

Neue Horizonte beim Einsatz von beheizten Messgasleitungen für die Emissionsmesstechnik

Emissionsmesstechnik von zunehmend globaler Bedeutung!

Durch die globale Erderwärmung und dem daraus resultierenden Klimawandel kommt der Überwachung von Emissionen aus industriellen Prozessen oder dem Fahrzeugverkehr eine zunehmende Bedeutung zu. Hierfür werden kontinuierliche Emissionsüberwachungssysteme (CEMS) nach Maßgaben entsprechender Umweltgesetzgebungen weltweit eingesetzt. Neben dem Analysator selbst spielt dabei die beheizte Messgasleitung eine zentrale Rolle in der Emissionsmesstechnik. Sie sorgt beim Transport des Messgases zum Analysator für eine konstante Temperatur über dem Taupunkt des Messgases.

Dies verhindert, dass Kondensation von wasserhaltigen Bestandteilen oder anderen gasförmigen Komponenten stattfindet, die bei niedrigen Temperaturen ausfallen und die Messergebnisse verfälschen oder gar die Leitung verstopfen können. Außerdem beeinflusst die beheizte Probenleitung den Energiebedarf des Gesamtsystems und die daraus resultierenden Betriebskosten maßgeblich.

Beheizte Messgasleitungen spielen eine zentrale Rolle bei der Zuverlässigkeit von CEMS-Systemen

Vor allem bei extraktiven Emissionsmessanlagen (siehe Abb. 1) ist die Beheizung des Probentransportes von entscheidender Bedeutung. Die übliche Haltetemperatur von beheizten Messgasleitungen für die Analyse von Emissionen in Europa liegt in der Regel zwischen 180 °C und 200 °C. Die genaue Temperatur kann je nach Normen, Vorschriften und spezifischen Anforderungen der Messung variieren. So sind in manchen Weltregionen auch Haltetemperaturen von nur 120°C üblich.

Vielfältige Design-Varianten

Dabei gibt es eine Vielzahl von Variationsmöglichkeiten bei der Systemkonzeption der Rohrbündel wie der Anzahl der Probenleitungen (eine oder mehrere Innenseelen, optional auch unbeheizte Kalibriergas- oder pneumatische Rohre), dem Material der Messgasleitung

(z.B. Edelstahl, Fluorpolymere, siehe Tab. 1), der Regelungstechnik (geregelt oder selbstregulierende Heizleitungen) oder dem Material des Wetterschutz-Außenmantels (z.B. Edelstahl, Polyamid, thermoplastisches Polyurethan) oder dem Isolationsmaterial.

Die Auswahl der richtigen Messgasleitung für den Einsatz in Proben-transportsystemen von Analysegeräten erfordert daher eine kritische Betrachtung der Prozess- und Anwendungsbedingungen.

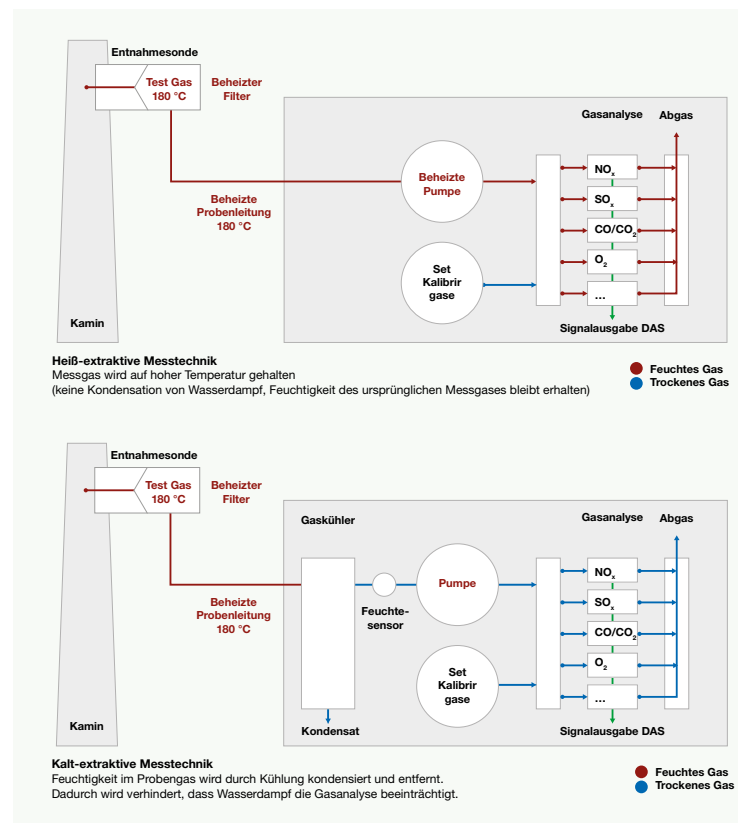


Abb. 1: Varianten in der extraktiven Gasanalyse

| Material für Messgasleitungen (Innenseele) | Vorteile | Einschränkungen |
|--|---|--|
| Edelstahl (z. B. 304L oder 316L, geschweißt und nahtlos) | kostengünstig langlebig für hohe und niedrige Temperaturen geeignet | reaktiv eingeschränkte Korrosionsbeständigkeit |
| Fluorpolymere (z. B. PTFE, PFA, PFE) | korrosionsbeständig inert kostengünstig | permeabel für Gase bei extremen T oder p extrem leicht zu beschädigen niedriger Schmelzpunkt |
| Super-Legierungen (z. B. Hastelloy, Monel, Inconel, Incoloy) | korrosionsbeständig | teuer begrenzte Verfügbarkeit reaktive Oberfläche |
| Oberflächenbehandlungen (z. B. Elektropolierung, chemische Passivierung) | korrosionsbeständig inert temperaturbeständig | teuer anfällig für mechanische Schäden empfindlich auf Abrieb v. a. bei Metall-Leitungen eingesetzt |

Tab. 1: Typen von Probenleitungen (Messgas führende „Innenseelen“)

Präzise und robuste Messung

Denn eine unsachgemäße Auswahl der Rohrleitung kann zu Verfälschungen der Messergebnisse oder im Extremfall auch zu einem Ausfall des Analysensystems führen, der durch Adsorption, Verunreinigungen im Rohr, Spannungsrissskorrosion oder Gas-Permeation verursacht werden kann. Eingeschränkter Probenfluss, lange Verzögerungszeiten und Knickstellen durch nicht ausreichende mechanische Stabilität sind ebenfalls Probleme, die häufig mit der Auswahl der Rohre zusammenhängen. Bei Ex-Anwendungen muss zudem auf die Verhinderung von elektrostatischer Aufladung geachtet werden.

Einfache und flexible Installation

Bei der Installation der Messgasleitung spielt wiederum der Verlegungsweg in der Anlage und die daraus resultierenden Leitungslängen eine wichtige Rolle. Biegeradien, die Kürzbarkeit sowie die individuelle Anpassbarkeit bei der Montage vor Ort oder die maximale Heizkreislänge aber auch die Anzahl der benötigten Heizkreise sowie die Anschlussleistung müssen bei der Projektplanung berücksichtigt werden. Das Design der Probenleitungen hat daher auch Einfluss auf den Energiebedarf und damit auch die Profitabilität und Nachhaltigkeit des Gesamtsystems.

Herausforderungen beim Probentransport in der Praxis

Innovationen und Weiterentwicklungen im Bereich der beheizbaren Messgasschläuche fokussieren sich vor allem auf eingesetzte Materialien, Heiztechnologien und Modularität. So drängen neben den überwiegend handgefertigten, traditionellen PA12-Ringwelleitungen mit Festwiderstandsheizung zunehmend maschinell gefertigte, extrudierte Leitungen mit selbstbegrenzenden Heizbändern oder Parallelheizdrähten auf den Markt.

PA 12-Ringwell – Die flexible Traditionelle

Ringwelleitungen bieten eine hohe Flexibilität, insbesondere bei engen Verlegungswegen. Ein weiterer Vorteil ist, dass diese Leitungen eine geringe Permeationsneigung von Kohlenmonoxid (CO) in den Probenweg zu beobachten ist – der sogenannten CO-Baseline. Dieser Hintergrundwert kann aus verschiedenen Quellen stammen, wie etwa aus der Leitungsumgebung, aus Materialemissionen der Leitung oder durch die Wechselwirkung von CO mit anderen Komponenten im Gasstrom. Ist die CO-Baseline zu hoch, muss der CO-Wert

vor der eigentlichen Messung durch eine Baseline-Korrektur, spezielle Filter oder Absorber korrigiert werden, um genaue Emissionswerte zu erhalten. Bei Ringwelleitungen wird die Flexibilität der Leitung durch eine geringere Packungsdichte des Isolationsmaterials erkauft. Dadurch ist die gesamte Leitung allerdings undichter, CO-Teilchen gehen nach außen verloren und somit spielt CO-Permeation eine geringere Rolle. Allerdings benötigt dieser Leitungstyp auch einen Energiebedarf von bis zu 120 W/m, um übliche Betriebstemperaturen von 180°C aufrecht zu erhalten.

Extrudierte Messgasleitung – Die sparsame Innovative

Extrudierte Messgasleitungen haben hingegen deutlich minimierte Wärmedurchgänge. Die hervorragenden Isolationseigenschaften werden durch ihre produktionsbedingten gleichmäßigen und glatten Oberflächen, die verwendeten Mantelmaterialien (TPU, PVC, PE) und die luftdichte Versiegelung erreicht. Dadurch wird der Energiebedarf beträchtlich reduziert. Mit nur 60 W/m lässt sich die Temperatur von 180°C halten. Das ermöglicht eine Einsparung von 25% und mehr im Vergleich zu Ringwelleitungen.

Ein weiterer Vorteil der guten Isolationseigenschaft ist, dass Leitungen selbst bei einer Länge von 100m mit einem Heizkreis, einer 32A-Ab-sicherung sowie einem konventionellen 230 VAnschluss genutzt werden können. Das spart Kabel, Anschlussarbeiten und den Bedarf von Drehstrom im Analysensystem.

Neben der vollständigen Konfektionierung einer beheizten Leitung ab Werk kann durch den eingesetzten Heizleiter (parallele, ungewickelte Heizdrähte) die Leitung auch vor Ort auf einer Seite eingekürzt werden. Das garantiert eine effiziente Verlegung ohne unnötige zusätzliche Wege, spart Kosten bei der Montage durch weniger Sicherheitsaufschläge bei den Leitungslängen und Energie im Betrieb über den kompletten Lebenszyklus.

Allerdings stellt eine im Vergleich zu Ringwelleitungen höhere Steifigkeit bei der Montage und die teilweise höhere CO-Baseline wegen ihrer hohen Isolationseigenschaften eine Herausforderung dar.

| Parameter | Ringwell-Analyseleitung | Extrudierte Analyseleitung (Beispiel PSG Ern, PSG Plus) |
|--|--|--|
| Außenmantel | Polyamid (PA12, Manteldicke 0,5 mm) | Polyvinylchlorid (PVC, Manteldicke 2 mm), Thermoplastisches Polyurethan (TPU), Polyethylen (PE) |
| Beständigkeit | Robust Mittlere UV-Beständigkeit | Extrem widerstandsfähig (PVC insbes. für chlorhaltige Umgebungen geeignet) Hohe UV-Beständigkeit |
| Verlegung | Flexible Verlegung durch kleinen Biegeradius (4-6xAD) Montagerestriktionen bei senkrechten Strecken Limitierte max. Heizkreislängen (z.B. 60 m bei 230V) | Varianten zur flexiblen Verlegung durch kleinen Biegeradius verfügbar (Extruded Flex, 4-6 x AD, Standard 7-8 xAD) Durch feste Verbindung (Verseilung) Verlegung auch auf langen, senkrechten Strecken (z.B. Rauchgaskanal oder Kolonnen) Erweiterte max. Heizkreislängen (z.B. 100m bei 230 V) |
| Längen | Bis zu 80 m vorkonfektioniert Kürzen in Abhängigkeit der Heizband-Technik möglich, nicht bei Festwiderstandsheizleitern | Bis zu 300m am Stück herstellbar Vor-Ort, flexibel kürzbar Cut-to-length alle 50-60 cm |
| Zonen | Alex-Zone 1+2, 21+22, T2, T3, T4, T6 | Atex-Zone 1+2, 21+22, T2,T3, T4, T6 |
| Isolation/ Energieeffizienz | Silikonkautschuk / eingeschränkt (90–120 Watt Im bei 180°C) | Thermovlies (ca. 25% weniger Energiebedarf) / hoch (60 Watt Im bei 180°C) |
| Kohlenmonoxid Baseline | Meist vernachlässigbar | Einschränkungen sind bei PSG Emil PSG Plus-Leitungen durch zusätzliche Designmaßnahmen eliminiert |

Tab. 2: Ringwell- vs. extrudierte Analyseleitung

Neue Innovationen im Design von Messgasleitungen

Mittlerweile liegen Produktlösungen vor, die die Vorteile beider Technologien (Ringwell- und extrudierte Leitungen) vereint.

Der innovative Leitungstyp der „PSG Emi-Leitung“ überzeugt durch technische Überlegenheit

- ✓ Flexibilität wie Ringwelleitungen aus PA 12: Der optionale Flex-Mechanismus (PSG Emi Flex) ist perfekt für verwinkelte Anlagen und schwierige Verlegungswege.
- ✓ Robustheit wie extrudierte Leitungen mit thermoplastischem Aussenmantel: Widerstandsfähig gegen mechanische Belastungen und Witterungseinflüsse.
- ✓ Hervorragende Isolationseigenschaften: Reduziert Energieverluste und verbessert die Effizienz über den gesamten Lebenszyklus
- ✓ Geringer Energiebedarf: Nur 60 W/m reichen aus, um die Leitung auf 180°C zu beheizen.
- ✓ Keine Kohlenmonoxid-Permeation: Der sichere Transport des Messgases ohne Beeinflussung der Messwerte durch „Ausgasungen“ bleibt durch spezielle Zusatzmaßnahmen garantiert.
- ✓ Maximale Heizkreislänge von 100 m: Lange Distanzen sind ohne zusätzliche Stromversorgung mit minimiertem Installationsaufwand realisierbar.
- ✓ Individuell kürzbar durch „Cut-to-Length“-Technik: Spart Material, reduziert den Installations- sowie Reparaturaufwand und vermeidet Wärmestaus.
- ✓ Die patentierten Rohrbündel (PSG Ex2 und PSG Ex3) bieten einen effizienten Schutz vor gefährlicher elektrostatischer Aufladung und werden mit einem ATEX Zertifikat für den gesamten Aufbau ausgeliefert.

Energieeffizient und nachhaltig über den gesamten Lebenszyklus

Aber die PSG Emi-Leitung ist auch nachhaltig. Ihre Energieeffizienz spart nicht nur Betriebskosten, sondern reduziert den CO₂-Fußabdruck erheblich. Abb. 3 zeigt ein Beispiel im Vergleich zu einer PA 12-Ringwelleitung.

Bei Ringwell-Leitungen ist das bei einer 50 m Leitung im kontinuierlichen Betrieb vergleichbar mit dem jährlichen Energiebedarf von zehn modernen Einfamilienhäusern. Dies bedeutet bei Haltetemperaturen von 120°C bzw. 180°C Energieeinsparungen für extrudierte Leitungen im Vergleich zu handelsüblichen PA 12-Wellschläuchen von mindestens 25%. Über den gesamten Lebenszyklus summieren sich die Einsparungen in kWh bzw. der CO₂-Bilanz deutlich (siehe Abb. 4).

Dank dieser Vorteile amortisieren sich die Anschaffungskosten innerhalb kurzer Zeit – ein echter Gewinn für Umwelt und Budget.

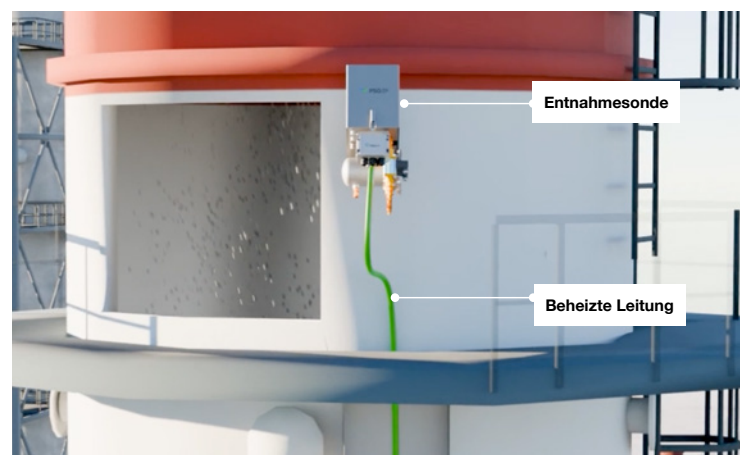


Abb. 2: Typische Verlegung einer extrudierten beheizten Emi-Leitung (auch für lange senkrechte Strecken, bis zu 300m am Stück verlegbar, Länge durch cut-to-length-Technik vor Ort anpassbar)

| 1x8x1mm PTFE | PSG Extrudiert | Flex Wellschlauch, Standard, 90 W |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Produktion | Maschinengefertigt | Überwiegend handgefertigt |
| Isolation | Thermovlies | Silikonformschlauch |
| Schichtdicke der Isolation | 10mm | 7mm |
| Außenmantel | 2mm PVC | 0,5mm PA12 |
| Heizkabel | 60W/m Parallel | 90W/m Festwiderstand |
| Haltetemperatur | 180°C/120°C | 180°C/120°C |
| Wärmeverlust 120°C pro m* | 220 kWh pro Jahr | 320 kWh pro Jahr |
| Wärmeverlust 180°C pro m* | 382 kWh pro Jahr | 510 kWh pro Jahr |

Tab. 3 : Energierelevante Parameter und Energieverbrauch einer beheizten Messgasleitung

* Der Berechnung liegen folgende Annahmen zugrunde: Verlegung der Rohre 10% innen und 90% außen, Japan (Tokio) Durchschnittstemperatur 2022, 1 Prozessrohr aus PTFE, AD 8mm und ID 6 mm, Durchflussmedium Luft, kontinuierlicher Betrieb, CO₂-Emission von 220g pro kWh

| Länge | 10m | 25m | 50m |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| Δ kWh | 19.093 | 47.736 | 31.188 |
| Δ t CO₂ | 4,2 | 10,5 | 21,0 |

Tab. 4: Einsparpotential mit extrudierten Messgasleitungen (PSG Extrudiert) über 15 Jahre



Abb. 3: PSG Extrudiert



Abb. 4: Flex Wellschlauch

Fazit – Eine neue Ära für beheizte Messgasleitungen

Insgesamt haben Innovationen die Leistung, die Flexibilität und die einfache Handhabung von beheizten Messgasleitungen deutlich gesteigert. Hierzu liefert die extrudierte, beheizte Leitung einen wichtigen Beitrag. Der maschinelle Fertigungsprozess sorgt für hohe Präzision und Konsistenz aber auch Skalierbarkeit auf höhere Produktionsmengen und Lieferschnelligkeit.

Mittlerweile liegen technische Lösungen mit hoher Flexibilität bei der Verlegung und vernachlässigbarer CO₂-Baseline vor. Aber auch bei der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit werden neue Maßstäbe gesetzt. Breitere Anwendungen für die Industrie, Forschung und vor allem für die Umweltüberwachung können dadurch mit extrudierten beheizten Messgasleitungen abgedeckt werden.