

# Gasanalyse ganz einfach gemacht

## abstimmbare Diodenlaser

**Wenn es um die Prozesssicherheit zum Schutz von Menschen, der Umwelt und Investitionen geht, ist nur die beste Ausrüstung gut genug. Dies trifft auch auf die Messung von Gasen in industriellen Prozessen. Anwender stehen unzähligen Messoptionen gegenüber, aus denen sie sehr sorgfältig die passende Technologie für die jeweilige Messaufgabe auswählen müssen. Entwicklungen im Bereich der abstimmbaren Diodenlaser machen diese Technologie besonders interessant für leistungsstarke Messungen einzelner Gase.**

Bei der dauerhaften Absicherung von Produktionsprozessen sowie der Aufrechterhaltung inerter Bedingungen spielen extraktive Sauerstoffmesssysteme eine wichtige Rolle. Sie müssen auch härtesten Bedingungen gewachsen sein, was wiederum bedeutet, dass ein erheblicher Wartungsaufwand betrieben werden muss, um die Leistung der Systeme auf einem akzeptablen Niveau zu halten.

Üblicherweise erreichen die über die gesamte Lebensdauer anfallenden Wartungskosten eines extraktiven Sauerstoffanalysators mit dazugehörigem Probennahme- und Aufbereitungssystem nahezu das doppelte der Kosten für Kauf, Engineering und Installation. Das belastet nicht nur Wartungsbudgets, es gefährdet auch die Gesamtausbeute des Prozesses, weil paramagnetische Systeme ohne Vorwarnung ausfallen, sobald Feuchtigkeit und Staub in die Messzelle eindringen. Diese erheblichen Nachteile entfallen beim Einsatz eines abstimmbaren Diodenlasers (Tunable Diode Lasers, TDL), mit dem die Messungen in situ mit höchster Genauigkeit und Zuverlässigkeit nahezu wartungsfrei erfolgen.



## Lasertechnologie ermöglicht Analysen ohne störende Interferenzen

Sauerstoffanalysatoren, die Messungen schneller durchführen und genauere Daten bereitstellen können, werden immer das Interesse der chemischen Industrie auf sich ziehen. Wenn sie im Vergleich zu anderen Systemen auch noch deutlich geringere Betriebskosten verursachen, stellen sie ein sehr attraktive Alternative dar.

Bei der engbandigen Laserspektroskopie wird die Absorption des Lichts in einzelnen Linien gemessen. Für die Messung verwendet man VCSEL- oder DFB-Laser, die normalerweise in der Kommunikationsbranche Verwendung finden. Diese Laserdioden lassen sich abstimmen und emittieren dann eine spezifische Wellenlänge, die exakt mit dem Teil des Spektrums übereinstimmt, in dem ein bestimmtes Gas seine Absorptionslinie hat und somit gemessen werden kann. Durch Steuerung von Temperatur und Stromzufuhr des Lasers lässt sich ein schmalbandiger "Scan" der ausgewählten Absorptionslinien durchführen, um die Fläche der Linien zu bestimmen und darüber die Konzentration des Gases.

Mit der Absorptionsspektroskopie werden Gase in industriellen Prozessen gemessen. Sauerstoff lässt sich in situ, also direkt im Gasstrom messen, ohne aufwändige Bypasskonstruktionen oder die Entnahme und Aufbereitung von Proben. Die Messung kann bei Temperaturen von bis zu 1500 °C oder 10 bar erfolgen und zwar vollkommen frei von Störungen durch Hintergrundgase. Da Staub die Absorption im Gasstrom abschwächt, ist eine Verringerung der Signalstärke zu erwarten. Die meisten TDLs auf dem Markt sind in der Lage, selbst mit bis zu 90 % abgeschwächten Signalen zu arbeiten.

## Vereinfachte Installation und Inbetriebnahme

Diese Technologie ist schon seit über 20 Jahren bekannt und wurde stetig weiterentwickelt und verbessert, um die Leistung zu steigern und die Kosten zu senken. Anwender die TDLs einsetzen, müssen sich im Klaren sein über den Aufwand und die Sorgfalt, die derartige Analysatoren erfordern, damit sie auch so arbeiten, wie sie sollen und zwar von Anfang an. Problembereiche, von denen Anwender immer wieder berichten:

- Auswahl der Messstelle bezüglich Temperatur und Druck: Die Absorptionslinien ändern sich in Abhängigkeit von Temperatur und Druck (siehe Abb. 1). Genaue Konzentrationswerte sind also nur unter Berücksichtigung der Werte für Temperatur und Druck im Gasstrom zu ermitteln. Üblicherweise erledigen das externe Sensoren, die in der Leitung eingebaut sind. Stimmt der von den Sensoren gelieferte Wert für das zu messende Gas nicht, dann kommt es zu erheblichen Fehlmessungen. Als Daumenregel kann gelten, dass eine Abweichung von

50 mbar einer Abweichung von 1 % des Konzentrationswerts entspricht.

- Auswahl der passenden Spülgeschwindigkeit: TDL ist ein berührungsloses Messverfahren, daher sind die Laserdiode und der Detektor gegen den Prozess durch Fenster zu schützen. In einem typischen Aufbau mit einer quer durch die Leitung verlaufenden TDL-Messstrecke, sind separate Spülleitungen für den Sender auf der einen Seite der Leitung und den Detektor auf der anderen Seite vorgesehen. Das Spülgas ist üblicherweise Stickstoff und reinigt die Fenster prozessseitig, um sie frei von Rückständen und Staubanlagerungen zu halten, die die Signalstärke rasch deutlich abschwächen könnten. Außerdem muss die Spülgeschwindigkeit ebenfalls sorgfältig gewählt werden, da eine Anhäufung von Stickstoff die Messstrecke des Lasers verkürzt, was zu Messfehlern führen kann.
- Ausrichtung von Flanschen für Sende- und Empfangseinheiten: Obwohl der Laserstrahl nicht durch besondere Einbauten gebündelt wird (parallel), wie etwa bei einem Laserpointer für Präsentationen, müssen beide Einheiten bis auf 1 - 2° zueinander ausgerichtet werden, damit der Strahl den Detektor trifft. Die Flansche sind also zu beiden Seiten der Leitung präzise anzuschweißen, um eine grobe Ausrichtung zu gewährleisten. Die Feineinstellung erfolgt dann mit Einstellschrauben an der Sender- und Empfängereinheit. Es kommt

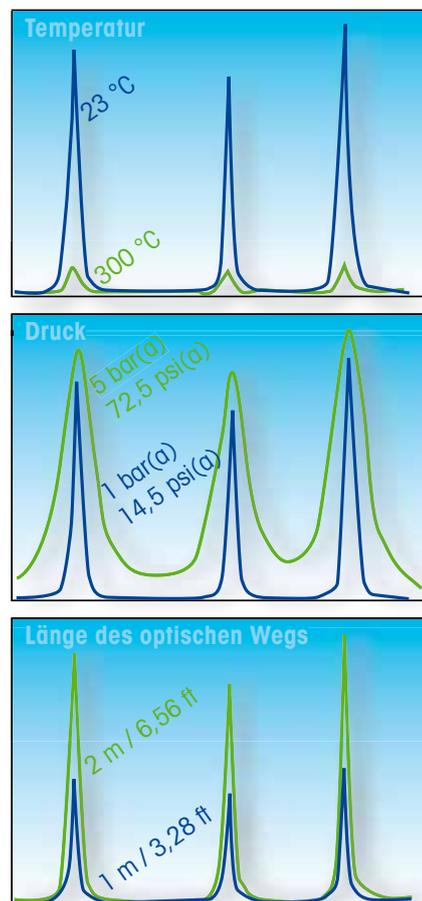


Abb. 1: Einfluss von Temperatur, Druck und Länge des optischen Wegs auf Absorptionslinien

durchaus häufiger vor, dass die Ausrichtung wiederholt werden muss, wenn der Prozess mit höheren Temperaturen abläuft. So lassen sich Unterschiede in der wärmebedingten Ausdehnung zu beiden Seiten der Leitung ausgleichen.

### In-situ TDL Sensordesign

Quer durch die Leitung verlaufende In-situ TDLs sind zwar häufig, aber nicht die Regel. Eine der Möglichkeiten die Gefahren einer solchen Installation zu vermeiden sind TDLs im Sensordesign. Der Messkopf ist der Teil eines Sensors, der in den Gasstrom hineinragt und vom Gas umspült wird. Bei einem TDL-Messkopf sitzen Laserdiode und Detektor auf derselben Seite der Leitung. Der abgegebene Strahl wird in den Detektor mittels eines Corner-Cube-Moduls reflektiert (siehe Abb. 2 unten). Ein Corner-Cube-Modul reflektiert den Laserstrahl parallel zum abgegebenen Strahl zurück, unabhängig davon, wie das Modul ausgerichtet ist. Der optische Weg ist bereits ab Werk voreingestellt.

Dieses Sensordesign bietet unschätzbare Vorteile gegenüber quer eingebauten TDLs:

- Ein Ausrichten der Flansche ist nicht nötig, da der gesamte optische Weg geometrisch durch den Messkopf vorgegeben ist. Das ermöglicht eine Plug and Play Installation.
- Das Spektrophotometer lässt sich vom Messkopf trennen, der auch gleichzeitig als Dichtung der Prozessschnittstelle gegenüber dem Gasstrom fungiert. Der Analysator kann ohne Prozessunterbrechung gewartet werden.
- Der optische Weg ist "gefaltet". Das bedeutet, dass bei gegebener Einbaulänge der Strahl den doppelten Weg zurücklegt und somit auch die Genauigkeit des Sensors doppelt so hoch ist. So lassen sich auch in Leitungen mit geringem Durchmesser noch hervorragende Nachweisgrenzen erreichen. Das bedeutet, dass die Gaskonzentration auch dort gemessen werden kann, wo der Prozess dies erfordert und nicht auf Stellen beschränkt ist, an denen der Einbau eines quer durch die Leitung verlaufenden TDLs möglich ist.

Hinzu kommt, dass Fortschritte in der Verarbeitung zu immer kompakteren TDLs führten, sodass die gespülten Gehäuse für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen gegen ex-geschützte Gehäuse mit Zulassungen gemäß FM und ATEX ausgetauscht werden konnten. Um die Konformität für explosionsgefährdete Bereiche zu erreichen, müssen nun nicht mehr lange und teure Glasfaserverbindungen zwischen medienberührten Teilen im Prozess und der Elektronik des Analysators eingesetzt werden. Das kann ein entscheidender Vorteil bei der Wahl der Messstelle im Prozess bedeuten, denn der Platzbedarf von Sensoren mit TDLs ist minimal.

### Fortschrittliche Signalverarbeitung

Moderne TDLs für Anwendungen im Bereich Prozesssicherheit und Sicherheit allgemein arbeiten nicht nur mit stabilen und langlebigen Dioden modernster Bauart als Laserlichtquellen, sie profitieren auch von fortschrittlichen Algorithmen der Signalverarbeitung, die ein deutlich breiteres Spektrum an Prozessbedingungen abdecken können und stabile, reproduzierbare Konzentrationswerte liefern. Eine der zentralen Entwicklungen betrifft die Wellenlängenstabilisierung, ein generelles Problem von TDLs. Dabei ist sicherzustellen, dass die von der Laserdiode abgestrahlte Wellenlänge exakt dem Wellenlängenbereich entspricht, in dem das Absorptionsmaximum auftritt. Und zwar auch nach längeren Zeiträumen, in denen ein TDL-System zwar eingeschaltet ist, aber keine Gaskonzentration misst. Mit der SpectraID™ -Technologie für die Sauerstoffmessung wird von drei aufeinanderfolgenden Absorptionsmaxima die Höhe, die relative Lage zueinander und die Fläche analysiert. Das Ergebnis wird dann mit einem physikalischen Modell der Absorptionslinien verglichen. Wird eine Übereinstimmung der beiden Datensätze festgestellt, dann handelt es sich um einen "DNA-Match". Es kann davon ausgegangen werden, dass die festgestellten Absorptionsmaxima vollständig erkannt wurden (siehe Abb. 3).

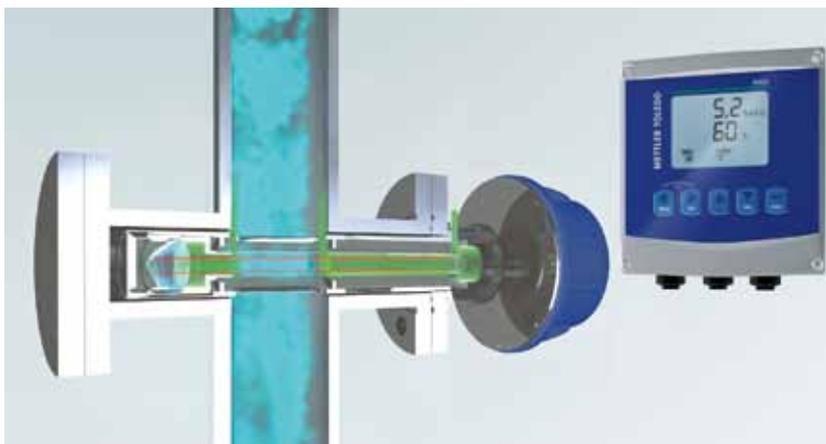


Abb. 2: GPro 500 TDL im Sensordesign mit gefaltetem optischen Weg und Corner Cube (links)

### Das Licht der Zukunft

Abstimmbare Diodenlaser rücken wegen ihrer unvergleichlichen Vorteile, was die Zuverlässigkeit der Messung angeht, immer mehr ins Zentrum des Interesses: Keine störenden Interferenzen, Signalstabilität über lange Zeiträume und nahezu völlige Wartungsfreiheit. Aus Sicht des Lieferanten wird es eine Fülle an Innovationen geben, die dem Anwender zugute kommen werden:

einfache Installation und Inbetriebnahme sowie höhere Signalstabilität sind nur einige der Beispiele für Verbesserungen, die jetzt bereits verfügbar sind. Sieht man sich die Entwicklungen in naher Zukunft an, dann wird die Verfügbarkeit von Laserdioden im Mikrometerbereich neue Horizonte öffnen. Weitere Gase werden messbar sein und TDLs werden zu einer nicht mehr wegzudenkenden Plattform in der Gasanalyse.

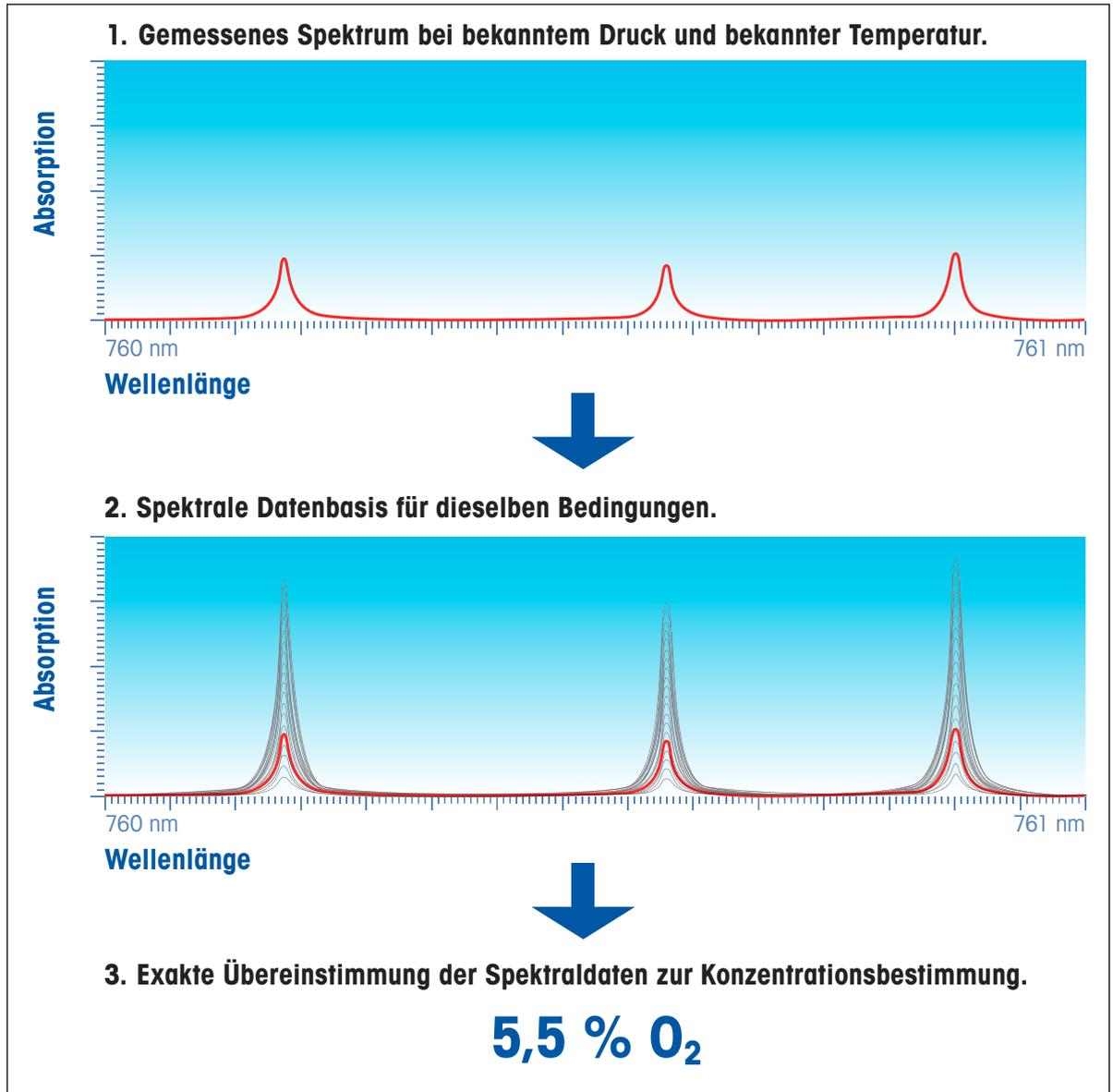


Abb. 3: Von drei aufeinanderfolgenden Absorptionsmaxima werden die Höhe, ihre relative Lage zueinander und die Fläche analysiert.

Weitere Informationen unter:

► [www.mt.com/o2-gas](http://www.mt.com/o2-gas)