



Freiburg, 24. März 2016

Konzeptpapier

# Kaskadenlaser in der Industrie

## Trends und FuE-Bedarf

in Kooperation mit dem NAMUR Arbeitskreis 3.6.3



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Workshop »Quantenkaskadenlaser in der Industrie« Stand der Technik, Trends und Potenziale</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Ergebnisse des Workshops</b>	<b>5</b>

## Autoren

### **Dr. Armin Lambrecht**

Kompetenz- und Geschäftsfeldentwicklung

Telefon +49 761 8857 122

E-Mail: [armin.lambrecht@ipm.fraunhofer.de](mailto:armin.lambrecht@ipm.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Heidenhofstr. 8

79110 Freiburg

### **Dr. Stefan Stieler**

MSR- und Analysentechnik

Telefon +49 69 305 6494

E-Mail: [stefan.stieler@bilfinger.com](mailto:stefan.stieler@bilfinger.com)

Bilfinger Maintenance GmbH

Industriepark Höchst, Geb C619

65926 Frankfurt / Main

# 1 Workshop »Quantenkaskadenlaser in der Industrie« Stand der Technik, Trends und Potenziale

## Workshop am Fraunhofer IPM

Am 12. November 2015 diskutierten über 70 Experten aus Industrie und Wissenschaft auf Einladung des Fraunhofer IPM und des NAMUR Arbeitskreises 3.6.3. über die neuesten Entwicklungen in diesem Technologiefeld und deren wirtschaftliche Perspektiven.

Sieben Fachvorträge legten die Grundlage für die nachfolgende »Open Space«-Diskussion. Die zentrale Frage dabei war: **Wird sich die Lasertechnik im mittleren Infrarot in der industriellen Prozessmesstechnik etablieren?** Die Ergebnisse des Workshops werden in diesem Konzeptpapier präsentiert.

## Stand der Infrarot- Kaskadenlaser

Quanten-Kaskadenlaser (QCL) im mittleren Infrarot (MIR) sind heute am Markt erhältlich. Seit Kurzem gilt dies auch für Interband-Kaskadenlaser (ICL), die den Spektral- und somit den Messkomponentenbereich erweitern. Die Technologie der QCL- und ICL-Bauelemente hat seit ihrer ersten Entdeckung rasante Fortschritte gemacht – sie sind aktuell die bedeutendsten MIR-Laserquellen für die Messtechnik. QCL und ICL werden bereits für verschiedenen Anwendungen genutzt, insbesondere für die Gasanalytik; Laborsysteme wurden entwickelt und in Feldversuchen erprobt. Vereinzelt werden QCL-basierte Systeme bereits in der Prozessanalytik eingesetzt, beispielsweise zur Abgasmessung im Kfz-Prüfstand oder für die Detektion von Spurengasen.

## NAMUR e.V.

Die Prozessmesstechnik ist eine wichtige Technologie für Verfahrenstechnische Anlagen und Teil des Fachgebietes Automatisierungstechnik. Größter Fachverband für die Automatisierungstechnik der Prozessindustrie ist die NAMUR e.V. Die NAMUR leistet einen Beitrag zur Wertschöpfung der Unternehmen der Verfahrenstechnischen Industrie durch die Zusammenführung von Kompetenzen mit dem Ziel effizienter, nachhaltiger und sicherer Produktionsprozesse.

Der NAMUR Arbeitskreis 3.6 »Analysenmesstechnik« hat die **Technologie-Roadmap »Prozess-Sensoren 4.0«** erarbeitet und auf der NAMUR-Hauptsitzung im November 2015 der Öffentlichkeit vorgestellt. Die Prozessmesstechnik und -analytik ist eine »Enabling-Technology« der »smarten« verfahrenstechnischen Anlage. Die Roadmap zeigt Wege zur Realisierung der »smart factory« mit Hilfe der Prozess-Sensoren auf und formuliert hierzu Thesen. Der NAMUR AK 3.6 sieht QCL als besonders interessante Technologie für die Zukunft an.

Auch in der Technologie-Roadmap »Prozesssensoren 4.0« von NAMUR und VDI/GMA haben die neuartigen Laserquellen positive Erwähnung

gefunden: »Quantenkaskadenlaser (QCL) im mittleren Infrarot haben ebenfalls den Status von einer Forschungs-/Labormethode zu robust arbeitenden und kommerziell verfügbaren Modulen gewechselt... «

### **»Open Space«- Diskussion**

Im Workshop »Quantenkaskadenlaser in der Industrie« wurden in einer »Open Space«-Diskussion folgende Fragestellungen ausgewählt, in Gruppen intensiv diskutiert und schließlich im Plenum die Gruppenergebnisse vorgestellt:

- Wirtschaftliche Zusammenarbeit von Anwendern und Entwicklern?
- Türöffner-Anwendungen?
- Sind die QCL reif für die Industrie?
- QCL – mehr als eine Nische?

## 2 Ergebnisse des Workshops

Die Lasertechnik wird sich in den kommenden Jahren zunehmend in der Prozessmesstechnik etablieren. Die in der aktuellen Technologie-Roadmap »Prozesssensoren 4.0« von VDI/VDE und NAMUR dargestellten Thesen und Handlungsfelder können insbesondere in der »Online-Spurenanalytik« durch die Kaskadenlaser adressiert werden. Übergreifend kamen alle Diskussionsgruppen dabei zu Ergebnissen, die im Folgenden als Thesen formuliert sind.

### **Kaskadenlaser sind reif für die Industrie.**

Die erhältlichen Komponenten haben inzwischen einen hohen technischen Stand erreicht, erfüllen wesentliche Anforderungen der NAMUR und sind generell für viele Wellenlängen verfügbar. Insbesondere bei oft untersuchten Standard-Molekülen der Gasphase ist eine gute Versorgung mit Lasersystemen erkennbar, wohingegen »exotische« Wellenlängen noch immer einen großen einmaligen Entwicklungsaufwand bedeuten. Technologische Reife wird insbesondere bei den einmodigen DFB-Lasern gesehen, die in den meisten Geräten verwendet werden. Die aufgrund der bisher niedrigen Stückzahlen noch hohen Kosten stehen einer verbreiteten Anwendung allerdings noch im Wege.

Die langen Betriebszeiten (Stichwort Investitionsschutz) von Prozessmessgeräten von über 10 Jahren erfordern nicht nur eine lange Lebensdauer des Lasermoduls selbst, sondern auch die Verfügbarkeit von Ersatzteilen über einen langen Zeitraum. Kritisch wird daher die langfristige Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und der Service durch Laser- bzw. Modullieferanten gesehen.

Breitbandquellen wie Lasermodule mit externem Resonator oder Laserarrays werden als sehr zukunftssträftig eingestuft, sind aber noch nicht reif für einen industriellen Einsatz in der Prozessmesstechnik. Hier sind weitere FuE-Arbeiten erforderlich.

### **Die Standardisierung von Komponenten und Modulen ist notwendig.**

Die Vielfalt der verschiedenen Gehäusebauformen und Lasermodule unterschiedliche Spezifikationen der Hersteller usw. führen zu einem erhöhten Aufwand bei der Geräteentwicklung. Hier ist dringend eine Standardisierung erforderlich. Ebenso ist eine konsequente Modularisierung der Lasermodule mit definierten Schnittstellen wichtig. Die Modularisierung vereinfacht den Service und dient auch zum Nachweis der Betriebsbewährtheit von Komponenten.

Lasermodule als Teil von Messsystemen in Prozessanwendungen sollten mit Zertifikaten (Explosionsschutz nach ATEX, CE, ...) erhältlich sein, um sie an potenziellen Messstellen je nach Anwendungen ein-

setzen zu können. Dies erhöht die Anforderungen an das Lasermodul, begrenzt die optische Leistung und setzt ein fundiertes Design des Gesamtsystems voraus.

**Die Zusammenarbeit von Anwendern und Entwicklern ist wichtig.**

Eine Zusammenarbeit zwischen Geräteentwicklern und Anwendern ist in der Regel für die Realisierung erfolgreicher Kaskadenlaser-Projekte notwendig. Öffentlich geförderte Verbundvorhaben können hier innovative Anwendungen erschließen und das ansonsten weitgehend vom Geräteentwickler getragene Risiko verringern.

Der hohe Entwicklungsaufwand kann durch die verstärkte Modularisierung, durch Baukastensysteme für bestimmte Anwendungen und durch Dienstleistungen («Design-center» für Lasermesssysteme) reduziert werden.

**Kaskadenlaser-Systeme sind eine Nische – aber mit Wachstumspotenzial.**

Systeme mit QCL oder ICL finden sich überwiegend in Nischenanwendungen für bisher ungelöste Messaufgaben und Spezialanwendungen, bei denen Vorteile wie Schnelligkeit, Selektivität und niedrige Nachweisgrenzen entscheidend sind.

Skaleneffekte, die bei Massenanwendungen bei anderen Halbleitertechnologien auftreten und eine deutliche Preisreduktion bei Kaskadenlasern ab Stückzahlen von mehr als 10.000 nach sich ziehen würden, sind auf Grund des sehr zersplitterten Marktes und der hohen Anforderungen an spektroskopisch einsetzbare Laser gegenwärtig nicht zu erwarten.

Allerdings werden zahlreiche Chancen für eine Markterweiterung gesehen:

- Durch gesetzliche Vorgaben, wie beispielsweise die EU-Abgasrichtlinien im Automobilbereich, kann ein höherer Bedarf entstehen. Interessante Gaskomponenten sind dabei beispielweise Schwefelverbindungen oder Formaldehyd.
- Für die Öl- und Gas-Branche und die aufkommenden Power-to-X-Technologien werden Chancen gesehen. Für einzelne Gaskomponenten ist ein Ersatz von GC-Systemen möglich.
- Ein großer Markt wird auch für medizinisch-diagnostische Anwendungen erwartet, z. B. für die nichtinvasive Blutzuckerbestimmung.

Bei fortschreitender Entwicklung von Breitbandlaserquellen im MIR können QCL-/ICL-Systeme aufgrund ihrer hohen spektralen Leistungsdichte etablierte Prozess-FTIR-Systeme ergänzen und in bewährte Chemometrie-Lösungen integriert werden. Hier ist sowohl auf der Lichtquellenseite als auch für Systeme und Messverfahren noch erheblicher FuE-Aufwand notwendig.