodes, maar ook voor de nieuwe technieken zoals MR guided radiotherapy en protontherapie. Een mogelijke stap daarna is om dit voor de nieuwe technieken niet alleen voor een statisch fantoom te doen, maar ook voor een dynamisch fantoom.

Vanwege de stap naar een behandeling die gebaseerd is op toegediende dosis (dose guided) zal de vraag naar herleidbaarheid voor Molecular Radiotherapy toenemen. Dit geeft de mogelijkheid om bijvoorbeeld kalibratiediensten voor PET-scanners aan te bieden, of voor sommige radionucliden kalibratiediensten voor dosis kalibratoren. Verder is de kalibratie van I-125 brachytherapiezaadjes een nieuwe dienst en de verwachting is dat vanaf 2016 VSL deze aan ziekenhuizen in België en Nederland kan aanbieden.

De komende jaren zullen vooral nieuwe diensten richting de nieuwe ontwikkelingen binnen de radiotherapie opgezet worden, terwijl de diensten voor stralingsveiligheid en diagnostiek op het

bestaande niveau worden gehandhaafd en waar mogelijk door kleine investeringen en/of slimme combinaties van technieken (bijv. KAP (Kerma Air Product) meters) zullen worden uitgebreid.

Beheer en Key Comparisons

Door automatisering is het beheer van de faciliteiten voor IO verregaand efficiënt gemaakt. De belangrijkste faciliteit voor IO is de Gammatronfaciliteit met Co-60 bundel. Deze faciliteit vormt de basis voor herleidbaarheid van de radiotherapie kalibraties en van de nationale dosimetrie protocollen. Ook in de toekomstige ontwikkelingen richting protontherapie en MR guided radiotherapy zal deze faciliteit een essentiële rol spelen. De hoeveelheid beheer (150 uur/jaar) weegt ruimschoots op tegen de belangrijke rol van deze faciliteit voor zowel de kalibratiemarkt, als in de R&D projecten, als voor de dosimetrie-auditdiensten.

De faciliteit voor mediumenergetische röntgenstraling (50 – 320 keV) en de DIR (stralingsveiligheid) faciliteit zijn voornamelijk belangrijk voor het bedienen van de markt voor kalibraties voor stralingsveiligheid en diagnostiek. Beide faciliteiten hebben voldoende marktomzet om ze op het huidige niveau van herleidbaarheid (primair) en onzekerheid te handhaven. Aangezien metingen met een primaire standaard grotendeels op dezelfde manier worden gedaan als metingen met een secundaire standaard, is er geen efficiëntiewinst te behalen, wanneer kalibraties voor deze faciliteiten op secundair niveau worden aangeboden. Voor de faciliteit voor laagenergetische röntgenstraling (10 – 50 keV) zal, vanwege afwijkende resultaten in een recente vergelijking en vanwege de lage marktvraag een keuze worden gemaakt tussen voortzetten op een lager niveau of geheel stoppen.

Innovatie

Gezien het belang van nauwkeurige metingen en gezien de te verwachten innovaties zal IO zich richten op onderwerpen op het gebied van radiotherapie. De komende jaren zal MR guided radiotherapy klinisch worden toegepast. VSL zal als eerste doel werken aan het realiseren van herleidbaarheid voor dosimetrie in de aanwezigheid van een magneetveld. Een tweede doel hierbij is de karakterisering van detectoren in de aanwezigheid van een magneetveld. Ook protontherapie wordt klinisch geïntroduceerd in Nederland. Herleidbaarheid voor kleine (scannende) protonbundels is nog niet gerealiseerd en VSL zal zich hierop richten. Verder zal er gewerkt worden aan het meten van verdelingen voor complexe velden, waarbij uitbreiding naar de nieuwste bestralingsmodaliteiten (protontherapie en MR-guided radiotherapy) een belangrijk onderdeel is. Tot slot zal er gewerkt worden aan een herleidbare meetmethode voor dose-guided molecular radiotherapy. De volgorde van de prioriteit van deze aan het EMPIR-programma gekoppelde onderwerpen is als volgt:

1. Herleidbaarheid voor MR-guided radiotherapy.
2. Herleidbaarheid voor protontherapie.
3. Meten van dosis verdelingen voor complexe velden.
4. Dose guided moleculaire radiotherapie.

De laatste jaren is er ook tijd besteed aan het ontwikkelen van een kalibratiefaciliteit voor I-125 brachytherapiezaadjes. De verwachting is dat deze ontwikkelingen in 2015/2016 zijn afgerond en dat er geen nieuwe onderwerpen zijn op het gebied van brachytherapie.

Prioriteiten

Het leveren van herleidbaarheid voor de radiotherapie is de belangrijkste meerwaarde van IO. Kijkend naar de nieuwste innovaties in de radiotherapie is het niet mogelijk om dat op secundair niveau te doen en tegelijkertijd deze meerwaarde te blijven leveren. Het meten van dosisverdelingen voor complexe velden is belangrijk, maar heeft een lagere prioriteit dan het leveren van herleidbaarheid voor de nieuwste bestralingsmodaliteiten (MR guided radiotherapy en protontherapie). Moleculaire radiotherapie is een kleiner veld dan externe bundel radiotherapie.

De primaire standaard (watercalorimeter) is op orde en in principe geschikt om in de toekomst herleidbaarheid voor nieuwe modaliteiten te leveren. Om hier diensten aan te koppelen (zoals klinische audits) zouden er meer meettechnieken voorhanden moeten zijn. Ideaal is dan dat een audit plaatsvindt zonder bezoek (postal audit). Daarom zou kennis van passieve detectoren (zoals 3D radiochromic dosimeters, alanine of TLD) vergroot moeten worden om een grotere markt te kunnen benaderen en om een completer product aan te bieden. Dit is de richting, waarin in de toekomst geïnvesteerd zou moeten worden.

Massa, Druk en Viscositeit

Missie

De technologie Massa, Druk en Viscositeit (MDV) levert internationaal erkende herleidbaarheid aan het Nederlandse en in mindere mate Europese bedrijfsleven door middel van kalibraties van artefacten en meetinstrumenten en voor viscositeit door middel van het leveren van referentiematerialen. Hiermee stelt MDV haar klanten in staat meetresultaten op het gebied van massa en gerelateerde grootheden herleidbaar te maken en te voldoen aan wettelijke en contractuele vereisten.

Naast de dienstverlening door middel van kalibraties verzorgt MDV ook ringvergelijken (PT-schema's), trainingen en advies. De PT-schema's stellen deelnemers in staat de kwaliteit van hun meetresultaten te borgen. Activiteiten op het gebied van training en advies zijn gericht op het ondersteunen van klanten en relaties bij meetvraagstukken binnen het vakgebied.

Visie

VSL is een gemiddelde speler binnen Europa, met een dienstenpakket toegesneden op de marktbehoeften binnen Nederland. Op het gebied van viscositeit is VSL de sterkste speler in Europa. De enige andere speler wereldwijd is een commercieel bedrijf (Cannon, VS). VSL wil de deelgebieden Massa en Viscositeit op het huidige niveau handhaven. Voor Druk wil VSL een uitbreiding van het meetbereik naar lagere drukken realiseren, gekoppeld aan een verlaging van de meetonzekerheid om ook in de toekomst de markt te kunnen bedienen. Daarnaast zoekt de technologie synergie met andere technologieën (onder andere Chemie en Strooming) ter verbetering van de desbetreffende meetstandaarden en kalibratiemethoden.

Markt

Bij MDV worden relatief veel kalibraties voor de Nederlandse industrie en overheid uitgevoerd (o.a. Tradinco, TNO, Mettler Toledo, Defensie). De omvang van de vraag naar zogenaamde 'minder nauwkeurige' kalibraties blijft afnemen, omdat ze overgenomen worden door Nederlandse geaccrediteerde kalibratielaboratoria. De behoefte aan kalibraties in het lage-drukmeetgebied met lagere onzekerheden dan we nu kunnen realiseren neemt echter toe. De vraag naar nationale ringvergelijkingen is stabiel en nodig ter onderbouwing van de accreditatie van Nederlandse laboratoria.

Op het gebied van Newtonische referentie-oliën voor viscositeit is VSL binnen Nederland nagenoeg de enige leverancier, voor niet-Newtonische materialen zijn er geen herleidbare standaarden. Het EMRP project ENG59 waarin VSL samen met o.a. Shell zoekt naar dergelijke herleidbaarheid is dan ook van groot belang en verwacht wordt dat naar aanleiding hiervan ook in de verf-, voedings-, medische en cosmetica-industrie de behoefte aan herleidbare niet-newtonische referentievloeistoffen zal ontstaan. Hierbij speelt de kennis van MDV een belangrijke rol.

VSL heeft er binnen de basisfaciliteit MDV voor gekozen om de extreme meetgebieden over te laten aan andere Europese standaardlaboratoria, indien deze services ook daadwerkelijk voor Nederlandse instellingen beschikbaar zijn. VSL concentreert zich op de vraag naar kleinere (meet)onzekerheden en een toenemende vraag naar het meten aan specifieke objecten (injectiespuiten, gascilinders, vloeistof vials) of het meten onder speciale omstandigheden. Hieraan levert MDV een belangrijke bijdrage zoals lopende projecten aantonen (o.a. een robot voor het gravimetrisch bereiden van vloeistofmengsels en het ontwikkelen van een multifunctionele robot voor het wegen van massastukken, drukschijven en 10L gascilinders).

Beheer en Key Comparisons

VSL zal de positie van de basisfaciliteit MDV als intermediair tussen de nationale en internationale metrologische infrastructuur in de komende periode verder verstevigen, o.a. door middel van een actieve rol in de (nationale) Technische Commissie Druk en door middel van contacten met de bedrijven waarbij viscositeit gemeten wordt.

Bij Massa wordt de Nederlandse kilogram Ptlr53 beheert en diverse sets met daarvan afgeleide roestvaststalen werkstandaarden (1 mg – 20 kg). Daarnaast worden de handmatige en automatische balansen onderhouden waarmee kalibraties worden uitgevoerd. Het beheer voor Massa zal gericht

zijn op het handhaven van de onzekerheden, zodat ze blijven voldoen aan de in 2007 verkregen verbeterde CMC's (OIML R111 klasse E1).

Bij Viscositeit worden de sets met viscosimeters en bijbehorende ijkoliën beheerd inclusief de thermostaatbaden waarin de metingen plaatsvinden. Het werkgebied viscositeit wordt gecontinueerd en de efficiëntie van routinematige kalibraties voor referentie-oliën zal worden verbeterd door automatisering van de opstelling.

Voor het beheer bij Druk beschikt VSL over een serie piston-cilinder-combinaties, sets met massastukken en -schijven alsmede automatische en handmatige drukbalansen. De CMC's voor Druk zullen verbeterd worden om beter aan te sluiten bij de scherpere eisen vanuit de markt. Gestreefd zal worden naar vergroting van de efficiëntie bij het uitvoeren van de metingen

Voor de komende vier jaar wordt verwacht dat er gemiddeld aan circa 1 nieuwe key comparison per jaar wordt deelgenomen.

Innovatie

De aandacht gaat uit naar het verbeteren (lagere onzekerheden, efficiënter kalibreren) van de meetfaciliteiten. Tevens is de afgelopen jaren duidelijk gebleken dat de Nederlandse industrie behoefte heeft aan een VSL waar de kwaliteit van de uitgevoerde kalibraties voorop staat en aangesproken kan worden als kenniscentrum voor toegepaste metrologie en kwaliteit. Om aan de vraag van de Nederlandse industrie te kunnen blijven voldoen dienen er de komende jaren een aantal concrete werkzaamheden te worden uitgevoerd:

- Uitbreiden van het lage meetgebied, $P < 15 \text{ kPa}$, $\pm (5 \text{ mPa} + 30 \text{ ppm})$, voor Druk met bijbehorende lagere onzekerheden en verkrijgen van een nieuwe CMC op dit gebied,
- Het verder automatiseren van routinematige drukkcalibraties,
- Uitwerken van samenwerking met andere faciliteiten binnen VSL (Chemie, Strooming) en andere meetinstituten (SMD, IPQ),
- Toepassen van de weegrobottechniek van de basisfaciliteit Chemie voor de multifunctionele robot voor 20 kg,
- Onderzoek naar niet-Newtonische referentievloeistoffen (onder EMPIR).

Prioriteiten

De prioriteiten liggen bij de faciliteiten Massa en Druk, omdat diverse andere afdelingen deze grootheden nodig hebben en kunnen profiteren van zowel interne herleidbaarheid (korte lijnen) als beschikbare kennis. Het vergroten van de kennis op het gebied van niet-Newtonische referentiematerialen is zeer belangrijk, aangezien het overgrote deel van de laboratoria die viscositeit meten dat doen aan niet-Newtonische stoffen. Voor Newtonische Viscositeit en Dichtheid hoeft dan binnen SBO alleen een geminimaliseerde basis over te blijven.

Lengte

Missie

De technologie Lengte levert internationaal erkende herleidbaarheid aan het Nederlandse en Europese bedrijfsleven door middel van kalibraties binnen de volgende deelgebieden: optische frequentiestandaarden, klassieke geometrie (o.a. eindmaten, diameterstandaarden en streepmaten), landmeetkunde en micro- nanometrologie.

Visie

Binnen Europa heeft VSL één van de breedste pakketten in de dienstverlening t.b.v. Nederlandse maakindustrie, vergelijkbaar in omvang met PTB (Duitsland). Op het focusgebied van nano-micrometrologie werkt VSL samen met een drietal andere sterke NMI's in Europa: PTB (Duitsland), NPL (UK), METAS (Zwitserland). Wereldwijd behoren NIST (USA) en NMIJ (Japan) in dit gebied tot de top. De combinatie van een breed dienstenpakket en top in nano/micrometrologie is uniek in Europa.

Het meeste onderzoek heeft de laatste jaren plaatsgevonden binnen het speerpunt micro- en nanometrologie. Als resultaat beschikt VSL nu over diverse nieuwe en verbeterde meetopstellingen: de micro-coördinatenmeetmachine (micro-CMM) Zeiss F25, de Fabry-Pérot interferometer, de picodriftinterferometer en twee Atomic Force Microscopen (AFM's). Om aan te sluiten bij de toenemende vraag vanuit de markt is het noodzakelijk dat deze instrumenten zo efficiënt mogelijk ingezet kunnen worden voor kalibraties. Voor wat betreft meetbereik en meetonzekerheid dient VSL bovendien tot de internationale top te behoren. Naast de doorontwikkelingen die hiervoor nodig zijn, zal nieuw onderzoek noodzakelijk blijven om de voortdurende technologische ontwikkelingen in de nano- en precisietechnologie bij te blijven. Qua technieken wordt hierbij de focus gelegd op AFM en optische methoden voor contactloos meten.

Naast de hierboven beschreven ontwikkelingen wil VSL de goede nationale en internationale positie op de andere deelgebieden behouden en verstevigen. Hiervoor zal verdere ontwikkeling van bestaande faciliteiten en het participeren in ringvergelijkingen noodzakelijk zijn.

Markt

Een belangrijke markt voor VSL is die van de high-end dimensionele kalibraties. Het betreft hier enerzijds kalibraties, die weliswaar tot de standaard portefeuille behoren, maar waarbij de meetonzekerheid of het meetbereik geenszins standaard is. Anderzijds richt VSL zich in dit marktsegment juist op het oplossen van zeer complexe meetvraagstukken, waarbij de benodigde creativiteit in de toepassing van de beschikbare meetmiddelen kenmerkend is. In het verlengde hiervan ligt het nog deels onontgonnen terrein van de productmetingen en het kalibreren van referentiestandaarden die in productielijnen worden toegepast. Binnen dit marktsegment bedient VSL voornamelijk RvA- en kalibratielaboratoria, overheidsinstellingen en de maak- en precisie-industrie.

VSL identificeert de belangrijkste groeimarkten voor de komende jaren binnen de nanometrologie, met o.a. toepassingen in de halfgeleiderindustrie en de nanobiotechnologie, met in het verlengde daarvan de biomedische sector. Specifiek kan gedacht worden aan het kalibreren van 3D nanostructuren met bijvoorbeeld AFM of optische technieken zoals scatterometrie. Daarnaast is er een toenemende vraag naar het karakteriseren van AFM probes en van referentiestandaarden, en het kalibreren en certificeren van synthetisch en biologisch referentiemateriaal in de vorm van nanodeeltjes. Hierbij wordt ook een goede kennis van de dimensioneel gerelateerde materiaaleigenschappen steeds belangrijker.

Beheer en Key Comparisons

De praktische realisatie van de nationale standaard voor lengte is de golflengte in vacuüm van een jodium-gestabiliseerde helium-neonlaser die via de frequentiekamgenerator gekoppeld is aan de standaard voor tijd. Zowel de standaardlasers als de frequentiekam worden gebruikt voor de herleidbaarheid van de andere geometrische meetmiddelen in beheer. Voornamelijk vanwege hun stabiliteit is de benodigde inspanning voor beheer van de optische frequentiestandaarden jaarlijks zeer gering. Het biedt aldus geen economische voordelen de primaire herleidbaarheid elders te betrekken, te meer omdat de frequentiestandaarden ook direct worden toegepast voor kalibraties van

o.a. laserinterferometers. Het is de verwachting dat er de komende jaren geen significante investeringen nodig zijn om de primaire standaard te kunnen blijven realiseren.

De belangrijkste faciliteiten voor het marktsegment high-end kalibraties – gebaseerd op de mate van toepassing voor klantkalibraties – zijn de eindmaatinterferometers en -comperatoren, de coördinaten meetmachine en rondheidsmeter voor diameterstandaarden, en de opstelling voor streepmaatkalibraties. Hiertoe behoren ook de diverse (mobiele) laserinterferometers. De 50 m lengtmeetbank is eveneens een belangrijke faciliteit voor o.a. de kalibraties van laserinterferometers, bandmaten en laserafstandsmeters. Hiernaast wordt, met name voor de niet-routinematige kalibraties en consultancy- en R&D-opdrachten, gebruik gemaakt van de faciliteiten voor hoognauwkeurige interferometrie (Fizeau, Fabry-Pérot, picodrift-interferometer) en van de micro-CMM en de AFM's. VSL beschikt op dit moment over twee AFM's: de primaire AFM, waar een lange-slag translatiemechanisme wordt gecombineerd met het meten in 3D en een secundaire AFM, waarop aan grotere substraten gemeten kunnen worden en waarmee in vloeistof gemeten kan worden. Om het hoge niveau van kalibraties te kunnen blijven aanbieden zullen op korte tot middellange termijn enkele investeringen moeten worden gedaan. Het betreft hier specifiek de vervanging van de coördinaten meetmachine en de lasers van de eindmaatinterferometers.

Uit ervaring is gebleken dat het voor de high-end kalibraties belangrijk is om over een uitgebreide portefeuille van instrumenten en diensten – en daarmee oplossingsmogelijkheden – te beschikken. Het is dus niet aan de orde om reeds beschikbare faciliteiten te termineren, ook omdat dit door de afhankelijkheid tussen de verschillende faciliteiten tot een onevenredige teruggang in het aanbod van diensten zou leiden. Diensten die min of meer los van de rest stonden, zoals dynamische lengtemetingen, ruwheidheids- en hardheidsmetingen, zijn reeds gestopt. Het is wel zo dat er een continu streven is om het beheer zo efficiënt mogelijk uit te voeren, bijvoorbeeld door gebruik te maken van andere, reeds aanwezige faciliteiten, waarop het beheer sneller en eenvoudiger kan worden gedaan. Een dergelijke efficiëntieslag is ook noodzakelijk om nieuwe faciliteiten, zoals de picodrift-interferometer en de AFM's, in beheer te kunnen nemen bij een gelijkblijvend inspanningsniveau voor het basisbeheer.

Het participeren aan de Key Comparisons zal de komende jaren vooral gericht zijn op de noodzakelijke waarborging van de kwaliteit van bestaande diensten, alsmede op het uitbreiden van het meetbereik en het verlagen van de meetonzekerheid. Ook voor nieuw aan te bieden diensten zal aan ringvergelijkingen worden deelgenomen als onderbouwing van de accreditatie (BIPM en RvA), wanneer deze door de markt verlangd wordt. Hiernaast zal VSL participeren aan ringvergelijkingen om de ontwikkeling in groeigebieden, zoals nanometrologie, te ondersteunen. Deze vergelijkingen zijn niet primair gericht op het verkrijgen of verbeteren van CMC's, maar vooral op het identificeren en adresseren van belangrijke onderzoeksvragen.

Innovatie

VSL zet de komende jaren in op de verdere ontwikkeling van bestaande opstellingen om direct te kunnen inspelen op vragen uit de markt voor high-end kalibraties wat betreft meetmogelijkheden en meetonzekerheid. Ook het efficiënter kunnen leveren van diensten en uitvoeren van beheer – door bijvoorbeeld automatisering – is hier aan de orde. Voorbeelden zijn het snel kunnen kalibreren van verschillende optische referentie-charts op de micro-CMM, het uitbreiden van de functionaliteit van de rondheidsmeter om naast rondheid ook rechtheid, haaksheid en cilindriciteit te kunnen meten, en het toevoegen van een tweede as aan de streepmaatopstelling. Het betreft in alle gevallen kortlopende projecten van enkele maanden tot maximaal een jaar om een snelle toepassing voor klantkalibraties te kunnen realiseren.

De grotere meerjarenprojecten, in de regel uitgevoerd als Europese samenwerkingsprojecten in het kader van EMPIR of Horizon 2020, zullen voornamelijk ingericht worden voor research op twee fronten. Ten eerste zal verder worden ingezet op AFM, met als belangrijkste thema's het verder ontwikkelen van het 3D meetconcept en het verhogen van de positie-nauwkeurigheid van de primaire AFM, gericht op het meten van proceskritieke parameters voor de halfgeleiderindustrie zoals lijnbreedte, 'line edge roughness' en 'side wall angle' in. Hierbij wordt gestreefd naar een zich op internationaal niveau onderscheidend onzekerheidsniveau. Ook wordt het onderzoek ten behoeve van de kalibratie van zowel synthetische als biologische nanodeeltjes voortgezet. Voor zowel de

nanostructuren als de nanodeeltjes zal het onderzoek zich ook richten op de optische en mechanische materiaaleigenschappen.

De tweede onderzoekslijn bestaat uit optische karakterisatiemethoden, waarmee onder EMRP en EMPIR reeds een start is gemaakt met scatterometrie en ptychografie. Met dergelijke technieken worden objecten en systemen optisch gekarakteriseerd door middel van gestructureerde belichting en de daaraan gekoppelde detectie, met behulp van geavanceerde inversie algoritmes. Op die manier kunnen bijvoorbeeld materiaaleigenschappen worden bepaald, afbeeldingsystemen worden gekarakteriseerd en microscopiebeelden worden gekwantificeerd. Ook zal binnen deze onderzoekslijn worden gewerkt aan 'vision' systemen, met interne toepassingen op bijvoorbeeld de micro-CMM en streepmaatopstelling voor accurate bi-directionele metingen.

De inzet op deze optische methoden is ingegeven door een duidelijke toename in de markt van het gebruik van dergelijke technieken, met bijvoorbeeld toepassingen in de halfgeleiderindustrie, voor optische beeldverzameling en -verwerking, en in de bio-medische sector. Contactloos meten is snel, minimaal invasief en daarmee ook toepasbaar voor 'inline' metrologie.

Er is een sterke wisselwerking tussen beide onderzoekslijnen. Enerzijds is men voor de herleidbaarheid van optische karakterisatiemethoden in de regel aangewezen op tactiele technieken, via bijvoorbeeld tactiel gekalibreerde referentiestandaarden; deze herleidbaarheid kan VSL intern realiseren: op de micrometerschaal met de micro-CMM en op de nanometerschaal met AFM. Anderzijds is voor bepaalde AFM vraagstukken een goede kennis van de materiaaleigenschappen essentieel, waarvoor bijvoorbeeld scatterometrie kan worden ingezet.

Prioriteiten

VSL richt zich de komende jaren duidelijk op het verstevigen van de positie in de markt van de high-end kalibraties. Hiertoe wordt het inspanningsniveau voor het basisbeheer en de Key Comparisons op hoofdlijnen gehandhaafd en moeten nieuwe ontwikkelingen (R&D) verder worden versterkt. Binnen de nanometrologie is de afgelopen jaren hoog nauwkeurige interferometrie een belangrijk thema geweest. Deze techniek wordt nu voor wat betreft de onderzoeksactiviteiten geïntegreerd in de onderzoekslijn optische karakterisering, waarbij de focus van het onderzoek verlegd is.

De mate waarin en de snelheid waarmee het hier beschreven onderzoek zijn weg naar toepassingen voor de markt zal vinden, zal onder meer afhangen van de omvang van het onderzoeksbudget. Bij toenemende mogelijkheden en budget zal VSL zich blijven richten op de twee voornoemde onderzoekspijlers en zich verder ontwikkelen met bijvoorbeeld de realisatie van een lange-slag, 3D translatiemechanisme met subnanometer positienauwkeurigheid voor grote standaarden, werkstukken en substraten (standaard wafers) gecombineerd met verschillende meettechnieken: scanning probe microscopie, CMM en diverse optische methoden.

Thermometrie en vochtigheid (TH)

Missie

De primaire missie van TH is om de Nederlandse industrie, geaccrediteerde kalibratielaboratoria, universiteiten, researchinstituten en ziekenhuizen te voorzien van herleidbaarheid naar internationale temperatuur- en luchtvochtigheidsstandaarden. Binnen VSL levert TH periodieke kalibraties van temperatuur- en luchtvochtigheidsensoren aan alle andere technologieën.

Deze missie zal de komende jaren niet substantieel wijzigen. De voornaamste marktomzet zal blijven komen van kalibraties voor de nationale industrie en instituten. Groei is mogelijk d.m.v. consultancy, training, cursussen en kalibraties buiten Nederland.

Visie

Temperatuur is een volwassen technologie met bewezen experimentele methodes, procedures en in-house know-how. Binnen Europa heeft VSL een van de grootste scopes voor contactthermometrie en op tevens het hoogste nauwkeurighedsniveau. De meest serieuze concurrentie komt van NPL. PTB is ook een sterke speler, maar alleen voor primaire standaarden en diensten (vaste punten en SPRTs). Buiten Europa zijn NIST (USA), NMIJ (Japan) en MSL (Nieuw Zeeland) de sterke spelers. Voor wat betreft Vocht heeft VSL binnen Europa een grote scope, op hetzelfde niveau als de beste NMIs, te weten NPL (UK), MIKES (Finland), INTA (Spanje), E+E (Oostenrijk). Buiten Europa zijn de sterke spelers NIST (USA) and NMIJ (Japan).

De komende jaren worden geen volkomen nieuw kalibratiefaciliteiten voorzien, maar wel het behoud van de bestaande faciliteiten en, voor sommige ervan, een verbetering van de meetonzekerheden met het oog op het bedienen van de behoeftes van sommige gemeenschappen (bijv. nanometrologie and oceanografie) en op het in stand houden van de 'afstand' tot de geaccrediteerde, secundaire kalibratielaboratoria.

Waar mogelijk zal worden geparticipeerd in EMPIR-projecten, zowel binnen de eigen gemeenschap, als binnen technologieën waarbij temperatuur en vocht een belangrijke ondersteunende rol in het onderzoek spelen (zoals bijvoorbeeld bij de Joint Research Projecten Energy Gases en Biogases).

Tot slot is het de bedoeling om een leidende rol te handhaven binnen de verschillende metrologische platforms (CCT and EURAMET TC-T). De ervaring is namelijk dat dit een voordeel oplevert in de zin van nationaal/internationaal netwerken en directe toegang informatie over trends nieuwe ontwikkelingen.

Markt

De nationale markt is redelijk stabiel en omvat de eerder genoemde Nederlandse industrie, geaccrediteerde kalibratielaboratoria, universiteiten, researchinstituten en ziekenhuizen. Vanwege de MRA (Mutual Recognition Arrangement) tussen de wereldwijde NMIs levert TH ook kalibratiediensten buiten Nederland (voornamelijk Duitsland, Engeland, Frankrijk en België).

Omdat over de afgelopen 30 jaar specialistische know-how en inzicht m.b.t. temperatuur- en vochtigheidsmetingen is opgebouwd, die aansluit bij de marktbehoefte, worden ook aanvullende diensten aangeboden zoals consultancy, training en cursussen. Het lijkt dan ook haalbaar om de marktinkomsten te vergroten d.m.v. advieswerk, technische beoordelingen voor de RvA en buitenlandse accreditatie-instanties en het nog beter onder de aandacht brengen van trainingen en cursussen. Ook moet de door VSL aangeboden uitgebreide kalibratiescope en meetbereiken, alsmede de korte doorlooptijden ertoe leiden dat meer klanten worden aangetrokken, zowel nationaal als internationaal.

Beheer en Key Comparisons

Prioriteiten: de breedte van de kalibratiescope is één van de sterke commerciële punten. VSL heeft een van de breedste scopes in Europa, inclusief goede onzekerheidsniveau's. De VSL-scope is zelf-consistent in de zin dat de primaire realisaties (gebaseerd op de ITS-90 vaste punten) herleidbaarheid verschaffen naar de secundaire diensten. In de afgelopen jaren zijn sommige diensten definitief gedisccontinueerd (Pt/Pd wire methode), omdat er geen directe inkomsten tegenover stonden, ofwel tijdelijk gedisccontinueerd (d.w.z. geen onderhoud gedurende 5 jaar), te weten de cryogene vaste

punten voor CSPRTs (Capsule Standard Platina Resistance Thermometer), de VPT (Vapour Pressure Thermometer) en de ICVGT (Interpolating Constant-Volume Gas Thermometer). Indien andere kalibratiediensten gestopt worden, dan heeft dit direct effect op de marktinkomsten.

Nieuwe diensten: er worden de komende jaren geen volstrekt nieuwe faciliteiten voorzien. De bestaande faciliteiten worden behouden en onderhouden en waar nodig en mogelijk wordt de meetonzekerheid verder verlaagd om voldoende voorsprong te houden op de geaccrediteerde secundaire laboratoria.

Onzekerheidsniveau: VSL heeft de beste CMC wereldwijd voor het watertripelpunt (0.01 °C) bevindt zich in de wereldwijde top 5 voor alle vaste punten van Ar (-189 °C) tot Zn (420 °C). In het algemeen zijn de klanten tevreden over de afgegeven meetonzekerheden, maar in sommige bereiken naderen de geaccrediteerde laboratoria VSL snel. Om deze reden moeten in sommige bereiken de onzekerheden verlaagd worden. Hierdoor behoudt VSL zijn noodzakelijke voorsprong en kan tevens in nieuwe behoeftes worden voorzien (zoals nanometrologie bij kamertemperatuur).

Efficiëntie: de afgelopen jaren is veel aandacht besteed aan het vergoten van de efficiëntie, o.a. d.m.v. automatisering. Veel metingen worden overdag opgestart en lopen automatisch door gedurende de nacht en in het weekend. Op dit gebied valt dan ook niet veel meer winst te verwachten.

Internationale herleidbaarheid: alleen voor één specifieke dienst (kalibratie van thermokoppels d.m.v. vergelijkende metingen in het bereik van 1090 °C tot 1550 °C) betreft VSL herleidbaarheid bij een ander NMI (PTB). In alle andere gevallen heeft VSL de primaire standaarden zelf in huis.

Innovatie

Voor 2016-2019 ligt de focus op:

- Sub-millikelvin temperatuurkalibratie d.m.v. vergelijkende metingen in het secundaire lab. Op dit moment bedraagt de meetonzekerheid hiervoor in het bereik van -80 °C tot 300 °C ongeveer 5 mK. Om aan de behoeftes van diverse gemeenschappen te voldoen (waaronder nanometrologie bij 20 °C, semiconductorindustrie bij 23 °C en oceanografie bij 2 tot 4 °C) en om de geaccrediteerde laboratoria voor te blijven zal deze onzekerheid verlaagd moeten worden tot onder de 1 mK. Dit vraagt om een betere controle van de badtemperatuur en een betere weerstandsbrug. De focus zal eerst liggen op het bereik van Hg tot Ga en zal later worden uitgebreid tot In. Het onderzoeken van de niet-uniciteit van de ITS-90 schaal zal hierbij een belangrijk onderdeel zijn, aangezien dit voor onzekerheden rond de 0.5 mK een dominante component begint te vormen in het totale onzekerheidsbudget.
- Dynamische luchtvochtigheidskalibratiefaciliteiten. Momenteel zijn alle kalibratiefaciliteiten gebaseerd op een conditie van vrijwel perfect thermodynamisch evenwicht. Dit garandeert een hoge meetnauwkeurigheid, maar vereist lange stabilisatietijden. Veel industriële toepassingen (bijv. semiconductorindustrie) vereisen metingen onder dynamische (non-evenwicht) condities. Het plan is om hiervoor een faciliteit te ontwikkelen binnen het EMPIR HIT project (looptijd: september 2015 tot en met augustus 2018).
- Vochtigheid- en waterdampversterkingsfactor voor biogassen (EMRP Biogases, looptijd: april 2014 tot en met maart 2017).
- Relatieve luchtvochtigheidsfaciliteit voor dauwpunttemperaturen boven 100 °C. Deze ontwikkeling sluit eveneens aan bij het genoemde EMPIR HIT project.

Prioriteiten

Ten aanzien van nieuwe onderwerpen zou ingezet moeten worden op het ontwikkelen van dynamische temperatuurkalibratiefaciliteiten. Alle huidige faciliteiten zijn namelijk alleen gericht op temperatuurevenwichtscondities.

Optica

Missie

De technologie Optica levert internationaal erkende herleidbaarheid naar de nationale meetstandaarden op het gebied van Fotometrie en Radiometrie. Naast het leveren van betrouwbare meetresultaten, zet de technologie de beschikbare metrologische expertise in voor het geven van advies op deze gebieden.

Visie

VSL wil ook in de toekomst de dienstverlening op de gebieden Fotometrie en Radiometrie blijven leveren met een portfolio dat is afgestemd op de ontwikkelingen in de Nederlandse en internationale markten. Wereldwijd is met name op het gebied van Photonica een duidelijke groei te zien. Hierbij focust VSL op de onderwerpen Lighting, Space en Solar. Deze passen binnen de VSL thema's High-End Equipment en Energie en zijn ook benoemd als innovatiethema's binnen de Topsector High-Tech Systemen & Materialen. Voor alle deelgebieden zijn betrouwbare en herleidbare metingen vereist. VSL wil hét instituut zijn voor de metrologie op het gebied van Lighting, Space en Solar om deze metingen te leveren. Binnen Europa zijn PTB (Duitsland), NPL (UK) en SFI Davos (Zwitserland) de sterke spelers. Wereldwijd zijn dit NIST (VS), NMIJ (Japan) en NLTC (China).

Markt

VSL levert herleidbaarheid en advies op het gebied van Fotometrie en Radiometrie aan het bedrijfsleven, kalibratielaboratoria en overheden (o.a. Philips, Dekra, Rijkswaterstaat). Naast deze Nederlandse markt worden er ook diensten geleverd op internationaal niveau (bijv. aan ESA). De dienstverlening bestaat grotendeels uit de kalibratie van lichtbronnen en detectoren. De grootheden die hierbij worden gemeten zijn spectrale irradiantie, spectrale responsiviteit, illuminantie responsiviteit, lichtsterkte, lichtstroom, radiant flux en kleurparameters.

Door de opkomst van solid-state lighting (SSL, op LED-gebaseerde bronnen), worden nieuwe eisen gesteld aan lichtbronkalibraties. Met de recent gerealiseerde 3 meter integrerende bol faciliteit bedient VSL de SSL markt met metingen van lichtstroom, radiant flux en kleurparameters. De dienstverlening wordt verder uitgebreid met de ontwikkeling van een nieuwe CCD-cameragebaseerde goniofotometer. Hiermee wordt een compleet dienstenpakket aangeboden aan de Nederlandse verlichtingsindustrie, kalibratielaboratoria en overheden op het gebied van Lighting.

Met het oog op ontwikkelingen in de Space markt, wordt de dienst op het gebied van spectrale responsiviteit van detectoren uitgebreid, door de golflengteschaal waarover wordt gekalibreerd uit te breiden van 1,6 μm naar 2,5 μm . Relevante partijen in Nederland zijn hierbij o.a. ESA, TNO, Airbus Defense & Space Netherlands en S&T.

Binnen het thema Solar wordt een robotgebaseerde faciliteit ontwikkeld voor het meten aan de spectrale responsiviteit van zonnecellen en electro-optische detectoren van 400-2400 nm. De dienst die hiermee primair zal worden ontwikkeld is het kalibreren van de spectrale responsiviteit van zonnecellen en fotodetectoren. Hiermee wordt ingespeeld op de toenemende vraag naar betrouwbaar, herleidbaar en hoekafhankelijk meten van zonnecellen. Relevante stakeholders op het gebied van Solar zijn o.a. ECN, Eternal Sun, Solliance, Holland Solar en Holst Center. Gezien de brede inzetbaarheid en flexibiliteit van deze faciliteit zal deze ook binnen de andere thema's inzetbaar zijn.

De diensten en interne herleidbaarheid die momenteel geleverd worden door de RAD3D opstelling zullen worden overgenomen door de nieuwe goniofotometerfaciliteit (Rigo), zodra aangetoond is dat hiermee vergelijkbare onzekerheden worden gehaald.

Beheer en Key Comparisons

De gebieden Fotometrie en Radiometrie zijn nauw verweven, waarbij Fotometrie herleidbaar is naar radiometrische standaarden. De schaal voor spectrale responsiviteit van detectoren wordt primair gerealiseerd met de absolute cryogene radiometer (ACR). Voor spectrale irradiantie is VSL herleidbaar naar NIST en vindt disseminatie plaats via intern gekalibreerde bronnen.

Op dit moment zijn de volgende faciliteiten in beheer:

- Absolute cryogene radiometer (primaire realisatie en detectorkalibratie)
- Spectrale irradiatiefaciliteit (lichtbronnen)
- Fotometriebank (lichtbronnen en fotometers)
- RAD3D goniometer (lichtbronnen, inclusief SSL)
- 3m Bol (lichtbronnen, inclusief SSL)

Deze faciliteiten worden alle gebruikt om de bij markt genoemde grootheden te meten. Met uitzondering van de 3m bol worden alle faciliteiten ingezet voor het leveren van herleidbaarheid naar een andere faciliteit. Als gevolg van bezuinigingen is er zeer recent gestopt met stralingsthermometrie. Hiervoor is gekozen vanwege de benodigde beheeruren, de relatief kleine markt en omdat deze faciliteit geen herleidbaarheid leverde aan andere faciliteiten.

Qua dienstverlening wil VSL het huidige niveau van onzekerheid op de gebieden Fotometrie en Radiometrie vasthouden, omdat deze goed aansluit bij de eisen van onze klanten. Sommige klanten wensen echter wel lagere onzekerheden voor specifieke meetbereiken, zoals Philips voor UV metingen. Voor spectrale irradiantie is verlaging van de onzekerheid tot het niveau van instituten als NIST of PTB gewenst om de Space markt te bedienen.

Een aantal faciliteiten wordt op dit moment ontwikkeld en zullen in de toekomst onderdeel uitmaken van het beheer. Dit zijn de nieuwe goniofotometer voor near-field metingen van lichtbronnen (Rigo), de faciliteit voor het meten van hoek-, temperatuur- en golflengteafhankelijke spectrale responsiviteit en de klimaatkamer voor levensduurmetingen voor SSL lichtbronnen, zonnecellen en fotodetectoren. De Rigo goniofotometer zal de plaats van de RAD3D goniometer in gaan nemen in de herleidbaarheidsketen, zodra aangetoond is dat hiermee vergelijkbare onzekerheden worden gehaald. Met RAD3D wordt dan gestopt.

Voor een aantal diensten waar, niet of nauwelijks vraag meer naar is (glansmetingen en laser power), heeft VSL nog CMCs. Hoewel deze diensten geen beheer vragen zullen deze worden afgestoten, omdat niet langer deelgenomen zal worden aan Key Comparisons op deze gebieden.

In 2015 is een aantal nieuwe CMCs aangevraagd voor de diensten waar recent een Key Comparison voor is gehouden (lichtsterkte en lichtstroom, spectrale responsiviteit in het infrarood, spectrale irradiantie, en kleurparameters).

De komende jaren zal naar verwachting niet meer dan 1 nieuwe Key Comparison per jaar starten, waarmee de inspanning wat lager zal liggen dan de afgelopen jaren.

Innovatie

De technologie Optica focust zich op de thema's Lighting, Space en Solar. Deze thema's passen binnen de op Europees niveau vastgestelde 'Grand Challenges' en sluiten aan bij de ontwikkelingen in de markt op het gebied van Fotometrie en Radiometrie. Binnen het thema Energie focust de technologie op de onderwerpen Solid State Lighting en op Solar Energy. Binnen het thema 'Environment and Climate Change' past de specialisatie op het gebied van 'Space' en aardobservatie. De drie thema's geven invulling aan het VSL speerpunt Radiometrie, waarop VSL zijn kennispositie verder wil versterken.

Vanwege de snelle ontwikkelingen op het gebied van solid-state-lighting (LED-verlichting, OLEDs) is er behoefte aan specifieke metrologische expertise op het meten aan deze nieuwe lichtbronnen, in het bijzonder in Nederland met een sterke industrie op het gebied van verlichting. Met de focus op het thema Lighting stelt VSL zich ten doel aan deze eisen te kunnen voldoen. Het gaat hierbij om het meten van irradiantie, lichtstroom, luminous flux, luminous efficacy, radiant flux, CCT, kleurcoördinaten, luminantie, lichtsterkte distributie, ray data, levensduur en elektrische parameters, van nieuwe (LED) lichtbronnen. Deze kunnen gepulst zijn en grote oppervlakken hebben en zijn spectraal sterk verschillend van gloeilampen. VSL speelt hierop in met de ontwikkeling van nieuwe faciliteiten (3 m integrerende bol en goniofotometer). Daarnaast ontwikkelt VSL een faciliteit voor het meten van verouderingseffecten van SSL voor testlaboratoria en SSL-fabrikanten.

De ontwikkeling van LED-bronnen zal naar verwachting op middellange termijn ook leiden tot het vervangen van gloeilampen door LED-bronnen als meetstandaard voor NMIs. Om zijn leidende positie te behouden op het gebied van SSL zal VSL bij hierin een actieve rol spelen.

Het thema Space speelt een grote rol als het gaat om milieu en klimaat. Betrouwbaar en herleidbaar meten is hierbij van groot belang, mede gezien de lange tijdschaal, waarover data vergaard en vergeleken moeten worden. VSL stelt zich ten doel door verlagen van onzekerheid (spectrale irradiantie), uitbreiding van meetbereik van spectrale responsiviteit naar het infrarood en het ontwikkelen van een filterradiometer, de dienstverlening te ontwikkelen en kennis en ervaring op te bouwen. VSL wil hiermee een zich onderscheidende partner worden voor de Nederlandse en Europese partijen die actief zijn op het gebied van Space.

Binnen het thema Solar wordt een faciliteit ontwikkeld waarmee de responsiviteit van zonnecellen en fotodetectoren als functie van de hoek en temperatuur nauwkeurig kan worden gemeten. Dit sluit aan bij vragen uit de markt om de opbrengst van zonnecellen beter en betrouwbaarder te kunnen meten en te voorspellen. VSL stelt zich ten doel deze dienst op de Nederlandse en Europese markt te kunnen leveren en ziet hiervoor goede kansen, omdat er tot nu toe slechts 1 partij is die deze diensten levert (PTB). De robotfaciliteit, die hiervoor wordt gerealiseerd, is zeer flexibel en daarmee ook inzetbaar binnen de andere thema's.

Prioriteiten

Uitgangspunt is dat om succesvol te kunnen zijn op de gekozen thema's, kritische massa en continuïteit van research en ontwikkeling tot het uiteindelijk leveren van een dienst van groot belang zijn. De inspanningen op de drie thema's zouden daarom moeten worden vergroot, zodat er meer snelheid gemaakt kan worden en de internationale positie verder wordt versterkt. Voor Lighting zal dan een extra inspanning worden geleverd op het gebied van LED-gebaseerde meetstandaarden. Voor Space gaat het hier om het (versneld) realiseren van herleidbaarheid van spectrale irradiantie en de kalibratie van aardobservatiespectrometers (golflengteschaal, spectrale respons functie, polarisatiegevoeligheid, niet-lineariteit). Voor Solar zal een extra inspanning worden geleverd voor metingen aan grote oppervlakken en aan organische zonnecellen.

Tijd en Frequentie (TF)

Missie

De basisfaciliteit Tijd en Frequentie voorziet in realisatie van de eenheden seconde en Hertz. Op basis hiervan wordt de officiële Nederlandse tijd UTC(VSL) gerealiseerd en wordt door middel van kalibraties herleidbaarheid in deze gebieden verschaft aan de Nederlandse industrie. Nauwkeurige tijd- of frequentiesignalen vinden een toepassing in onder andere navigatie, telecommunicatie, wetenschappelijk onderzoek en diverse operationele zaken. De tijd- en frequentiestandaarden zijn ook van groot belang voor de realisatie van diverse andere standaarden binnen VSL (waaronder de meter). Interne disseminatie vindt plaats ofwel via 10 MHz optisch (essentieel voor labs op de begane grond), ofwel via 10 MHz elektrisch (essentieel voor intern gebruik binnen TF).

Internationaal draagt VSL met 4 atoomklokken bij aan de realisatie van de gecoördineerde universele tijd (UTC). De kennis op het gebied van tijd en frequentie wordt ingezet in internationale onderzoeksprojecten, die gericht zijn op het verbeteren van tijd- en frequentievergelijk via satellieten of via glasvezels.

Visie

De komende jaren zal de nationale en internationale positie van de basisfaciliteit Tijd en Frequentie in grote lijnen op het zelfde niveau worden gehandhaafd. Kalibratiediensten blijven toegespitst op de behoefte van de Nederlandse industrie. Internationaal wordt de bijdrage aan de realisatie van UTC gehandhaafd. VSL concentreert zich op het vergelijken van atoomklokken. In Europe zijn VSL en LNE (Frankrijk) de sterke spelers op dit gebied.

Nieuwe ontwikkelingen worden voorzien in de vorm van dienstverlening door nauwkeurige tijdsignalen direct aan klanten te leveren via glasvezels. Daarnaast wordt voorzien dat er een concrete bijdrage geleverd gaat worden aan de inrichting en exploitatie van het Galileo Reference Center (GRC).

Markt

De Nederlandse markt voor de basisfaciliteit Tijd en Frequentie bestaat uit een tiental geaccrediteerde kalibratielaboratoria, die op een efficiënte manier de herleidbaarheid verder dissemineren naar overige toepassingen. VSL krijgt vrijwel geen vragen uit het buitenland voor kalibraties op het gebied van tijd en frequentie. Naast kalibraties van apparatuur wordt binnen Nederland ook op indirecte wijze in herleidbaarheid voorzien via het Time Service Bulletin, waarin gegevens worden gepubliceerd over GPS en DCF77 tijdsignalen.

De kalibraties omvatten:

- Stopwatch kalibrator (kan ook door geaccrediteerde labs worden uitgevoerd)
- Generatoren (AWG, HF, puls; essentieel om diverse golfvormen, pulsen (stijgtijd) en frequenties te genereren).
- Het aantal kalibraties op het gebied van stijgtijd is beperkt. Voor de VSL faciliteiten is herleidbaarheid voor stijgtijd (die nu van NPL wordt verkregen) niet essentieel.
- Counters (essentieel voor frequentie en tijdintervalkalibraties).
- Oscilloscopen (essentieel voor stijgtijd kalibratie, handig om problemen op te sporen, handig in onderzoeksprojecten, VSL-breed in te zetten). De snelle samplingoscilloscoop, die wordt ingezet voor stijgtijd en incidenteel in onderzoeksproject is aan vervanging toe.
- Spectrum analyzer (gedeeld met HF en EM-velden) (essentieel bij onderhoud aan het TWSTFT-systeem).

Circa eens per 2 jaar wordt er een ringvergelijk georganiseerd op het gebied van tijd en frequentie. De deelnemers hierin zijn ook overwegend Nederlandse bedrijven. Incidenteel zijn er ook deelnemers uit het buitenland.

De tijd- en frequentiestandaarden zijn noodzakelijk voor de realisatie van diverse andere standaarden binnen VSL, zoals de realisatie van de meter (lengte), de realisatie van gelijkspanning met de Josephsonstandaard (Elektriciteit), Ioniserende Straling, Chemie, Volumetrie en Viscositeit.

Met de ontwikkeling van nieuwe diensten zoals disseminatie van tijd en frequentie via glasvezel, kunnen nieuwe klanten worden bereikt, zoals: universiteiten, wetenschappelijk instellingen (ASTRON, Nikhef, SURFnet), telecombedrijven, netbeheerders voor elektriciteitsnetten en de financiële markt.

Een marktstudie naar de behoefte aan herleidbare timestamping (NTP of PTP) zou nuttig kunnen zijn. NTP wordt op dit moment vrij ter beschikking gesteld, zonder garantie op de service. NTP is essentieel voor synchronisatie van de TF-meetcomputers en handig voor externe gebruikers. Vervanging van de huidige server door een NTP/PTP-server is wenselijk.

Beheer en Key Comparisons

Essentieel binnen de basisfaciliteit TF zijn:

- De standaard voor de realisatie van de VSL seconde, Hertz en UTC(VSL):
 - 4 Cs klokken (atoomklokken zijn essentieel, maar de samenstelling van deze groep standaarden zou herzien kunnen worden).
 - Tijdschaalgeneratie (2 microphase steppers) en distributie (PPS en 10 MHz distributieversterkers, essentieel voor het genereren van de Nederlandse tijd).
 - Interne klokvergelijkingssystemen (scanner en time interval counter, eveneens essentieel).
- Internationale tijdvergelijkingssystemen (zorgt voor internationale herleidbaarheid):
 - TWSTFT (two-way satellite time and frequency transfer) systeem.
 - GNSS (global navigation satellite system) ontvangers. Een oudere GPS ontvanger wordt vervangen door een nieuwe die ook Galileo en GLONASS kan ontvangen.

De onzekerheden die worden behaald met deze standaarden en vergelijkingssystemen (circa 5 ns voor tijd en 2×10^{-13} voor frequentie, gemiddeld over één dag) zijn voldoende om de Nederlandse kalibratielaboratoria van herleidbaarheid te voorzien. Universiteiten (VU Amsterdam) en onderzoeksinstituten (ASTRON) hebben behoefte aan signalen die nauwkeuriger en/of stabiel zijn, ook over kortere middelingstijden. Om hierin te kunnen voorzien zijn andere typen atoomklokken vereist.

Gezien de huidige leeftijd van onze Cs klokken (> 20 jaar) moet een plan gemaakt worden voor vervanging van de klokken. Dat houdt in dat wanneer een Cs-buis van een klok op is, niet alleen de buis wordt vervangen, maar de volledige klok. Daarbij moet afgewogen worden of de huidige samenstelling van de groep met 4 Cs klokken moet worden behouden. Overwogen kan namelijk ook worden om 1 Cs klok te vervangen door een waterstof maser (H-maser). Deze is duurder in aanschaf, maar goedkoper in het onderhoud, omdat er geen buizen vervangen moeten worden. Bovendien heeft de H-maser een betere kortetermijnstabiliteit.

Verder kan met betrekking tot het beheer van klokken worden overwogen om samen te werken met andere organisaties (zoals KPN en Marine), die ook atoomklokken beheren. Hierbij kan gedacht worden aan een 'distributed clock ensemble'.

Ten aanzien van Key Comparisons geldt:

- VSL neemt deel aan het continu tijdvergelijk CCTF.UTC-K001, waarmee tevens de internationale herleidbaarheid wordt gerealiseerd. De data-acquisitie en verwerking is vrijwel volledig geautomatiseerd, waardoor dit op een efficiënte manier wordt uitgevoerd.
- Ter verificatie van de delay van de GNSS ontvangers wordt 1x per 5 jaar een vergelijk gedaan met een mobiele ontvanger. De volgende deelname is voorzien in 2017/2018.
- Ter verificatie van de delay van het TWSTFT systeem wordt 1x per 5 jaar een vergelijk gedaan met een mobiel TWSTFT station. De volgende deelname is voorzien in 2018/2019.

Innovatie

Internationaal zijn veel NMI's bezig met de ontwikkeling van optisch klokken en de verwachting is dat in 2021 de definitie van de seconde gewijzigd zal worden en dan gebaseerd zal zijn op een optische frequentie. VSL volgt deze ontwikkeling op afstand, maar draagt ook in de komende jaren niet actief bij aan deze ontwikkeling.

Op het gebied van tijdvergelijking via GNSS-satellieten zullen ook metingen verricht gaan worden aan tijdsignalen van GALILEO. Eén ontvanger is hiervoor al geschikt, een tweede zal worden aangeschaft.

Voor de dataverwerking maken we gebruik van software van externe partijen. De investering voor VSL blijft daardoor beperkt. Hiermee versterken we tevens onze positie om een rol te krijgen in de inrichting en exploitatie van het in Nederland te vestigen Galileo Reference Center.

White Rabbit/TF-disseminatie via glasvezel: deze ontwikkeling biedt mogelijkheden voor nieuwe vormen van dienstverlening waarmee ook een nieuwe markt kan worden bereikt. De technologie is nog niet voldoende uitontwikkeld om als commercieel product in de markt te zetten. Hiervoor trachten we aan te sluiten bij EMPIR of Horizon2020 projectvoorstellen. Het uiteindelijke doel is om binnen Nederland nauwkeurige tijd als service te kunnen aanbieden aan gebruikers via de bestaande telecomglasvezelinfrastructuur. De beoogde onzekerheid is 1 ns. In een eerste experiment op een verbinding tussen Delft en Amsterdam is aangetoond dat de technologie werkt. De volgende stap zou zijn om de technologie te implementeren in een netwerk met verschillende takken en meerdere eindstations. Om dit te realiseren ondersteunt VSL het werk in het STW project "SuperGPS: Accurate timing and positioning through an optical-wireless distributed time and frequency reference" van de VU Amsterdam en TU Delft. Binnen dit project wordt getracht een demonstratie uit te rollen binnen een experimenteel netwerk van KPN. Naast de technologieontwikkeling dient VSL een marktstrategie te ontwikkelen voor deze dienst en potentiële klanten te benaderen. De meeste potentiële klanten maken nu gebruik van GPS als bron van nauwkeurige tijdsignalen. Voor de klant moet duidelijk zijn wat de meerwaarde is van deze nieuwe technologie.

SatSim voor TWSTFT: deze lopende ontwikkeling is sinds 2012 afgebroken. Er is nog circa 200 uur nodig om dit project af te ronden. Daarna wordt dit systeem onderhouden in het beheer en worden geen verdere ontwikkelingen uitgevoerd. Met de SatSim wordt de delay van het TWSTFT-systeem gecontroleerd, waardoor herkalibratie minder vaak nodig is.

De meetopstellingen bij TF zijn al grotendeels geautomatiseerd. Er is behoefte aan uitbreiding en modernisering van het automatische alarmeringssysteem, dat medewerkers waarschuwt wanneer er een storing optreedt.

Prioriteiten

Bij het ontwikkelen van nieuwe kennis zou naar de volgende onderwerpen gekeken kunnen worden:

- Verdere ontwikkeling van nauwkeurige TF-signalen via glasvezels, eventueel gekoppeld aan de toepassing voor terrestrial based navigation (SuperGPS).
- Realisatie van een optische klok, maar dan in samenwerking met ander NMIs en/of een Nederlandse universiteit, die al aan dit onderwerp werkt.

Volumetrie – Lage druk gashoeveelheid (LD flow)

Missie

De missie van VSL LD flow is om te voldoen aan de marktvraag d.m.v. het verschaffen van herleidbaarheid en het faciliteren van R&D en consultancy binnen en buiten Europa.

Visie

De kracht van VSL LD flow is dat er een goede aansluiting is bij de behoeftes vanuit de markt. VSL behoort wereldwijd tot één van de betere meetinstituten voor wat betreft de kalibratieonzekerheid en heeft een uitstekende reputatie t.a.v. de meetbereiken en de verschillende types kalibraties die worden aangeboden. Deze combinatie biedt de marktpartijen de door hun gewenste mogelijkheid tot een zogenaamde 'one stop shop'. Sterke Europese concurrenten op het gebied van LD flow zijn TÜV NEL (UK, met name multifase), PTB (DU) en Force/DTi (DK). Wereldwijd zijn dit NIST (USA) en NMIJ (Japan).

Het is de verwachting dat er meer vraag komt naar nauwkeurige metingen, vanwege de wens voor meer efficiëntie, normconformatie (internationalisering van de markt, vanwege normconformatie mogen leveren aan derden) en regeldruk (wettelijk).

Markt

De diensten van LD gashoeveelheid kunnen worden onderverdeeld in de volgende categorieën:

1. Kalibraties en ringvergelijkingen.
2. Onsite kalibraties.
3. Metering review.
4. CMC certified.
5. Trainingen en cursussen.

Hieronder wordt kort per dienst behandeld wat voor type klanten ermee bediend worden en of sommige diensten juist versterkt dan wel verminderd kunnen worden.

1. Kalibraties en ringvergelijkingen

Van de kalibraties in het lab is het merendeel voor flow meter fabrikanten (~70%) en daarna voor eindgebruikers (~15%) en afgeleide kalibratielabs (~10%). De gewenste onzekerheid van de kalibratielabs is 'de best mogelijke' (~0,15%), terwijl de flow meter fabrikanten genoeg nemen met een iets hogere onzekerheid (~0,25%). Grofweg 15% van deze kalibraties is voor debieten lager dan 15 m³/h. Het is de verwachting dat de vraag naar kalibraties de komende jaren constant zal blijven.

2. Onsite kalibraties

Kalibraties onsite zijn vooral voor en afgeleide kalibratielabs en fabrikanten van o.a. testbanken. Deze dienst is onderscheidend voor LD gas flow en is over de afgelopen jaren gegroeid: jaarlijks worden enkele grote projecten uitgevoerd, e.g. GE Energy (VS), Inotech (Duitsland), PTT (Thailand), Brooks Instruments (Nederland en Hongarije), Sasol (Zuid Afrika), Gasum (Finland). Gezien de verwachte vraag naar meer nauwkeurige metingen en de geconstateerde groei de laatste jaren, wordt verwacht dat het aantal onsite kalibraties kan toenemen in omvang.

3. Metering review

Bij metering review moet men denken aan adviseren bij het ontwerpen en realiseren van faciliteiten voor het uitvoeren van complexe en nauwkeurige gasmetingen zoals meetstations en kalibratielabs. Naar deze dienst is niet veel vraag voor LD gas flow vanwege doorgevoerde standaardisatie van meetskid designs van Imtech, Instromet, iMeter, Dresser etc. Echter, gezien de vraag bij HD gas (zie paragraaf 1.2.2), waarbij testfaciliteiten vaak ook de lage druk range moet kunnen bedienen, kan deze dienst echter voor LD groeien - voldoende promotie is echter noodzakelijk.

4. CMC Certified

CMC certified kan gezien worden als een uitbreiding op een metering review d.m.v. het geven van een VSL keurmerk aan de kalibratiefaciliteit. Er is geen tot nauwelijks vraag voor CMC certified voor LD gas applicaties omdat deze dienst nog nauwelijks wordt aangeboden. Gezien de successen in vloeistof applicaties (zie Sectie 'Volumetrie – Vloeistofhoeveelheid') kan deze dienst voor LD gas ook opgezet worden.

5. Trainingen en cursussen

De LD gas cursus 'gas flow metrologie' (samenwerking met HD gas en Chemie) wordt 1 a 2 keer per jaar gehouden. De cursus kan worden toegespitst op de wensen van de klant d.m.v. verschillende modules en voldoet daarmee aan de marktvraag. Naast onsite kalibraties kunnen trainingen en cursussen onderscheidend worden voor LD gas flow, maar daarvoor is wel voldoende promotie nodig.

Beheer en Key Comparisons

Er wordt onderscheid gemaakt voor hoge debieten ($15 \text{ m}^3/\text{h} - 15.000 \text{ m}^3/\text{h}$) en lage debieten ($0,2 \text{ L/u} - 15 \text{ m}^3/\text{u}$). De primaire standaard voor de hoge debieten is de VDI (range $2 \text{ m}^3/\text{h}$ tot $100 \text{ m}^3/\text{u}$, opwerking tot $15.000 \text{ m}^3/\text{h}$ i.c.m. bootstrapping). De onzekerheid van de VDI is marktconform ($\sim 0,10\%$) en recentelijk (opnieuw) gevalideerd middels een internationale ringvergelijking. Voor de lage debieten zijn er verschillende 'piston provers' met elke een specifieke range. De onzekerheid voor de grotere piston provers is marktconform ($\sim 0,20\% - \sim 0,30\%$), terwijl de onzekerheid voor de kleinste piston prover ($\sim 0,45\%$) wat hoog is voor afgeleide kalibratielabs (vervanging van de kwikringbuizen door de APPs maakt wellicht een lagere onzekerheid mogelijk).

Voor lage debiet kalibraties worden de primaire standaarden ingezet, terwijl er voor de hoge debieten enkele *afgeleide* standaarden zijn. De onzekerheid verschilt wat per faciliteit ($0,15\%$ tot $0,22\%$), maar voldoet i.h.a. de marktvraag (tenminste voor flowmeter fabrikanten). Een prijsdifferentiatie naar onzekerheid kan overwogen worden.

De volgende activiteiten worden overwogen om de efficiëntie (gebruik en beheer) de komende jaren verder te verhogen:

- (Verdere) automatiseren van het uitvoeren van kalibraties, dataverwerking en certificaatuitgifte.
- Vervangen of uitfasen van verouderde en niet geautomatiseerde faciliteiten. Eventueel wordt het bereik van een of meerdere andere faciliteiten uitgebreid ter compensatie.

Er wordt verwacht dat met een toenemende efficiëntie op beheer bespaard kan worden (daarnaast kunnen kalibraties sneller uitgevoerd worden). De afgeleide faciliteiten doen de laatste jaren geregeld mee aan (internationale) ringvergelijking met in het algemeen goede resultaten.

De *transferstandaarden* zijn afgeleide mobiele standaarden voor LD gasflowkalibraties en omvatten ongeveer dezelfde range als de labfaciliteiten. De range en onzekerheid is typisch voldoende voor de onsite kalibraties, maar voor enkele type kalibraties (e.g. testbanken) zijn de huidige standaarden nauwelijks geschikt.

In tegenstelling tot andere technologieën biedt LD gas flow weinig verschillende typen kalibraties aan. De gemiddelde omzet van de LD gaskalibraties is jaarlijks 1.100 k€ waarvan circa de helft onsite en de helft in het lab. De kalibratiemogelijkheden worden daarom tenminste op gelijke sterkte gehouden. Indien (transfer)standaarden overboekt raken kan uitbreiding van de (transfer)standaarden overwogen worden.

Innovatie

LD gas flow richt zich op de volgende innovaties:

- Uitbreiding van de kalibratiediensten voor nieuwe marktsegmenten, e.g. schoorsteensimulator en tracer metingen voor emissie metingen.
- Ontwikkelen van 'CFD supported' metrologische consultancy, bijvoorbeeld door samenwerking de TUDelft (toepassing Bayesiaanse statistiek en Computational Fluid Dynamics (CFD)), Bosfluids en/ of Modelica (afschatten impact van pulsaties). Daarnaast kan gedacht worden aan het voorspellen van stromingsprofielen middels CFD en de effecten daarvan op het gedrag van gasmeters.

LD gas flow scoorde de afgelopen jaren relatief slecht in EMRP en EMPIR, waarschijnlijk vanwege de (te) praktische aard. Het wordt daarom aanbevolen om ook buiten deze subsidieprogramma's financiële ruimte te reserveren voor ontwikkeling en innovatie binnen LD flow.

Prioriteiten

Om aan de marktbehoefte te kunnen voldoen verdient het aanbeveling om in de periode 2016-2019 te investeren in de volgende mogelijkheden:

- Uitbreiding van de flowrange in het bovengebied ($> 12.000 \text{ m}^3/\text{h}$).
- Ontwikkelen van een kalibratiestandaard voor onsite kalibraties voor lage debieten en eventueel ook voor gassen anders dan lucht of aardgas.
- Ontwikkelen van een middendrukfaciliteit. Aanbieding van middendrukkalibraties kan mogelijk in samenwerking met DNV GL of Brooks.
- Upgrade van kalibratiefaciliteiten voor het kunnen onderzoeken van de impact van profielverstoringen.
- Verhogen van de kwaliteit door o.a. meer cross-checks, betere driftanalyses, onsite onzekerheidsanalyses en profielkarakterisering van de faciliteiten.

Volumetrie – Hoge druk gashoeveelheid (HD flow)

Missie

De missie van VSL op het gebied van hoge druk (HD) gashoeveelheid is het verschaffen van herleidbaarheid en het faciliteren van R&D en consultancy binnen en buiten Europa.

Visie

Op het gebied van hoge druk gashoeveelheid wil VSL wereldwijd een gerenommeerd instituut blijven. VSL bedient de markt door het verschaffen van herleidbaarheid en het faciliteren van R&D en consultancy binnen en buiten Europa. Bij dit laatste hoeft VSL minder gebruik te maken van installaties van derden (bijv. Force, Elster, DNV-GL, EuroLoop of Pigsar), waar zij voornamelijk als metrologisch supervisor/manager fungeert. Sterke internationale concurrenten op het gebied van HD flow zijn TÜV NEL (UK, met name multifase), PTB (DU) en Force/DTi (DK).

Het is de verwachting dat er meer vraag komt naar nauwkeurige metingen vanwege de wens voor meer efficiëntie, normconformatie (internationalisering van de markt, vanwege normconformatie mogen leveren aan derden) en regeldruk (wettelijk). Tenslotte worden meer HD-applicaties verwacht, mede vanwege een toename van LNG, zowel als aardgas wereldwijd.

Markt

De diensten van HD gashoeveelheid kunnen worden onderverdeeld in de volgende categorieën:

1. Onsite kalibraties.
2. Metering review.
3. CMC certified.
4. Trainingen en cursussen.

Hieronder wordt kort per dienst behandeld wat voor type klanten ermee bediend worden en of sommige diensten juist versterkt dan wel verminderd kunnen worden.

1. Onsite kalibraties

De kalibraties te Euroloop worden (voornamelijk) uitgevoerd voor Euroloop, terwijl overige onsite kalibraties voornamelijk worden uitgevoerd voor overige afgeleide kalibratie labs zoals bijvoorbeeld TCC (Canada), Hazira (India), Tancy (China), DNV-GL (Nederland) en Elster-Instromet (Nederland).

De omzet van deze dienst is relatief klein vergeleken met de kalibraties uitgevoerd voor LD gas en vloeistof flow. Vanwege de toegenomen concurrentie (FORCE, Denemarken) en de afhankelijkheid van Euroloop, is HD gas flow wat meer op de achtergrond geraakt en bestaat het risico dat het aantal kalibraties (voor partijen anders dan Euroloop) verder terugloopt. Door het starten met aanbieden van onsite kalibraties door middel van TraSys (Traceability System) kunnen de hoge-drukkalibraties gehandhaafd en wellicht versterkt worden. Daarnaast kan de dienst versterkt worden door middel van directe piston-proverkalibraties d.m.v. lengte- en diametermetingen.

2. Metering review en consultancy

Bij metering review moet men denken aan adviseren bij het ontwerpen en realiseren van faciliteiten voor het uitvoeren van complexe en nauwkeurige gasmetingen zoals meetstations en kalibratielabs zoals Euroloop, Kogas (Zuid Korea), Boyarka (Oekraïne) en Omric (Rusland). Echter, de markt voor dergelijke projecten is klein. Wel kan deze dienst verder versterkt worden richting consultancy, bijvoorbeeld op het gebied van pulsaties d.m.v. samenwerking met Bosfluids en Modelica. Hiermee beweegt VSL zich weliswaar richting de diensten van bijvoorbeeld TNO en DNV GL, maar is zij onderscheidend genoeg, omdat het gat wordt gevuld tussen metrologie en procesindustriële problemen.

3. CMC Certified

CMC certified kan gezien worden als een uitbreiding op een metering review d.m.v. het geven van een VSL keurmerk aan de kalibratiefaciliteit waarmee de ontvangende partij in zekere zin 'metrologisch ontzorgd wordt'. Er is tot op heden geen tot nauwelijks vraag voor CMC certified voor HD gas applicaties omdat deze dienst nog nauwelijks wordt aangeboden. Gezien de successen in vloeistof applicaties en de vraag naar metering review, kan deze dienst ook voor HD gas opgezet worden. Zeer waarschijnlijk is TCC (Canada) geïnteresseerd, maar wellicht ook Hazira (India) waar CMC 'certified-

achtige' constructies gewenst zijn.

4. Trainingen en cursussen

De cursus 'gas flow metrologie' (samenwerking met LD gas en Chemie) wordt 1 à 2 keer per jaar gehouden. Vanwege de groeiende HD-gasmarkt komt er meer interesse voor 'hands-on' trainingen.

Beheer en Key Comparisons

De *primaire* standaard voor HD kalibraties is de GOPP (Gas Olie Piston Prover, 1 tot 60 barg, 5 tot 230 m³/h). De onzekerheid van de GOPP is met 0.06% erg laag en voldoet ruimschoots aan de marktvraag. Kalibraties met vooral de GOPP zijn echter zeer arbeidsintensief en daarom wordt in 2015 een efficiëntieslag uitgevoerd.

Met behulp van de GOPP worden de IRPPs (Instromet Rotary Piston Provers) van de *transfer- en bootstrap* skid: TraSys (Traceability System) opgewerkt (1 tot 60 barg, 10 tot 2000 m³/h). De onzekerheid van TraSys is erg laag (~0,1%) vanwege de directe opwerking met behulp van de GOPP.

Het *transferstandaardenpark* (1 tot 60 barg, 10 tot 10.000 m³/h) wordt periodiek ingezet voor de harmonisatie van de Europese kubieke meter aardgas (EuReGa) en brengen van herleidbaarheid naar derden. Het park wordt opgewerkt met behulp van Trasys (lage drukbereik) en Euroloop (hoge drukbereik). Vanwege de noodzaak om zichtbaar te blijven en meer directe omzet te genereren wordt gestart om TraSys in te zetten als transferskid.

De HD standaarden zijn van strategisch belang, o.a. voor EuReGa. De kalibratiemogelijkheden worden daarom tenminste op gelijke sterkte gehouden. Het totale SBO budget voor HD gas flow is circa 600 uur.

Innovatie

HD gas flow zich op de volgende innovaties:

- Total energy concept.
- PVT schemes in multiphase flow. De gebuikte PVT schemes (pressure, volume, temperature) zijn niet herleidbaar, terwijl dat wel gewenst is. Vooral de interactie is tussen (hoge druk) aardgas en niet-synthetische olie kan leiden tot hoge, of zelfs onbekende, onzekerheden.
- Trouble shooting in HD designs en bestaande installaties (zie ook metering review).
- Ontwikkelen van 'CFD supported' metrologie consultancy.

Opmerking: HD gas scoort relatief slecht in EMRP en EMPIR, waarschijnlijk vanwege de praktische aard. Het wordt daarom aanbevolen om ook buiten deze subsidieprogramma's financiële ruimte voor ontwikkeling en innovatie te reserveren.

Prioriteiten

Voorgesteld wordt om in de periode 2016-2018 te investeren in de volgende mogelijkheden:

- TraSys geschikt maken voor onsite kalibraties.
- Kalibratiediensten uitbreiden voor andere, eventueel superkritieke, gassen.
- Kalibratiediensten uitbreiden voor andere meetprincipes dan slechts rotorgasmeters.
- Opwerking laten plaatsvinden onafhankelijk van EuroLoop, waarbij TraSys via een kleine rondpomploop opgewerkt wordt.

Volumetrie – Vloeistofhoeveelheid

Missie

De missie van VSL op het gebied van vloeistof hoeveelheid is het verschaffen van herleidbaarheid en het faciliteren van R&D en consultancy binnen en buiten Europa.

Visie

VSL is wereldwijd een sterke speler voor wat betreft debietbereik en meetonzekerheid voor waterflowkalibraties (onder omgevingscondities) en wil deze positie continueren om de markt op het juiste niveau te kunnen blijven bedienen. De sterke Europese concurrent is TÜV NEL (UK, met name water, olie en multifase). Wereldwijd is dit NMIJ (Japan, water en olie).

Het is de verwachting dat er meer vraag komt naar nauwkeurige metingen vanwege de wens voor meer efficiëntie, normconformatie (internationalisering van de markt, vanwege normconformatie mogen leveren aan derden) en regeldruk (wettelijk). Daarnaast wordt verwacht dat de alsmaar kleinere schalen leiden tot meer vraag voor (zeer) lage-debietkalibraties.

Markt

De diensten van vloeistof hoeveelheid kunnen worden onderverdeeld in de volgende categorieën:

1. Kalibraties onsite en in het lab en ringvergelijkingen.
2. Consultancy en metering review.
3. CMC certified.
4. Trainingen en cursussen.

Hieronder wordt kort per dienst behandeld wat voor type klanten ermee bediend worden en of sommige diensten juist versterkt dan wel verminderd kunnen worden.

1. Kalibraties

Kalibraties in het lab en commerciële ringvergelijkingen worden voornamelijk uitgevoerd voor fabrikanten van meetmiddelen, de procesindustrie en afgeleide keuring, kalibratie- en testlaboratoria. Recentelijk is het bereik van de kalibraties significant verlaagd met de realisatie van een standaard voor 0.1 mL/h tot 1000 L/h. Onsite kalibraties zijn vooral voor de oliemarkt. Daarnaast worden er ook onsite kalibraties van volumemeteinstrumenten uitgevoerd (inhoudsmaten van 10 tot 10000 dm³). Deze dienst kan uitgebreid worden door middel van directe piston-prover kalibraties d.m.v. lengte en diameter metingen.

2. Consultancy en metering review

Bij metering review moet men denken aan adviseren bij het ontwerpen en realiseren van faciliteiten voor het uitvoeren van complexe en nauwkeurige gasmetingen zoals meetstations en kalibratielabs. Voor vloeistof flow is niet veel vraag naar metering review, maar juist wel voor 'CMC certified', wat gezien kan worden als een uitbreiding van metering review.

Consultancy projecten hebben een focus op ondersteuning bij normconformatie e.g. Silvertch (Dubai). Gezien de toenemende 'normen-druk' vanwege fiscale en wettelijke verplichtingen, wordt een groei in deze dienst voorzien.

3. CMC Certified

CMC certified kan gezien worden als een uitbreiding op een metering review d.m.v. het geven van een VSL keurmerk aan de kalibratiefaciliteit, waarmee de ontvangende partij in zekere zin 'metrologisch ontzorgt wordt'. CMC certified is een betrekkelijk nieuwe dienst, maar desondanks is er relatief veel vraag e.g. Emerson Process Management (Abu Dhabi, China, Nederland), Cameron Measurement Systems (VS), Honeywell Enraf Americas (VS), Daniel Measurement & Control (VS), Oil & Gas Systems (Rusland), LLC KROHNE-Automatika (Rusland). Gezien de toenemende wens voor nauwkeurige metingen en toenemende normendruk wordt verwacht dat deze dienst zal groeien.

4. Trainingen en cursussen

Vloeistof heeft verschillende cursussen die 1 of meerdere keren per jaar gehouden worden. Door middel van de juiste promotie wordt verwacht dat deze dienst in omvang kan toenemen.

Beheer en Key Comparisons

De *primaire* standaarden voor water flow zijn de balansen (0,001 – 400 t/h) en compact prover (0,8 – 400 t/h) waarbij het type meter bepaald welke primaire standaard wordt gebruikt. Met behulp van de primaire standaarden worden de master meters opgewerkt (0,1 – 400 t/h). De primaire standaard voor volumens zijn de kolven (20 – 20000 L), pipetten (0,001 – 25 L) en buretten (0,001 – 1 L).

De *transferstandaarden* zijn afgeleide mobiele standaarden voor vloeistof flow kalibraties van 0,001 – 400 m³/h. De transferstandaarden voor volumens zijn van 20 – 20000 L. De range en onzekerheid is voldoende voor onsite kalibraties op water. Gezien de significante omzet van de vloeistof flowkalibraties (gemiddeld jaarlijks 400 k€, waarvan circa 40% in het lab en 60% onsite) worden de kalibratiemogelijkheden tenminste op gelijk niveau gehouden. Indien (transfer)standaarden overboekt raken kan uitbreiding van de (transfer)standaarden overwogen worden. De nieuwe kalibratiediensten voor micro flow rates en LNG flow rates dienen (op termijn) opgenomen te worden in het SBO beheer.

Innovatie

Binnen flow zijn er waarschijnlijk voor vloeistof de meeste onderzoeksprojecten. Vloeistof flow zich op de volgende innovaties:

- Uitbreiding van de kalibratiediensten voor nieuwe marktsegmenten, e.g. multiphase flow, LNG flow en micro flow.

Prioriteiten

In de periode 2016-2019 moeten investeringen vooral gericht zijn op de volgende mogelijkheden:

- Verdere ontwikkeling van de LNG midscale faciliteit.
- (Mobiele) dynamische dichtheidkalibraties.
- Mobiele skid voor onsite brandstoftflowkalibraties.
- Diverterers voor de waterflowfaciliteiten.
- Automatisering dataverwerking.
- Cryogene piston prover (als alternatieve primaire standaard).

Bijlage 2: Faciliteiten en standaarden

In dit overzicht wordt per technologie een overzicht gegeven van de opstellingen die binnen het SBO-contract beheerd worden. De lijsten zijn zoveel mogelijk opgezet vanuit de opstellingen, zoals die zich daadwerkelijk in het VSL-laboratorium bevinden. Per opstelling is het meetbereik met meetonzekerheid aangegeven.

Een enigszins bijzondere situatie is er bij Lengte. Daar worden naast de opstellingen ook de onderwerpen gegeven, die met die opstelling gemeten worden. De reden voor deze aanpak is dat in meerdere gevallen bij Lengte een en dezelfde opstelling wordt ingezet voor verschillende meetgrootheden en -bereiken.

Chemie

<i>Grootheid</i>	<i>Opstelling</i>	<i>Bereik</i>	<i>Onzekerheid</i>
Hoeveelheid stof - standaarden	Ethanol	$50 - 800 \cdot 10^{-6}$	1 – 0,5 %
	Zuurstof in stikstof	$1 \cdot 10^{-6} - 22 \cdot 10^{-2}$	2 – 0,05%
	Koolstofmonoxide in stikstof	$1 \cdot 10^{-6} - 30 \cdot 10^{-2}$	1 – 0,05%
	Koolstofdioxide in stikstof c.q. lucht	$10 \cdot 10^{-6} - 30 \cdot 10^{-2}$	0,5 – 0,05%
	Stikstofoxiden in stikstof c.q. lucht	$0,1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-2}$	2 – 0,1%
	Ammoniak in stikstof	$10 - 300 \cdot 10^{-6}$	5 – 3 %
	Zwavel dioxide in stikstof	$0,1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-2}$	3 – 0,1%
	Propaan in stikstof	$1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-2}$	0,5 – 0,1%
	Synthetisch Aardgas		2 – 0,1 %
	Water in stikstof	$10 - 100 \cdot 10^{-6}$	5%
	Raffinaderij/hoogovengas		2 – 0,1 %
	Zwavelwaterstof in stikstof	$1 \cdot 10^{-6} - 0,1 \cdot 10^{-2}$	3 – 0,5 %
	Zwavelcomponenten in methaan	$5 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-2}$	2 – 0,5 %
	Vluchtige organische componenten	$1 - 1000 \cdot 10^{-9}$	5 – 3 %
	Methaan	$1 \cdot 10^{-6} - 30 \cdot 10^{-2}$	2 – 0,1%
	Lachgas	$0,1 \cdot 10^{-6} - 0,1 \cdot 10^{-2}$	3 – 1%
	Zwavelhexafluoride in stikstof	$1 \cdot 10^{-9} - 100 \cdot 10^{-6}$	3 – 1 %
	Automotives (CO/CO ₂ /C ₃ H ₈ /O ₂ in N ₂)	$50 \cdot 10^{-6} - 18 \cdot 10^{-2}$	0,5 – 0,3 %
	Purity analysis mixtures	$10 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-6}$	30 – 5 %
	Stack gas (CO/CO ₂ /C ₃ H ₈ /NO/SO ₂ in N ₂)	$50 \cdot 10^{-6} - 18 \cdot 10^{-2}$	0,5 – 0,3 %
	Gasgeneratiesysteem	$1 \cdot 10^{-9} - 100 \cdot 10^{-6}$	5 – 3 %
Hoeveelheid stof - meetfaciliteiten	Gaschromatografie incl. thermische desorptie		
	FT-IR		
	Cavity Ring down Spectroscopie		
	Niet dispersieve IR/UV monitoren		
	Specifieke gasmonitoren		
Hoeveelheid stof - bereidingsfaciliteiten	Gas Generatie permeatie/diffusieopstelling		

	Gas Generatie capillaire		
	Weegopstellingen en vulstations		
	Rubotherm suspension balance		

Elektriciteit DCLF

<i>Grootheid</i>	<i>Opstelling</i>	<i>Bereik</i>	<i>Frequentie</i>	<i>Onzekerheid</i>
DC spanning	Primaire Josephson standaard	1 V, 1.018 V en 10 V		$3 \cdot 10^{-7} U$
	Secundaire kalibratie opstelling (VRMS)	1 V, 1.018 V en 10 V		$5 \cdot 10^{-7} U$
	Hoogspanning	1 kV – 100 kV		$5 \cdot 10^{-5} U - 6 \cdot 10^{-5} U$
Weerstand	Primaire Quantum Hall standaard	6.45 k Ω , 10 k Ω , 12.9 k Ω		$3 \cdot 10^{-8} R$
	Laagohmige	100 $\mu\Omega$ – 10 m Ω		$7 \cdot 10^{-6} R - 5 \cdot 10^{-7} R$
	Middengebied	100 m Ω – 10 k Ω		$5 \cdot 10^{-8} R$
	Hoogohmige	10 k Ω – 100 M Ω		$4 \cdot 10^{-7} R - 2 \cdot 10^{-5} R$
	Teraohm meetopstelling	100 M Ω – 10 P Ω		$1 \cdot 10^{-4} R - 1 \cdot 10^{-1} R$
Stroom	V / R opstelling	100 pA – 10 μ A		$1 \cdot 10^{-5} I$
	Kleine stromen opstelling	1 fA – 100 pA		$1 \cdot 10^{-5} I + 1 \text{ aA}$
Impedantie	Capaciteit opstelling	1 pF – 1 μ F	50 Hz – 100	$3 \cdot 10^{-6} C - 2 \cdot 10^{-3} C$
	Inductie metingen	100 μ H – 10 H	100 Hz – 1	$1.5 \cdot 10^{-4} L - 3 \cdot 10^{-4} L$
	IVD (AC voltage ratio)	$1 \cdot 10^{-5}:1$, $1 \cdot 10^{-6}:1$	400 Hz – 5 kHz	$1 \cdot 10^{-7} V/V - 1 \cdot 10^{-5} V/V$
	AC weerstand	10 Ω – 1 M Ω	50 Hz – 5 kHz	$1 \cdot 10^{-5} R - 2 \cdot 10^{-4} R$
AC/DC	Laagfrequent AVDV	10 mV – 1000 V	10 Hz – 1 MHz	$2 \cdot 10^{-6} U - 5 \cdot 10^{-4} U$
	ACDC transfer	10 mA – 20 A	40 Hz – 100	$2 \cdot 10^{-4} I - 1 \cdot 10^{-3} I$
AC spanning	Hoogspanning opstelling	1 kV – 120 kV	45 Hz – 65 Hz	$8 \cdot 10^{-4} U$
LF vermogen	Sampling Wattmeter	120 W, 600 W	45 Hz – 65 Hz	$2 \cdot 10^{-5} W/VA$
V, R, I	Multifunctionele opstelling			
	Gelijkspanning	1 mV – 1000 V		$0.6 \cdot 10^{-6} U - 2 \cdot 10^{-4} U$
	Weerstand	1 Ω – 100 M Ω		$2 \cdot 10^{-6} R - 6 \cdot 10^{-4} R$
	Gelijkstroom	100 μ A – 10 A		$5 \cdot 10^{-6} I - 1.2 \cdot 10^{-4} I$
	Wisselspanning	100 mV – 1000 V	10 Hz – 1 MHz	$15 \cdot 10^{-6} U - 7 \cdot 10^{-4} U$
	Wisselstroom	100 μ A – 10 A	40 Hz – 10	$3 \cdot 10^{-5} I - 1 \cdot 10^{-2} I$

Elektriciteit HF

<i>Grootheid</i>	<i>Opstelling</i>	<i>Bereik</i>	<i>Frequentie</i>	<i>Onzekerheid</i>
Vermogen	Kalibratiefaciliteit vermogen RF	(0,001 – 100) mW	10 kHz – 1 GHz	(0,005 – 0,02) U
	Kalibratiefaciliteit vermogen RF&MW	(0,001 – 10) mW	10 MHz – 40 GHz	(0,005 – 0,02) U
S-parameters	Vector Network Analyser RF	(0 – 90) dB; reflectie	9 kHz – 4 GHz	(0,02 - 0,5) dB
	Vector Network Analyser RF&MW	(0 – 70) dB; reflectie	45 MHz – 50 GHz	(0,02 - 0,5) dB
Veldsterkte	TEM-cell		tot 150 MHz	0,5 dB
	Kleine TEM cell		tot 500 MHz	0,5 dB
	Mini-TEM-cell		tot 1300 MHz	0,3 dB
	Tapered cell		tot 3000 MHz	(1 – 1,5) dB
EMC	Diverse opstellingen			
Magnetisme	High-field magneet	10 mT – 2 T		(0,01- 0,1) % U
	Solenoïde	0 – 10 mT		(0,1 – 1) % U
	3D Helmholtzspoel	0 – 2 mT	0-10 kHz	(0,1 –1) % U
	3D Helmholtzspoel	0 – 2 mT	0-10 kHz	(0,1 –1) % U

Ioniserende Straling

<i>Grootheid</i>	<i>Opstelling</i>	<i>Bereik</i>	<i>Bijzonderheden</i>	<i>Onzekerheid</i>
Kerma	Kleine vrij-in-lucht standaard	1 mGy – 1 Gy	10 – 50 kV	$1 \cdot 10^{-2} U$
	Grote vrij-in-lucht standaard	100 μ Gy – 1 Gy	40 – 320 kV	$1 \cdot 10^{-2} U$
	⁶⁰ Co	1 mGy – 10 Gy		$0,9 \cdot 10^{-2} U$
	¹³⁷ Cs	1 mGy – 1 Gy		$0,9 \cdot 10^{-2} U$
Geabsorbeerde dosis en aanverwante grootheden	⁶⁰ Co	1 mGy – 10 Gy		$0,9 \cdot 10^{-2} U$
	¹³⁷ Cs	1 mGy – 1 Gy		$0,9 \cdot 10^{-2} U$
	Grote vrij-in-lucht standaard	100 μ Gy – 1 Gy	40 – 320 kV	$1 \cdot 10^{-2} U$
Reference Air	¹⁹² Ir – HDR Afterloader	1 mGy – 10 Gy		$1,3 \cdot 10^{-2} U$
Activiteit	Putonisatiekamer	10 kBq – 1 GBq		$0,7 \cdot 10^{-2} U$
Activiteit per oppervlakte-eenheid	Groot oppervlak proportionele telbuis	0,1 Bq.cm ⁻² – 1 kBq.cm ⁻²		$2 \cdot 10^{-2} U$
Geabsorbeerde dosis	Beta-stralingsopstelling	10 mGy – 1 Gy		$2 \cdot 10^{-2} U$
Hoogspanning	Grote en kleine röntgenstandaard	10 kV – 320 kV		$1,2 \cdot 10^{-2} U$

Massa, Druk, Viscositeit

<i>Grootheid</i>	<i>Opstelling</i>	<i>Bereik</i>	<i>Onzekerheid</i>
Massa	Referentiestandaarden (massastandaarden)	20 kg – 0,1 mg	OIML klasse E1-E2
	Werkstandaarden (massastandaarden)	20 kg – 1 mg	OIML klasse E1-E2
	Balansen en comparatoren	20 kg – 1 mg	OIML klasse E1, E2 en F1
	Primaire comparator 1 kg	100 g, 200 g, 500 g en 1 kg	25 µg
	Hydrostatisch wegen	2 kg – 250 cm ³	0,005 cm ³
	Centre of Gravity opstelling	100 g – 5 kg	0,5 mm
	Opstelling voor susceptibiliteit	100 g tot 5 kg	15 % van χ ,
Druk	Absolute drukbalans Dhi PG gas	3,5 kPa – 350 kPa	0,2 Pa + $3 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$
	Absolute drukbalans Dhi PG gas	3,5 kPa – 500 kPa	0,5 Pa + $3 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$
	Overdruk drukbalans Dhi PG gas	5 kPa – 500 kPa	0,5 Pa + $3 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$
	Overdruk drukbalans D&H 5200 serie gas	0,5 Mpa – 20 Mpa	1 Pa + $4 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$
	Overdruk drukbalans D&H 5400 serie olie	1 Mpa – 80 Mpa	$5 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$
	Overdruk drukbalans D&H 5300 serie olie	80 Mpa – 500 Mpa	$1 \cdot 10^{-4} \cdot p_e$
	Vacuümpopstellingen	$1 \cdot 10^{-3}$ hPa – 10 hPa	0,05 % tot 5 %
Viscositeit	Thermostaatbaden en glazen viscositeitsmeter	0,6 mm ² /s – 80000 mm ² /s	0,1 % tot 0,5 %
	Bi-distillatiekolom water	1,0034 mm ² /s	-
Dichtheid	Referentie vloeistoffen Paar DMA 5000	1 kg/m ³ – 3000 kg/m ³	0,001 %

Lengte

<i>Grootheid</i>	<i>Opstelling</i>	<i>Onderwerp</i>	<i>Meetbereik</i>	<i>Onzekerheid</i>
Frequentie	Primaire standaardlasers	Secundaire lasers + mobiele lasers	633 nm 474 THz	0.04 fm 24 kHz
Lengte	Laserinterferometer (mobiel)	1D meetmachine's	0 – 20 m	$0,22 \mu\text{m} + 3,8 \cdot 10^{-6} \cdot L$
Lengte	Vlakheidsinterferometer	Vlakheid $D < 100 \text{ mm}$	0 – 0,3 μm	22 nm
Lengte	DPT	1D verplaatsing	0 – 12 μm	8 nm
Lengte	Interferentie-microscop	Groefdiepte	0 – 3 μm	$1,4 \text{ nm} + 14 \cdot 10^{-3} \cdot L$
Lengte	SIP 400 (met mobiele laserinterferometer)	Streepmaten	0 – 400 mm	$0,08 \mu\text{m} + 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot L$
Lengte	SIP 4000 (met mobiele laserinterferometer)	Streepmaten	400 – 4000 mm	$0,62 \mu\text{m} + 3 \cdot 10^{-6} \cdot L$
Lengte	CMM (met mobiele laserinterferometer)	Diameter standaard Referentie kogel Stappeneindmaat Bollenplaat Haaksheid standaard Vlakheid ($100 < D < 400 \text{ mm}$)	1,5 – 400 mm 12 – 60 mm 5 – 1000 mm 450 x 450 mm 90° 0 – 25 μm	$0,20 \mu\text{m} + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$ $0,22 \mu\text{m} + 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot L$ $0,18 \mu\text{m} + 1,3 \cdot 10^{-6} \cdot L$ $0,4 \mu\text{m} + 1 \cdot 10^{-6} \cdot L$ > 0,2" $0,032 \mu\text{m} + 1,8 \cdot 10^{-6} \cdot D$
Lengte	Bollenplaat	CMM <i>Afwijking lengte-aanwijzing</i> <i>Afwijking haaksheid</i>	350x350x350 mm ³	$2,0 \mu\text{m} + 4 \cdot 10^{-6} \cdot L$ 0,3"
Lengte	Rondheidsmeter	Rondheidstandaard Diameterstandaarden	0 – 1 μm 0 – 2 μm	10 nm + 6%· ΔZ 60 nm + 0,03· ΔZ
Lengte	20 m bank	Streepmaten Waterpaskijker Theodoliet Telsysteem	0 – 20 m 1' 1' 0 – 20 m	$0,05 \text{ mm} + 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot L$ 0,4" = 1.8 $\mu\text{m}/\text{m}$ 0,4" = 1.8 $\mu\text{m}/\text{m}$ $0,01 \mu\text{m} + 0,02 \cdot 10^{-6} \cdot L$
Hoek	Hoekverdeeltafel	Polygon Hoek eindmaten	5 – 120° 1 – 180°	0,2" 0,5"
Hoek	Indextafel	Clinometer Theodoliet	0 – 360° 0 – 400 GON	0,012° 0,5 mGON
Hoek	Sinusrei	Autocollimator Elektronisch waterpas	0 ± 850" 0 ± 4000 $\mu\text{m}/\text{m}$	0,5" 0,94 $\mu\text{m}/\text{m}$
Lengte	Electronische waterpas	Vlaktafel Rei	0 – 250 μm 0 – 500 μm	$0,32 \mu\text{m} + 0,06 \cdot 10^{-6} \cdot L$ 0,2 μm
Lengte	ZKM 2D meetmachine	Kalibratiegrid	250x250 mm ²	$0,4 \mu\text{m} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot L$

Lengte	2D raster	2D <i>aanwijzing</i> meetmachines	200x200 mm ² 3600" 360°	0,4 μm + 2,2 · 10 ⁻⁶ ·L 19" 2.6'
Lengte	ULM 1D-meetmachine	Penkalibers Kogels Verplaatsings-opnemers	0,1 – 10 mm 0,5 – 15 mm 0 – 100 mm	0,2 μm + 1,1·10 ⁻⁶ ·L 0.3 μm 0,06 μm + 5,4·10 ⁻⁶ ·L
Lengte	Meetklokkentester	Autocollimator Elektronisch waterpas	Zie "Sinusrei" Zie "Sinusrei"	Zie "Sinusrei" Zie "Sinusrei"
Hoek	Autocollimator	Theodoliet Polygon Hoek eindmaat Pentagonprisma	Zie "Indextafel" Zie "Hoekverdeeltafel" Zie "Hoekverdeeltafel" 90°	0,2"
Lengte	Vlaktafel	Hoogtemeter	0 – 2000 mm 5 mm	0,22 μm + 2·10 ⁻⁶ ·L 0,2 μm + 1,8·10 ⁻⁶ ·L
		Autocollimator Elektronisch waterpas Pentagonprisma	Zie "Sinusrei" Zie "Sinusrei" Zie "Vlaktafel"	Zie "Sinusrei" Zie "Sinusrei" Zie "Vlaktafel"
Lengte	Eindmaat-interferometers	Eindmaten interferometrisch Lineaire uitzettingscoëfficiënt	0,1 – 100 mm >100 – 1000 mm $-5 \cdot 10^{-6} \leq \alpha \leq +30 \cdot 10^{-6}$ 0 – 12 mm	0,02 μm + 2,2 10 ⁻⁷ · L 0,02 μm + 2,0 10 ⁻⁷ · L 5,5 · 10 ⁻⁸ · K ⁻¹ 35 nm
Lengte	Eindmaat-comparatoren	Eindmaten vergelijkend Parallelliteit vlakglas	0,1 – 100 mm >100 – 500 mm 10 – 60 mm	0,044 μm + 1·10 ⁻⁶ · L 0,056 μm + 0,82·10 ⁻⁶ · L 44 nm
Lengte	Comparatorset eindmaten	Eindmaat comparator	0 – 100 mm	17 nm

Thermometrie

<i>Grootheid</i>	<i>Opstelling</i>	<i>Bereik</i>	<i>Onzekerheid</i>
Temperatuur	Primaire vaste punten	13 K tot 1084.62 °C	0.1 mK – 10 mK
	Thermostaten, heatpipes en ovens voor vergelijkende metingen	-195 °C tot 1550 °C	3 mK – 2 K
	Spannings- en stroombronnen en -meters voor elektrische kalibratie	-200 °C tot 850 °C (weerstandthermometersimulatie) -200 °C tot +1700 °C (thermokoppelsimulatie)	0.05 - 0.3 K
Luchtvochtigheid	Primaire opstelling, dauwpunt	-80 °C tot +95 °C	0.03 – 0.06 K
	Dauwpunt, vergelijkend	-25 °C tot +60 °C	0.1 °C
	Relatieve luchtvochtigheid	-10 tot +90 °C, 10 tot 95 %rh	0.3 – 0.8 %rh
	Luchttemperatuur	-40 tot +90	0.03 – 0.09 °C

Optica

<i>Grootheid</i>	<i>Opstelling</i>	<i>Bereik</i>	<i>Bijzonderheden</i>	<i>Onzekerheid</i>
Responsiviteit	ACR-opstelling	200 nm tot 20 μm	< 1 mW	<0.5% 200 tot 400 nm <0.1% 400-950 nm <0.7 % 950-1600 nm
Responsiviteit, irradiantie	ACR-opstelling	400 tot 950 nm	Scanning-spotmethode	0.3%
Irradiantie	SIRF-opstelling	250 tot 2400 nm	< 25 $\text{mWm}^{-2}\text{nm}^{-1}$ < 0.4 $\text{Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$ < 0.4 $\text{Wm}^{-2}\text{nm}^{-1}$	<1.7% 250 – 550 nm < 0.8 % 550-2300 nm <1.1% 2300-2400 nm
UV-Irradiantie	Fotometriebank	365 en 254 nm	Filterradiometers, <10 mWcm^{-2}	10 %
Kleurtemperatuur	SIRF-opstelling	2500 tot 3200 K	Reference filterradiometer	10 K
Luminantie	Fotometriebank	20 tot 1000 cd/m^2	Bij 2856 K	1.4 %
Illuminantie	Fotometriebank	0.03 tot 20 lx 20 tot 7000 lx	Bij 2856 K	<2.0 % 1.0 %
Responsiviteit, illuminantie	Fotometriebank	A lx^{-1} , V lx^{-1}	Bij 2856 K	0.3%
Lichtsterkte	Fotometriebank	20 tot 5000 cd	Met gebruik van referentieruler	1%
Lichtstroom	RAD3D-fotogoniometer	15 tot 4000 lm	Base down	1%
Lichtstroom	Integrerende bol	15 tot 4000 lm		1.6%
Responsiviteit	Laser-poweropstelling	488,532,543,633 nm	<1 nW 1 tot 10 mW	0.5% 0.8%
Transmissie	Filteropstelling	200 tot 400 nm 400 tot 1000 nm	1 to 0.00001	0.3% tot 1.7% (abs.) 0.07% tot 1.7% (abs)
Glans (Gloss)	Glossopstelling	0 tot 100 %		1% (abs)
Densito	Densito-opstelling	0 tot 3 OD		0.01 tot 0.05 OD

Tijd en Frequentie

<i>Grootheid</i>	<i>Opstelling</i>	<i>Bereik</i>	<i>Bijzonderheden</i>	<i>Onzekerheid</i>
Tijd	Tijdinterval	0 ns – 1000 s	2 $U_m = (0,1 - 10)$ V	1 ns
	Periodetijd	1 ns – 1000 s	2 $U_m = (0,1 - 10)$ V	100 ps
	Stijgtijd	100 ps – 10 s	2 $U_m = (0,01 - 5)$ V	10 ps
Tijdschaal	UTC tijdschaal	1 ns – 1 s	modulo 1 s	10 ns
Frequentie	Standaardfrequentie	(1, 5, 10) MHz	2 $U_m = (0,1 - 1)$ V	2E-13 Hz/Hz
	Frequentie	(1,0E-3 – 1,3E9) Hz	2 $U_m = (0,1 - 1)$ V, gate time = 1 μ s - 500 s	2E-10·f/(gate time) Hz/Hz
	Frequentie	(1,3 – 26) GHz	(-10 - +7) dBm	1 Hz

Volumetrie

<i>Grootheid</i>	<i>Opstelling</i>	<i>Bereik</i>	<i>Onzekerheid</i>
Gas volume per s	Basic Verification System	1 – 4 m ³ /h	0,02 %
	Klok 1	0,2 – 65 m ³ /h	0,05 %
	LFI debiet range a buizen 2, 3 of 4	0,05 l/h ≤ Q < 3 m ³ /h	0,2 %
	Toestel 3/4	40 l/h – 20 m ³ /h	0,15 %
	Klok 3	1 – 400 m ³ /h	0,09 %
	Meetstraat	5 – 1500 m ³ /h	0,17 %
	Grote installatie	50 – 12000 m ³ /h	0,12 – 0,15 %
	Windtunnel	0,1 – < 1 m/s	0,05 m/s
	Windtunnel	1 – 30 m/s	1 %
	GOOP (EuroLoop), 3-61 bar	5 – 30 · 10 ³ m ³ /h	0,2~0.4 %
Vloeistof volume per s	Statische volumes (kolven, pipetten, pipe provers)	0,001 – 20000 L	0,01 % - 0,02 %
	Waterflowinstallatie	0,001 – 400 m ³ /h 0,001 – 400 t/h	0,02 % 0,02 %

Bijlage 3: Benefit Cost Ratio

Inleiding

Deze bijlage verschaft inzicht in de internationaal uitgevoerde impact studies bij collega metrologische instituten, met als doel een maatstaf te creëren, die naar impact en reikwijdte VSL van vertaald kan worden. Dit fenomeen is eerder uitgevoerd binnen internationale partnerorganisaties zoals NIST (USA) en NMS (UK). De overkoepelende naam voor dergelijke studies worden zodoende *“Impact Assessment”* genoemd, gebruikmakend van de volgende definitie:

“The Impact Assessment of metrology (R&D) is an estimation of the changes caused or influenced by the metrology (R&D) activities. This change is usually assessed in the areas of scientific progress, the economy and wider social quality of life.” (2013)

Data van NIST en NMS fungeert als eerste leidraad in de (mogelijke) impact van het instituut VSL op de Nederlandse economie.

Achtergrond Impact Assessment

Onder meer wetgeving (bijv. Governmental Performance and Results Act, GPRA, USA 1993), leidde ertoe dat NIST een framework van impact assessments heeft opgezet om daarmee continu de waarde voor de maatschappij van haar verschillende onderzoeken te valideren. Dit kreeg navolging in de UK aan het einde van de jaren negentig, door groeiende druk op het overheidsbudget. Een volledige review van het NMS programma in 1999 was het eerste resultaat (2002). Met de noodzaak voor het uitvoeren van dergelijke studies hoog op de agenda is het interessant om te zien welke aanpak gekozen is.

Resultaten Partnerorganisaties

De belangrijkste maatstaf die internationaal gehanteerd wordt is de Net Present Value (NPV) en de Benefit Cost Ratio (BCR). Waar de NPV een absoluut getal vertegenwoordigt, is de BCR een **ratio** welke de verwachte opbrengsten en kosten tegen elkaar uitzet:

$$BCR = \frac{NPV \text{ Opbrengsten}}{NPV \text{ Kosten}}$$

Dit creëert een maatstaf voor de relatieve ‘waarde voor je geld’ van een project, met BCR = 1 als break-even punt en BCR > 1 voor een succesvol project (Tassey, 1999). Belangrijk hierin is dat de ontvanger van de opbrengsten vaak niet de investeerder is. Waar de landelijke economie profiteert van metrologie-projecten, terwijl het metrologie-instituut de initiële investering doet.

De uitgebreide case-study, uitgevoerd door Tassey (1999) tussen 1991 en 1999 toont een 15 tal projecten welke allen een positieve BCT wisten te creëren, met wisselend succes, echter lag het gemiddelde van de BCR's met **40,8:1** ruim boven de 1:1 voor break even.

Tabel 4: Overview van Impact assessments bij NIST (1999).

Industry:	BCR
Photonic: optical measurement	13:1
Automation: Machine Tool software error compensation	118:1
Materials: Thermocouples	3:1
Pharmaceuticals: Radiopharmaceuticals	97:1
Chemicals: alternative refrigerants	4:1
Materials: phase equilibria for advanced ceramics	10:1

Belangrijk om te vermelden is de methode van onderzoek, waarin kwantitatieve methoden worden gecombineerd met kwalitatieve. Gedurende een project wordt gekeken naar de economische impact middels bekende maatstaven als NPV, Internal Rate of Return (IRR) en de BCR. Tevens wordt er onderzoek verricht naar kwalitatieve impact (bijv. veranderingen in productie of R&D strategieën). Zodoende wordt een veelomvattend en evenwichtig beeld gegeven van de impact van een bepaald project (Tassey, 1999).

Naast studies uitgevoerd door NIST heeft ook de NMS een uitgebreide impact assessment gedaan (Bowns, Bradley, Knee, Williams, & Williams, 2002), waarvan een korte samenvatting.

Tabel 5: NMS Programma review 2002.

Programs	BCR
Mass	21:1
Length	18:1
Thermal	33:1
Photonics	22:1
Software	111:1
Acoustics	48:1
Physical	21:1
Average of all programs	24:1

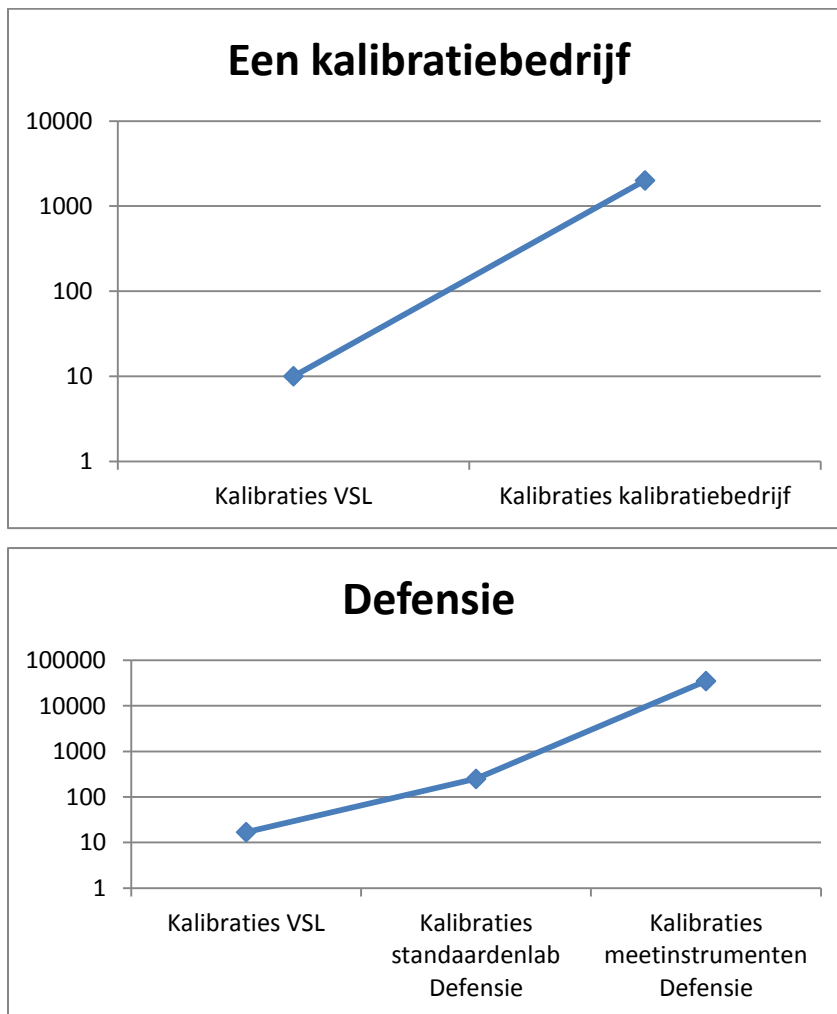
Behalve het uitvoeren van studies die sec kijken naar de BCR is er binnen het NMS ook een onderzoeksrichting die kijkt naar de zogenoemde 'spillover effects', d.w.z. de effecten van R&D binnen de metrologische infrastructuur (ontwikkeld en beheerd door het NMS) op de nationale economie, daarbij gebruik makend van gegevens omtrent landelijke R&D, patenten en input-output relationships (Temple & Williams, 2002). Deze studie geeft een beeld, waarin naar voren komt dat de R&D op het gebied van de metrologie een cumulatieve impact heeft van ruim 2% van het BNP (in 2002, £1.263 miljard), wat neerkomt op een totaal van £26,25 miljard (prijspeil 2009) (Office of National Statistics, UK). Een studie uitgevoerd in 2010 toont aan dat een additionele investering van £6 miljoen een cumulatieve impact genereert van £410 miljoen op de Engelse economie (Jones & Nettleton, 2010)

In meer recente jaren blijkt dat het uitvoeren van impact assessments een waardevol instrument blijft. NIST bracht in 2012 een rapport naar voren, waarin het gemiddelde BCR **57:1** bedroeg over een totaal van 19 geëvalueerde projecten, variërend van 'Thermocouple Calibration Program' (BCR 3:1) tot 'Standard Reference Materials for Sulfur in Fossil Fuels' (BCR 113:1) (Link & Scott, 2012).

Voorbeelden in Nederland

In 2015 heeft VSL zelf bij enkele klanten de impact van zijn kalibratiediensten onderzocht. Hierbij is gekeken naar de 'metrologische vermenigvuldigingsfactor'. Waar de BCR een vermenigvuldigingsfactor is, die is gebaseerd op economische impact (geld), is de 'metrologische vermenigvuldigingsfactor' gebaseerd op het aantal kalibraties 'in het veld' dat uiteindelijk van de nationale meetstandaarden afgeleid is. Beide factoren hangen nauw met elkaar samen. Een en ander is weergegeven in een drietal voorbeelden in figuur 11:

- VSL verricht 10 kalibraties voor een klein kalibratiesbedrijf, die daarmee de markt bedient met 2000 kalibraties. Dit is een vermenigvuldigingsfactor van 200.
- VSL kalibreert circa 17 standaarden voor Defensie. Dit levert de herleidbaarheid voor het standaardenlab van Defensie, waar jaarlijks ongeveer 250 kalibraties van secundaire meetstandaarden worden verricht. Uiteindelijk worden hiermee zo'n 35.000 meetinstrumenten gekalibreerd, die worden gebruikt aan boord van o.a. marineschepen en jachtvliegtuigen. De vermenigvuldigingsfactor van VSL naar Defensie is derhalve minimaal 2000.

Figuur 11: Voorbeelden van de 'metrologische vermenigvuldigingsfactor' in Nederland.**Conclusie**

De meerwaarde van metrologie voor maatschappij en economie is een internationaal diepgaand onderzocht onderwerp. De verschillende studies tonen gemiddelde BCR's aan die liggen tussen de **24:1** en **57:1**, waargenomen over een periode van 15 jaar op verschillende vakgebieden van de metrologie, in verschillende delen van de wereld.

Zodoende komen er duidelijk een tweetal kernpunten naar voren welke aandacht verdienen:

1. De directe positieve invloed (BCR) welke metrologieprogramma's wereldwijd hebben op de economie (\$1 levert tot \$57 op voor de nationale economie),
2. Naast de duidelijke economische impact hebben de programma's ook een maatschappelijke impact, welke additioneel is aan de economische, maar lastiger te kwantificeren valt.

Wat vooral naar voren komt is dat metrologie en economie onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn, waarbij de metrologie een duidelijk bewezen positief effect heeft.

Bijlage 4: Case stories

Air Liquide – Scott Specialty Gases: Herleidbaarheid voor kwaliteitscontrole

Met een omzet van 16 miljard Euro en 50.000 medewerkers in totaal 80 landen is Air Liquide wereldwijd marktleider op het gebied van gassen, technologieën en diensten voor de industrie en gezondheidszorg. Om aan de hoge eisen te kunnen voldoen die worden gesteld aan de complexe gasmengsels die zij leveren, zijn de hoge standaarden van VSL essentieel.

Air Liquide levert in de toekomst nog vanuit slechts twee Scott Competence Centers kalibratiegassen en mengsels, waaronder de zogeheten specialty gases. Eén van die Centers is gesitueerd in de USA en de andere in het Nederlandse Breda.

Vanuit Breda wordt de gehele Air Liquide markt in Europa, Afrika, het Midden-Oosten en Rusland bediend. Dit betreft met name de olie- en gasmarkt, waar hoge eisen worden gesteld aan herleidbaarheid en betrouwbaarheid van kalibratiegassen voor onder andere productiecontrole. Om aan deze hoge kwaliteitseisen te kunnen voldoen is Air Liquide voor herleidbaarheid en metrologische kennis op het goede (hoge) niveau naar eigen zeggen “volledig afhankelijk van VSL”.

Op het gebied van gasstandaarden levert VSL vrijwel alle gewenste samenstellingen, zoals milieu-en energie-gassen. Deze referentiematerialen vormen een onbetwiste onderbouwing van het kwaliteitssysteem en zorgen voor internationale herleidbaarheid.

Een groot deel van de productiecontrole in de chemie en olie- en gase-sector, die kalibratiegassen nodig heeft voor voldoende betrouwbare procesbeheersing, is, via Air Liquide, herleidbaar naar VSL.

Defensie - Den Helder: Betrouwbaar en toegankelijk

Het grootste deel van de metrologische activiteiten van Defensie, zowel voor de marine, landmacht als luchtmacht, zijn geconcentreerd in Den Helder. Er is een standaardlaboratorium en de kalibratiewerkzaamheden, zo'n 30.000-40.000 meetmiddelen per jaar, worden hier uitgevoerd, herleidbaar naar VSL.

Als een marineschip op missie gaat, vertrekt het niet als de meetmiddelen niet op orde zijn. “De hele organisatie is dan in rep en roer”. Metrologie is dan ook van vitaal belang voor Defensie als geheel.

De technische kennis en betrouwbaarheid van VSL, gecombineerd met de toegankelijkheid voor snel overleg, zijn essentieel voor het functioneren van de metrologische afdelingen. Vrijwel alle meetstandaarden van Defensie zijn herleidbaar naar VSL. VSL onderhoudt tevens de herleidbaarheidspiramide van het Marinebedrijf. Voor Defensie is het belangrijk dat VSL de onzekerheden blijft verbeteren.

De logistiek en levertijd rond meetstandaarden zijn zeer belangrijk. Internationaal transport van deze kritische apparatuur brengt serieuze risico's met zich mee. Michael Sinke, Groepsleider Engineering Standaarden Laboratorium Defensie: “Als het aanbod van VSL daalt, wordt het vervoersrisico voor ons steeds groter. Als we echt naar het buitenland moeten, is Defensie genoodzaakt om de standaarden dubbel uit te voeren, wat aanzienlijke kosten met zich meebrengt.” Met vervoersrisico wordt hier verwezen naar de kans op schade en naar het feit dat Defensie de apparatuur voor langere tijd kwijt is.

Defensie is te spreken over de dienstverlening van VSL. Ze hebben ervaring met buitenlandse partijen, maar die kennen een veel langere doorlooptijd, een zeer geringe toegankelijkheid en denken niet uit zichzelf mee. Dhr. Sinke: “De toegevoegde waarde van VSL zit in de herleidbaarheid en betrouwbaarheid, maar zeker ook in de toegankelijkheid en het meedenken.”

Philips Lighting Test Center Europe (LTCE): Waardevolle kennispartner met snelle levertijden

Philips onderscheidt zich door uitstekende kwaliteit. Er wordt dan ook veel energie gestoken in kwaliteitsbeheersing. Philips LTCE (Lighting Test Center Europe) kalibreert referentiestandaarden voor laboratoria en meetlocaties van Philips.

Alle lampen en LED-lampen die Philips over de hele wereld produceert zijn herleidbaar naar de meetstandaarden van een van de 3 wereldwijde testcentra LTC's van Philips. Die van LTCE zijn herleidbaar naar VSL. Dit geldt ook voor de metingen die worden verricht tijdens de ontwikkeling van nieuwe lampen. De certificaten van VSL staan internationaal goed bekend en zorgen voor wereldwijde acceptatie.

Voorheen was de herleidbaarheid geregeld via NPL in Engeland, maar in de afgelopen 5 jaar waren er diverse aanleidingen om vaker bij VSL aan te kloppen. Fons Sondag, Group Leader LTCE van Philips Lighting: "De dienstverlening van NPL was sterk afgenomen, doordat zij meetsystemen uit bedrijf hadden genomen en voor ons niet meer betrouwbaar konden leveren." Inmiddels is ongeveer de helft van de optische standaarden en zijn alle LED standaarden van Philips LTCE herleidbaar naar VSL. Philips LTCE verwacht dat dit in de nabije toekomst verder zal groeien, omdat men erg tevreden is over de kennis en dienstverlening van VSL.

VSL treedt op als actief partner in Europese projecten. "Als de faciliteiten voor het meten van licht verdwijnen, zal de daarmee samenhangende kennis ook langzamerhand verloren gaan. Hierdoor neemt de geloofwaardigheid als partner in Europese licht-metrologieprojecten ook af." Bovendien is VSL nauw betrokken bij de IEA SSL ANNEX en bijbehorende wereldwijde intercomparison. "Voor Philips zijn deze intercomparisons zeer belangrijk en een directe gesprekspartner in deze wordt door ons zeer gewaardeerd."

Een van de voordelen is dat VSL dichtbij is. Men brengt vaak zelf de standaarden langs voor kalibratie (onderdeel van de RvA scope) en dat kost naar PTB en NPL enkele dagen per keer. Van PTB zal alleen in uitzonderingsgevallen gebruikt gemaakt worden. De prijzen van PTB vallen namelijk hoog uit, voor zover de mensen van LTCE weten, doordat ze voor niet-Duitse bedrijven hogere prijzen moeten rekenen. Daarnaast heeft PTB ook vrij ongunstige levertijden en betalingscondities. "De geboden meetonzekerheid en service van VSL is op het goede niveau voor Philips."

DARE!!: Kennisdeling en kennisontwikkeling op nationaal niveau

DARE!! is een Nederlands laboratorium dat metingen biedt voor EMC, productveiligheid, automotive en medische hulpmiddelen. Tevens verzorgen ze kalibraties van elektronische meetapparatuur. Om te garanderen dat de kwaliteit van metingen door DARE!! goed is, wordt de meetapparatuur gekalibreerd tegen de hoge standaarden van VSL.

De risico's voor transport bij kritische meetapparatuur zijn aanzienlijk. René Dijkstra, algemeen directeur van DARE!!: "Het komt vaak voor dat kostbare en gevoelige meetapparatuur tijdens het transport beschadigd raakt of door het transport beïnvloed raakt." Hij vervolgt: "Daarnaast is de levertijd van buitenlandse NMI's vaak lang en/of onbetrouwbaar. Zolang een kostbaar meetinstrument voor kalibratie buiten de deur is, kan er geen omzet meer gerealiseerd worden. Dit is voor een dynamisch en innovatief bedrijf als DARE!! slecht werkbaar."

Er wordt tevens waarde gehecht aan de kennisuitwisseling op het gebied van metrologie die een nationaal metrologisch instituut als VSL voor organisaties zoals DARE!! toegankelijk maakt. Te denken valt aan de veranderingen die te verwachten zijn op het gebied van de meetonzekerheid van metingen en kalibraties. "Door de activiteiten van VSL wordt voor de Nederlandse industrie minimaal een 'level playing field' gecreëerd en in sommige gevallen een concurrentievoordeel behaald."

Dhr. Dijkstra is tevens voorzitter van Fenelab, de Federatie van Nederlandse Laboratoria. Vanuit de functie stelt hij: "Accreditatie, normalisatie en metrologie zijn de steunpilaren van de Nederlandse industrie en vele (semi)overheidsinstellingen zoals RIVM, KNMI en het Openbaar Ministerie. Deze drie steunpilaren zijn feitelijk (semi)-overheidsaangelegenheden. Dat deze nu als zelfstandige organisaties opereren is prima en dat de industrie, daar waar het commerciële activiteiten betreft, ook verantwoordelijk is voor de financiering, spreekt voor zich. Een gedeelte van de activiteiten die voor Nederland van groot belang zijn, kunnen echter niet direct aan commerciële activiteiten zijn gekoppeld. Onder andere het bewaken van de internationale standaarden voor Nederland, het uitvoeren van onderzoek naar nieuwe standaarden en methoden en de inbreng en verankering van de

rol van Nederland in de internationale metrologiewereld. Waar zouden we zijn als we voor belangrijke standaarden als de liter, de kilo, de seconde en de graad Celsius van andere landen afhankelijk zijn?"

"Ik spreek zowel als voorzitter van de Nederlandse geaccrediteerde laboratoria en als algemeen directeur van DARE!! - exponent van de Nederlandse industrie - de hoop uit dat de politiek zich als supporter van de Nederlandse industrie, inspant om dit waardevolle en essentiële instituut in volle omvang voor Nederland te behouden."

Nederlands Kanker Instituut - Antoni van Leeuwenhoek: Radiotherapie op topniveau

Het Antoni van Leeuwenhoek (AVL) bestraalt zo'n 5.000 patiënten per jaar. Voor heel Nederland gaat het om ongeveer 55.000 patiënten. Alles op het gebied van kwaliteitscontrole rondom de bestarlingsapparatuur is in Nederland sterk nationaal geregeld via de Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie (NCS). Er ligt bij die controles een belangrijke focus op metingen voor juiste doseringen. VSL ontwikkelt meetmethoden om de hoeveelheid afgegeven straling en de verdeling daarvan steeds nauwkeuriger te kunnen bepalen in de steeds complexer wordende klinische praktijk. Het gaat hierbij om hoge bestralingsdoses met steeds kleinere velden en bestralingen in magneetvelden (MRI).

De klinische fysica is in Nederland op een hoog niveau. NCS speelt hier een belangrijke rol in en VSL speelt weer een belangrijke rol in de NCS. De onafhankelijke check van VSL wordt als heel waardevol gezien.

Jeroen van de Kamer, klinisch fysicus AVL en voorzitter NCS, geeft aan dat de nabijheid van VSL en de korte lijnen voor de kalibratie van (audit)apparatuur van belang zijn voor het NKI. "VSL is onafhankelijk en levert zeer waardevolle bijdragen aan de NCS, en daarmee aan de nationale protocollen voor radiotherapie." VSL is actief op alle ontwikkelingsgebieden van NCS: MRI-geleide radiotherapie, protontherapie, kleine-veldendosimetrie en Brachytherapie.

Jeroen van de Kamer: "De korte lijn met VSL zorgt ervoor dat radiotherapie in Nederland over de volle breedte, voor alle behandelingen, aan de top staat".

Bronkhorst High-Tech B.V.: Onderhoud standaarden en nieuwe ontwikkelingen

Bronkhorst High-Tech B.V. ontwikkelt, maakt en verkoopt instrumenten voor het meten en regelen van gas- en vloeistofdoorstroming, waaronder mass flow meters en mass flow controllers voor lage flows. Bronkhorst is op dit moment internationaal gezien koploper in dit werkveld.

Voor de ontwikkeling en productie van betrouwbare instrumenten zijn betrouwbare meetstandaarden cruciaal. Bronkhorst is voor deze standaarden afhankelijk van het werk van VSL, dat tevens aan de basis staat van de gasvolumemeetstandaard van Europa. Naast het onderhoud van de standaarden werkt VSL aan standaarden voor nieuwe energievormen, zoals LNG en biogassen, om de industrie de mogelijkheid te geven zich ook in deze nieuwe markten te ontwikkelen.

Het korten op subsidies voor het werk van VSL baart Bronkhorst grote zorgen. Dhr. Jouwsma, oprichter en eigenaar van Bronkhorst: "Als VSL niet meer in staat is om de meetstandaarden te onderhouden en nieuwe standaarden te ontwikkelen, dan heeft dat negatieve gevolgen voor ons bedrijf, maar ook voor dat van andere Nederlandse ondernemingen. Ze beheren meerdere standaarden en hebben een vooraanstaande positie in Europese en wereldwijde meetinstituten."

Het is niet zo dat er geen andere instituten zijn voor metrologie, maar de ervaringen die Bronkhorst heeft opgedaan met bijvoorbeeld PTB zijn niet positief. Met name de lange wachttijden zijn funest. "Het is moeilijk om een afspraak te maken. Vaak moeten we bij een buitenlands NMI ruim 3 maanden rekenen voordat we aan de beurt komen."

Bronkhorst is van mening dat het niet zonder de diensten en innovatie van VSL kan.

Mitutoyo: VSL is nauwkeurig en snel

Mitutoyo is een Japans bedrijf dat precisiemeetapparatuur maakt en levert, variërend van schroefmaten, schuifmaten en meetklokken tot hardheidstesters, vision-meetsystemen en 3D-coördinatenmeetmachines. Het in Veenendaal gevestigde Mitutoyo-NL leidt onder andere een RVA-erkende kalibratiedienst en kalibreert hier de meetstandaarden van de Technische Diensten van Mitutoyo-NL en van alle andere verkoopvestigingen in Europa. Het bedrijf gebruikt hiervoor de meetstandaarden van VSL. Dit betekent dat alle Mitutoyo-meetapparatuur, waar dan ook opgesteld in Nederland en Europa, herleidbaar is naar VSL.

Mitutoyo levert meetapparatuur aan bijna alle bedrijven die zich hebben verenigd in het unieke 'hightech-ecosysteem' van Brainport Eindhoven. De Original Equipment Manufacturers (OEMs) in Zuid-Oost Nederland (zoals Philips Healthcare, ASML, FEI, Canon, VDL-bus en DAF), inclusief de hele toeleveringsketen, zijn voor de economie en werkgelegenheid van Nederland van cruciaal belang. Doordat zij gebruik maken van de apparatuur van Mitutoyo zijn de activiteiten herleidbaar naar de diensten van VSL. Daarmee is VSL een essentiële schakel in het genoemde unieke 'hightech-ecosysteem' van Brainport Eindhoven.

Mitutoyo-NL heeft minder goede ervaringen met andere NMI's. Het duurt vaak maanden voordat Mitutoyo er terecht kan. Bovendien verwijst PTB regelmatig door naar geaccrediteerde laboratoria in Duitsland. De nauwkeurigheid die daar wordt geleverd is kleiner dan wat men van VSL gewend is. Ook met andere instituten heeft Mitutoyo minder goede ervaringen. Klachten zijn: lange levertijden, hoge prijzen en slechte benaderbaarheid.

Omdat Mitutoyo vanuit Nederland het kalibratiewerk coördineert en meetstandaarden kalibreert, focust het liever op VSL, dat goed benaderbaar is, een goede nauwkeurigheid levert en redelijke levertermijnen hanteert.

Bijlage 5: Reactie VSL op strategische visie RvD

Op verzoek van EZ heeft VSL een reactie gegeven op de in hoofdstuk 5 genoemde adviezen van de Raad van Deskundigen (brief van 20 januari 2014, kenmerk Br14002/AD):

“VSL is verheugd over de duidelijke en ambitieuze visie, die de Raad heeft neergelegd en over het feit dat de voorgestelde adviezen getoetst zijn bij marktpartijen en onderzoeksinstituten. De Raad stelt terecht vast dat het belang van metrologie toeneemt. Metrologie is immers zowel een ‘infratechnologie’, d.w.z. een technologische infrastructuur die Nederland nodig heeft voor handel en innovatie, als een ‘general purpose technology’, hetgeen betekent dat VSL een belangrijke rol speelt in de Nederlandse kennisinfrastructuur vanwege de brede toepasbaarheid van de scope van zijn werkzaamheden. Het ontwikkelen en onderhouden van meetstandaarden en het leveren van herleidbaarheid en volledig betrouwbare metingen is onze wettelijke taak. Onze speerpunten zijn dusdanig gekozen dat zij goed aansluiten bij de behoeftes van het Nederlandse bedrijfsleven en zijn in lijn met het zogenaamde topsectorenbeleid. VSL is een voorbeeld van een geslaagde privatisering (dit jaar 25 jaar geleden). Dit wordt door de Raad bevestigd: VSL levert kwalitatief goed werk, heeft een gerenommeerde internationale positie, besteedt de middelen uit de standaardenbeheerovereenkomst effectief en efficiënt en wordt goed gewaardeerd door zijn klanten.

Tegelijkertijd signaleert de Raad serieuze bedreigingen vanwege de door EZ opgelegde taakstellingen. Dit wordt als volgt verwoord: “Grote klanten maken zich uitgesproken zorgen over de toekomstige dienstverlening van VSL vanwege de voordurende bezuinigingen. Men vreest voor het wegvloeien van deze specifieke, voor de Nederlandse industrie uiterst relevante kennis. VSL is inmiddels de enige instelling in Nederland waar een brede en diepgaande metrologische kennis aanwezig is.” Ook constateert de Raad: “Het is duidelijk dat bij opgewijzigd beleid VSL in de problemen raakt in die zin dat substantiële onderdelen niet meer op het gewenste niveau kunnen worden uitgevoerd, dan wel geheel moeten worden afgestoten. De Raad ziet met zorg deze ontwikkeling tegemoet en adviseert met kracht [...] om te bevorderen dat deze trend wordt omgebogen.”

Advies 1

VSL steunt van harte het advies om in samenwerking met universiteiten deelposities voor senior onderzoekers in te richten. VSL zal hiertoe een plan van aanpak opstellen. Wel zij hierbij opgemerkt dat de ervaring leert dat dit soort processen een lange lead-time hebben. VSL zal een prioriteit vaststellen voor welke technologieën zij dit als eerste gaat proberen te regelen. Daarnaast zullen financiële bijdragen (van universiteiten en industrie) nodig zijn, omdat VSL, gezien opgelegde de taakstellingen, over te weinig middelen beschikt om dit advies op eigen kracht volledig in te vullen.

Advies 2

- a. VSL zal zeker actief blijven participeren in EMRP (European Metrology Research Programme) en zijn opvolger EMPIR (European Metrology Programme for Innovation and Research).
- b. Gezien het feit dat VSL met nieuw ontwikkelde meetstandaarden markttoezet moet genereren, zal zijn bijdrage aan EMRP/EMPIR eerder toegepast dan fundamenteel van aard zijn.
- c. Een intensievere samenwerking (met Europese meetinstituten, onderwijsinstellingen en bedrijfsleven) op nieuwe gebieden zal, gezien het beperkte metrologiebudget, inhouden dat op andere gebieden activiteiten worden afgebouwd. Het nieuwe financiële model van EMPIR (dat voor VSL niet gunstig uitpakt) zal met zich meebrengen dat VSL meer nog dan voorheen selectiever zal moeten zijn aan welke Joint Research Projects het zal meedoen.
- d. Het stimuleren van wetenschappelijke publicaties wordt onverminderd voortgezet.

Adviezen 3, 5, 6, 7, 11, 14, 16, 17, 19, 21, 23

Al deze adviezen worden door VSL ondersteund en zou VSL dan ook graag uit willen voeren. Gezien de consequenties van door EZ opgelegde taakstellingen moet hier echter het voorbehoud gemaakt worden dat in de praktijk niet al deze adviezen in uitvoering genomen zullen kunnen worden, omdat sommige technologie-onderdelen zullen moeten worden gereduceerd of zelfs afgestoten.

Advies 4

Een verkenning op internationaal niveau naar de haalbaarheid van gecertificeerde referentiematerialen voor voedselveiligheid is een goed idee. VSL zal zich hierbij beperken tot zijn expertise, namelijk de chemische gasanalyse.

Advies 8

VSL zal een inspanning leveren om de markt voor Tijd en Frequentie wat 'agressiever' te benaderen.

Advies 9

VSL is momenteel al in contact met partijen om het kalibreren van PET scanners en dosiskalibratoren in de toekomst aan te gaan bieden. Deze diensten zouden echter alsnog kunnen sneuvelen indien men hiervoor niet of onvoldoende wil gaan betalen.

Advies 10

De kalibratiefaciliteit voor low doserate I-125 zaadjes zal op korte termijn (2015) worden voltooid. Het afronden van de faciliteit voor high doserate I-192 zaadjes zal op zijn vroegst pas in 2015 worden opgepakt, en dan alleen indien er voldoende marktvrage naar is.

Advies 12

MDV (Massa, Druk, Viscositeit) was de enige technologie waar geen EMRP- of FP7-project liep. Vanaf mei 2014 is hier in positieve zin verandering in gekomen, doordat dan het EMRP-project ENG59 'Non-Newtonian viscosity' van start gaat.

Advies 13

Kracht en Moment zijn niet meer bij VSL in beheer en vallen daarmee strikt genomen niet langer onder zijn verantwoordelijkheid. Wel zal VSL in voorkomende gevallen vragen doorverwijzen naar andere Europese zusterinstituten.

Advies 15

Een verkenning van de markt voor nano-biotechnologie en samenwerking met universiteiten op dit gebied zal worden uitgevoerd. Dit gebied zal alleen verder worden ontwikkeld onder voorwaarde dat er aantoonbare marktpotentie is en dat voor het onderzoek externe financiering kan worden geworven.

Advies 18

Het uitbreiden van het golflengtegebied voor aardobservatie kan alleen worden gerealiseerd met extra financiering (van bijvoorbeeld geïnteresseerde marktpartijen).

Advies 20

Bij de technologie Optica zullen nieuwe gebieden worden verkend. Hier is al mee gestart, o.a. in de vorm van een nieuwe EMRP-project op het gebied van fotonische apparatuur.

Advies 22

De realisatie van een mid-scale primaire LNG-standaard met een doelonzekerheid van 0,05% is ambitieus en zal ook extra inspanning vergen. (Noot: aanvullende, externe financiering voor de realisatie van deze mid-scale faciliteit is inmiddels zeker gesteld).

Advies 24

Gasemissies is voor VSL een nieuw onderwerp. Hier wordt invulling aan gegeven doordat halverwege 2014 een nieuw EMRP-project "Metrology to underpin future regulation of industrial emissions" van start zal gaan, waarin VSL één van de projectpartners is.

Ten aanzien van hoofdstuk 7 (Nieuwe gebieden) van het visiedocument van de Raad zal VSL geen nieuwe activiteiten ontplooiën voor wat betreft safety, kleur en soft metrology. Daarnaast zijn recent de standaarden voor trillingen, kracht, brandstofstandaarden en stralingsthermometrie afgestoten. Bij Volumetrie geeft de Raad tevens als aandachtspunt mee dat het voor VSL belangrijk is om bij de ontwikkelingen op het gebied van multifasestroming betrokken te blijven. Deze betrokkenheid is inmiddels geborgd d.m.v. deelname aan een EMRP-project dat in de tweede helft van 2014 is gestart. In dit project zal VSL geen overigens faciliteit voor multifasemetingen realiseren (te hoge kosten), maar wel de benodigde kennis ontwikkelen om bestaande multifaseloops van verbeterde herleidbaarheid te voorzien."

Bijlage 6: Reactie Minister op strategische visie RvD



Ministerie van Economische Zaken

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

De Voorzitter van de Tweede Kamer
der Staten-Generaal
Binnenhof 4
2513 AA 's-GRAVENHAGE

**Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging**
Directie Mededinging en
Consumenten

Bezoekadres
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

Postadres
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Factuuradres
Postbus 16180
2500 BD Den Haag

Overheidsidentificatienr
00000001003214369000

T 070 379 8911 (algemeen)
www.rijksoverheid.nl/ez

Ons kenmerk
DGETM-MC / 14069373

Bijlage(n)
1

Datum **09 MEI 2014**
Betreft Reactie op de Strategische visie standaardenbeheer 2013-2016,
uitgebracht door de Raad van deskundigen voor de nationale
meetstandaarden

Geachte Voorzitter,

De Raad van deskundigen voor de nationale meetstandaarden is op grond van de Metrologiewet ingesteld en is een (technisch) adviescollege in de zin van de Kaderwet adviescolleges. De taak van de Raad is tweeledig. Ten eerste adviseert de Raad de regering en beide Kamers der Staten-Generaal omtrent meetstandaarden. Daarnaast houdt de Raad toezicht op VSL B.V., het instituut dat belast is met het beheer en de verwezenlijking van meetstandaarden.

De Raad heeft op mijn verzoek vorig jaar een update gemaakt van zijn Strategische visie standaardenbeheer uit 2009. Het doet mij genoegen u de Strategische visie standaardenbeheer 2013-2016 van de Raad, tezamen met mijn reactie daarop, aan te bieden.

Omgevingsfactoren*VSL B.V. en meetstandaarden*

VSL is aangewezen voor het beheer en de verwezenlijking van de nationale meetstandaarden. Dit betekent dat VSL voor de in de Metrologiewet opgenomen meeteenheden fysieke meetstandaarden verzorgt. Hierdoor heeft de Nederlandse maatschappij de beschikking over betrouwbare en internationaal vergelijkbare meetstandaarden. De metrologische infrastructuur zorgt ervoor dat er wereldwijd met dezelfde maten gemeten wordt. Door het steeds kleiner worden van apparatuur en de uitbesteding van productie over verschillende landen is het van groot belang dat de kilo, de meter of de ampère overal dezelfde zijn. Een juiste invulling van het standaardenbeheer is een belangrijke randvoorwaarde voor het mogelijk maken van maatschappelijke en technologische ontwikkelingen in Nederland.

EMPIR

In de afgelopen jaren is er gewerkt aan de voorbereiding van een nieuw Europees Metrologisch Research Programma, EMPIR, de opvolger van het eerdere en succesvolle programma EMRP. U bent daarover eerder per brief geïnformeerd (TK 2013-2014, 21 501-30, nr. 316). Inmiddels heb ik de Nederlandse bijdrage aan dit programma ter grootte van € 16.500.000 over een periode van 10 jaar toegezegd. Hiervan wordt € 15 miljoen gefinancierd via het metrologiebudget van VSL en € 1,5 miljoen door de externen, zoals universiteiten en kennisinstellingen.



15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging
Directie Mededinging en
Consumenten

DGETM-MC / 14069373

De besluitvorming over het programma is in zijn eindfase. EMPIR zal voorzien in de toenemende behoefte aan geïntegreerde metrologische maatoplossingen ter ondersteuning van innovatie en economische groei in onze op kennis gebaseerde economie. Als gevolg van EMPIR kan mogelijk een verdere specialisatie per instituut optreden.

Reactie op de strategische visie van de Raad

De Raad is gevraagd een strategische visie te ontwikkelen met betrekking tot het standaardenbeheer in de komende jaren. Gezien de grondigheid van het vorige advies uit 2009 en de actuele stand van zaken met betrekking tot de implementatie daarvan heeft de Raad gemeend te kunnen volstaan met een update van het vorige advies. Ook deze keer heeft de Raad vanuit haar positie en expertise de werkzaamheden zelf ter hand genomen.

Ik wil mijn waardering uitspreken over de kwaliteit van het door de Raad opgestelde advies. De Raad is er wederom in geslaagd een toegankelijk en helder advies op te stellen op het door velen als technisch complex ervaren terrein van de metrologie.

Meetstandaarden

De Raad concludeert dat het standaardenlaboratorium VSL de speerpunten (chemie, volumetrie, hoogspanning, radiometrie en nano- en micrometrologie) uit de vorige visie goed heeft opgepakt. Een groot gedeelte van de adviezen (13 van de 24) behelst dan ook het voortzetten van de ontwikkelingen op deze terreinen, waarbij met name op het gebied van elektriciteit meer focus wordt aangebracht. Daarnaast adviseert de Raad om de behoefte aan standaarden en herleidbaarheid te onderzoeken (6 van de 24 adviezen, alsmede twee aandachtspunten) op een aantal terreinen, waaronder scanners en bestralingsapparatuur in de gezondheidszorg, de nano-biotechnologie en multi-fase stromingsmetingen. De adviezen ten aanzien van het voortzetten van de reeds ingezette ontwikkelingen neem ik onverkort over. Ook het uitvoeren van de genoemde verkenningen vind ik belangrijk omdat op basis daarvan kan worden ingespeeld op maatschappelijke of industriële behoeften. Wel zal de vraag uit de markt en de beschikbaarheid van (externe) financiering daarbij scherp in het oog gehouden moeten worden.

Banden met het onderwijs

De Raad adviseert om de banden tussen de universitaire wereld en het standaardenlaboratorium VSL aan te halen door op een aantal gebieden VSL medewerkers in deeltijd aan te stellen bij universiteiten. Dit is in lijn met een eerder door mijn ministerie uitgevoerde verkenning ter uitvoering van de toezegging aan uw Kamer dat het oprichten van een platform voor metrologie en het aanstellen van een (deeltijd) hoogleraar zouden worden onderzocht en uitgewerkt (TK 2009-2010, 32 029, nr. 5). De verkenning heeft duidelijk gemaakt dat er op dit moment te weinig draagvlak is voor een platform voor metrologie en een brede hoogleraar algemene metrologie.

Directoraat-generaal
Energie, Telecom &
Mededinging
Directie Mededinging en
Consumenten

DGETM-MC / 14069373

De door de Raad voorgestelde kleinschalige benadering met gastdocenten en gespecialiseerde deeltijdhoogleraren creëert een win-win situatie waarbij VSL bijdraagt aan het opleiden van goede vakmensen en tegelijk profiteert van de mogelijkheden van universitair onderzoek. Ik ondersteun deze ontwikkeling, waarbij de financiële ruimte gevonden moet worden binnen de huidige randvoorwaarden.

Budget

De Raad spreekt zijn zorg uit over de voortdurende bezuinigingen door de overheid op de budgetten voor metrologie, mede in vergelijking tot de ons omringende landen. Ik begrijp die zorg. Het metrologiebudget is afgelopen jaren echter in beperktere mate geraakt door taakstellingen dan andere terreinen. Uitbreiding van budgetten is in het huidige tijdgewricht niet aan de orde. Ik zal VSL vragen om de gevolgen van de bezuinigingen op het beheer en de ontwikkeling van de nationale meetstandaarden en de in het vorige punt genoemde investering in het onderwijs inzichtelijk te maken in het nog op te stellen meerjarenplan. Op basis daarvan kunnen dan mogelijk keuzes gemaakt worden ten aanzien van de implementatie van de adviezen van de Raad en een eventuele verdere specialisatie, uiteraard in samenhang met de beschikbaarheid van meetstandaarden en herleidbaarheid in de ons omringende landen.

Conclusie

De Raad bevestigt de juistheid van de door VSL reeds ingezette richtingen en ontwikkelingen op de diverse gebieden en doet aanbevelingen om de behoefte aan meetstandaarden op een aantal terreinen nader te verkennen.

Nagenoeg alle adviezen van de Raad neem ik over, met de vermelding dat steeds de vraag uit de markt en de beschikbaarheid van (externe) financiering goed in het oog gehouden moeten worden. Een verhoging van het budget voor metrologie acht ik niet aan de orde.

Ik zal op korte termijn VSL verzoeken conform het bovenstaande een meerjarenplan op te stellen voor de jaren 2016-2019. Het meerjarenplan kan aanleiding geven om prioriteiten te stellen met betrekking tot de implementatie van de adviezen van de Raad.



H.G.J. Kamp
Minister van Economische Zaken

Bijlage 7: Overzicht van hypothetische reductiescenario's

	Scenario A	Scenario B
Omschrijving		
Scenario	Opheffen niet-speerpunten	Overal bezuinigen
Technologie		
Chemie		Opheffen gasgeneratielab
Elektriciteit DCLF		Opheffen QHE, MFK, JOS, DC ratio, kleine stromen, hoog/laag Ohm
Elektriciteit HF	Opheffen	Ontwikkeling en beheer beperken
Ioniserende Straling	Opheffen	Opheffen
MDV – Massa	Opheffen	
MDV – Druk	Opheffen	
MDV – Viscositeit	Opheffen	Opheffen
Lengte		Ontwikkeling beperken
Thermometrie – Temperatuur		
Thermometrie – Vocht	Opheffen	Opheffen
Optica		Ontwikkeling beperken
Tijd en Frequentie	Opheffen	Ontwikkeling stoppen
Volumetrie – Lage Druk		Opheffen anemometrie
Volumetrie – Hoge druk		Trasys stoppen
Volumetrie – Vloeistof		
Voor-en nadelen		
Voordelen	- Focus op NL topsectoren, incl. Energie en High-tech Systems	- Focus op NL topsectoren, incl. Energie en High-tech Systems - Alle basiseenheden blijven behouden
Nadelen	- 2 SI basiseenheden verdwijnen (kg, s), waardoor niet meer aan de Metrologiewet wordt voldaan - Kennis Massa en Druk verdwijnt, probleem voor resp. Chemie en Flow - Voor Viscositeit geen gelijkwaardig alternatief in EU - Extra kosten i.v.m. inkopen herleidbaarheid	- Chemie: geen leidende positie luchtkwaliteit meer - Volumetrie: fors beperkte herleidbaarheid hoge druk gas - Voor Viscositeit geen gelijkwaardig alternatief in EU - Uitholling in de breedte
Consequenties KT/LT		
Korte termijn	- Fors verlies marktomzet en bijbehorend continuïteitsrisico - Raakt sectoren: kalibratielaboratoria, MKB, producenten high-tech meetapparatuur, overheden, R&D laboratoria	- Veel faciliteiten worden (sub)kritisch qua omvang - Raakt sectoren: chemie, kalibratielaboratoria, MKB, overheden, R&D laboratoria
Lange termijn	- Toekomstige marktomzet onzeker - Bedreiging reputatie - Continuïteitsrisico	- Toekomstige marktomzet onzeker - Bedreiging reputatie - Continuïteitsrisico
Verlies aantal unieke, externe klanten (2013+2014)	227	145
Marktomzet		
Verlies marktomzet (k€)	274	174
Verlies EU-omzet (k€)	202	239
Totaal externe omzetverlies (k€)	476	413
EZ-budgetontwikkeling		
Totaal bruto omzetverlies EZ (k€)	959	959

	Scenario C	Scenario D
Omschrijving		
Scenario	Metrologiewet i.c.m. marktpositie	Opheffen van één speerpunt
Technologie		
Chemie	Ontwikkeling <i>versterken</i>	
Elektriciteit DCLF	Ontwikkeling beperken	
Elektriciteit HF	Opheffen	Opheffen
Ioniserende Straling	Opheffen	
MDV – Massa		
MDV – Druk	Opheffen	
MDV – Viscositeit	Opheffen	
Lengte	Ontwikkeling beperken	
Thermometrie – Temperatuur		
Thermometrie – Vocht	Opheffen	
Optica	Ontwikkeling beperken	Speerpunt geheel opheffen
Tijd en Frequentie		
Volumetrie – Lage Druk	Ontwikkeling <i>versterken</i>	
Volumetrie – Hoge druk		
Volumetrie – Vloeistof		
Voor-en nadelen		
Voordelen	- Chemie en Flow versterken i.v.m. financieel gezond VSL	- 'Slechts' 1 technologie verdwijnt (Optica)
Nadelen	- Fors minder R&D in de breedte (Lengte, Optica, DCLF) en DCLF geen speerpunt meer - Relatief veel faciliteiten opheffen - Voor Viscositeit geen gelijkwaardig alternatief in EU - Extra kosten i.v.m. inkopen herleidbaarheid	- Verlies van SI-basiseenheid (cd), waardoor niet meer aan de Metrologiewet wordt voldaan - Alleen speerpunt opheffen is niet genoeg, ook Ioniserende Straling - Relatief veel omzetverlies
Consequenties KT/LT		
Korte termijn	- Snel krimpend portfolio en bijbehorend continuïteitsrisico - Raakt sectoren: kalibratielaboratoria, MKB, producenten high-tech meetapparatuur, overheden, R&D laboratoria	- Fors verlies totale omzet en bijbehorend continuïteitsrisico - Raakt sectoren: high-tech systems, verlichting, MKB
Lange termijn	- Fors minder innovatie: * Bedreigt marktgroei * Bedreigt continuïteit * Bedreigt reputatie * Verlies van toponderzoekers	- Fors minder innovatie: * Bedreigt marktgroei * Bedreigt continuïteit * Bedreigt reputatie * Verlies van toponderzoekers
Verlies aantal unieke, externe klanten (2013+2014)	163	63
Marktomzet		
Verlies marktomzet (k€)	164	240
Verlies EU-omzet (k€)	295	308
Totaal externe omzetverlies (k€)	459	548
EZ-budgetontwikkeling		
Totaal bruto omzetverlies EZ (k€)	959	959

Bijlage 8: Klantenlijsten 2013 + 2014 voor enkele specifieke gebieden

Unieke klanten 2013-2014 HF

██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	

Elektriciteit Hoogfrequent (HF) heeft 11 verschillende/unieke klanten, waarvan 75% uit Nederland, waaronder het Ministerie van Defensie. Verder betreft het voornamelijk Nederlandse bedrijven.

Unieke klanten 2013-2014 Druk

The table consists of two columns of redacted information, represented by black bars. The first column contains 28 rows of redacted text, and the second column contains 28 rows of redacted text. The redaction covers all content within the table area.

Druk heeft 57 verschillende/unieke klanten, waarvan 75% uit Nederland, waaronder 3 Ministeries en 3 andere overheidsinstellingen, 8 radiotherapeutische of medische instellingen, KNMI en 3 nationale instituten/laboratoria (o.a. voor waterkwaliteit). Verder zijn het voornamelijk Nederlandse bedrijven.

Enkele voorbeelden van 'one-stop-shop' klanten van VSL
--

Bedrijf	Bedrag (k€)	Chemie	EL/TF	IO	MDV	Lengte	Temperatuur	Optica	Flow gas	Flow vloeistof
	115	x	x		x	x			x	x
	67		x		x	x	x	x		
	55		x		x	x	x	x		
	38		x		x		x	x	x	
	31				x	x	x	x		
	30		x				x			