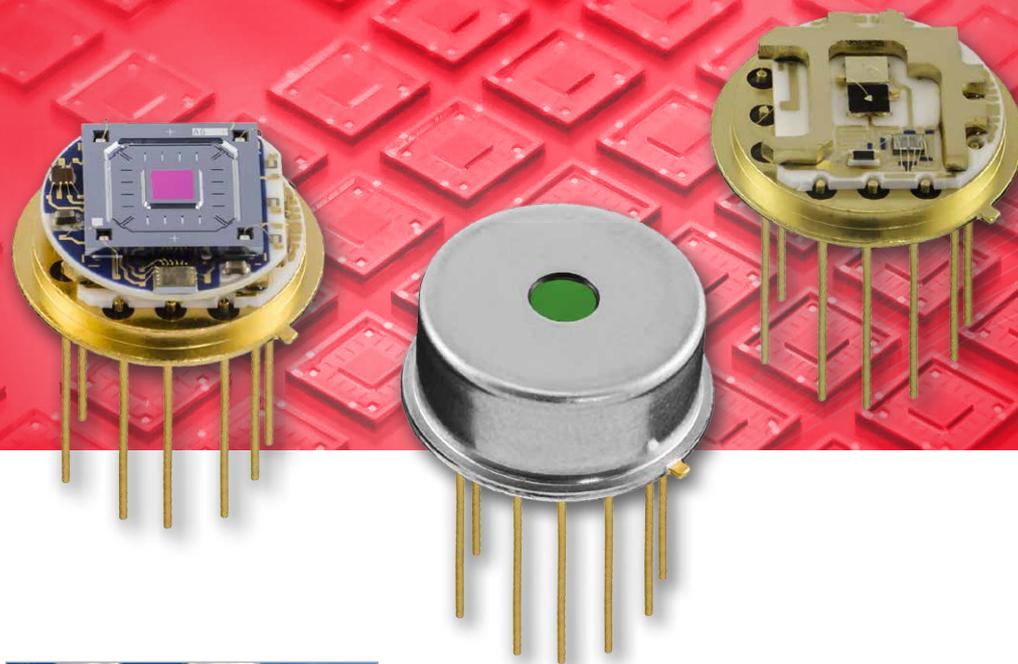
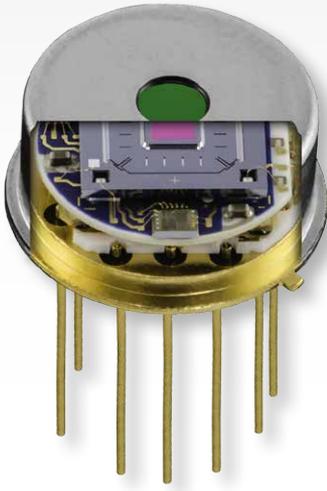


# FPI-Detektoren

Pyroelektrische Detektoren mit Spektrometerfunktion



INFRA<sup>T</sup>EC.



## High-Tech-Detektor als Low-Cost-Spektrometer

Aus der Gruppe der thermischen Detektoren haben sich aufgrund der spektralen Eigenschaften und ihrer Robustheit für zahlreiche Einsatzgebiete in der Gasanalyse und Flammensensorik pyroelektrische Detektoren seit Jahren bewährt. Die sicher einfachste Applikation ist der überall anzutreffende Bewegungsmelder. Aber auch sehr anspruchsvolle Aufgaben – oft unabdingbar zum Schutz menschlichen Lebens – werden mit pyroelektrischen Detektoren gelöst. Aus diesem Grund sind unsere Detektoren heute in Bergwerken, auf Bohrplattformen, in Operationssälen, in Chemieanlagen oder auch in Handmessgeräten zu finden.

Für die klassische Gasanalyse werden die Detektoren mit Schmalbandfiltern (NBP = Narrow Band Pass) bestückt. Diese Filter müssen jeweils auf die gasspezifische Absorptionsbande zugeschnitten sein, um die Messaufgabe erfüllen zu können. Die Messung von Gasen mit sehr eng aneinander liegenden Absorptionsbanden, wie beispielsweise Kohlenwasserstoffen, stellt eine hohe Anforderung an die Spezifizierung der Schmalbandfilter dar. Unbekannte Gase können mit dieser Methode nicht gemessen werden. Der Einbau eines durchstimmbaren Filters anstelle eines Schmalbandfilters hebt die genannten Einschränkungen auf. Außerdem eröffnet sich zusätzlich die Möglichkeit, mehrere Gase mit einem Detektor zu messen. Dazu kann ein Fabry-Pérot-Interferometer (FPI) in einem pyroelektrischen Detektor (FPI-Detektor) verwendet werden. Die Kombination mit dem pyroelektrischen Detektor ist besonders vorteilhaft, da dieser für nahezu alle Wellenlängenbereiche genutzt werden kann und

auch nicht gekühlt werden muss. Die gesamte Anordnung ist so klein, dass sie sich zusammen mit dem Signalvorverstärker in einem TO8-Gehäuse unterbringen lässt.

### FPI-Detektoren bieten

- Hohe Flexibilität hinsichtlich der zu messenden Substanzen
- Anwendung chemometrischer Methoden für die Mehrkomponenten-Analyse
- Messung bekannter Stoffzusammensetzungen mit überlappenden Banden
- Identifikation unbekannter Substanzen
- Kostengünstige, robuste und miniaturisierte Lösung

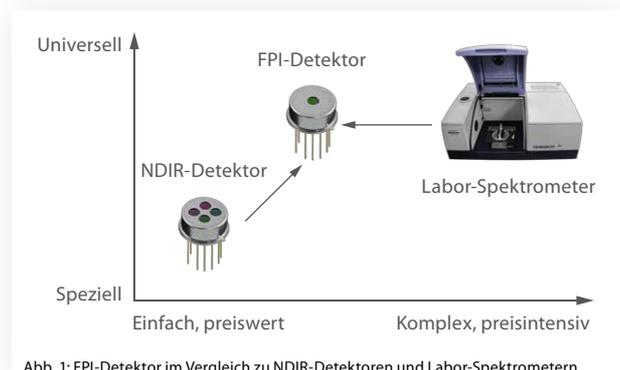


Abb. 1: FPI-Detektor im Vergleich zu NDIR-Detektoren und Labor-Spektrometern



## Anwendungsgebiete

Die Infrarotspektroskopie als physikalisches Sensorprinzip ist ein etabliertes Verfahren in der Sensorik, um Stoffkonzentrationen und Zusammensetzungen sehr selektiv und langzeitstabil zu bestimmen. Die Anwendungsgebiete sind derart vielfältig, dass hier nur einige wichtige Beispiele aufgeführt werden können. Eine besonders große Rolle spielt die Infrarotspektroskopie in der Gasanalyse, sie wird aber auch für Flüssigkeits- und Feststoffanalysen angewandt.

### Prozessmesstechnik – Analyse von flüssigen Medien in chemischen Prozessen

Die Flüssigkeitsanalyse in chemischen Herstellungsprozessen ist ein wesentlicher Bestandteil zur Optimierung von Produktqualität und -sicherheit. FPI-Detektoren haben den Vorteil, neben der hohen Flexibilität hinsichtlich der zu messenden Substanzen, dass sie wesentlich kostengünstiger, robuster und kompakter in ihrer Bauweise sind als die gegenwärtig zum Einsatz kommenden großen und sehr teuren Prozessspektrometer oder als andere aufwendige Messtechniken, wie z. B. ATR-Sonden in Kombination mit NDIR-Sensoren.

### Energietechnik – Bestimmung des Energiegehaltes von Erdgas oder Biogas

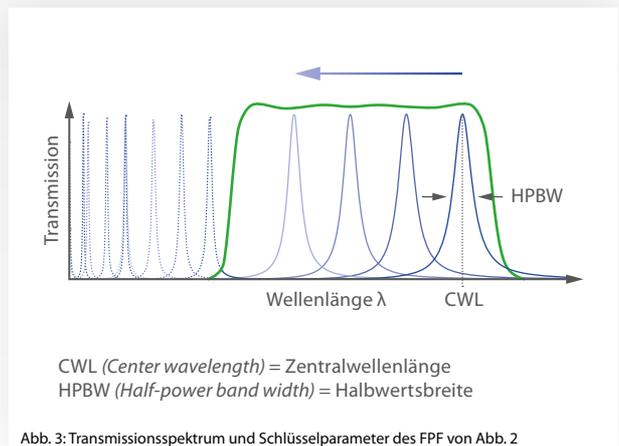
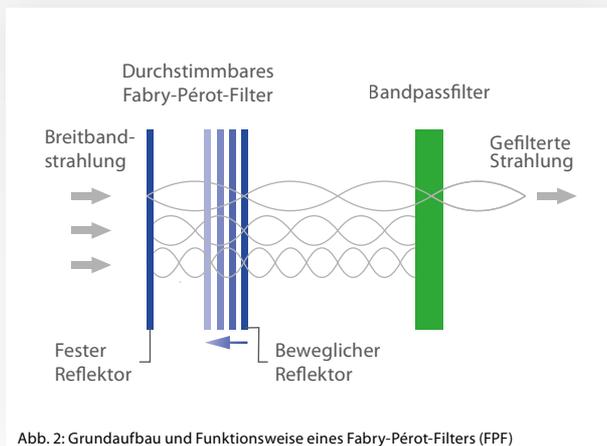
Die Bestimmung des Energiegehaltes für Abrechnungszwecke oder für die Steigerung der Energieeffizienz von Verbrennungsprozessen ist mit bisherigen Messgeräten, z. B. Gas-Chromatographen, sehr zeit- und kostenintensiv und bei kleineren Anlagen kaum wirtschaftlich. Dem daraus resultierenden steigenden Bedarf an preiswerter, genauer und schneller Sensorik wird der FPI-Detektor aufgrund seiner Bauweise und Messeigenschaften gerecht.

### Medizintechnik – Monitoring/Dosierung von Anästhesiegasen

Bei der sicheren Dosierung von Narkosemitteln müssen bis zu fünf Narkosegase, vorwiegend im Wellenlängenbereich (8 ... 11)  $\mu\text{m}$ , Lachgas und Kohlenstoffdioxid gleichzeitig gemessen werden. Aufgrund der Vielzahl der Gaskomponenten bieten sich spektrometrische Mess- und Auswerteverfahren an. Durch die zudem sehr kompakte Bauweise ergibt sich ein enormer Miniaturisierungsvorteil gegenüber konventionellen Lösungen basierend auf Schmalbandfiltern.

### Weitere Anwendungsfälle für den Einsatz von FPI-Detektoren

- In der **Sicherheitstechnik** für die Detektion giftiger bzw. gesundheitsgefährdender oder explosiver Gase
- In der **Umwelttechnik und Klimaforschung**, z. B. zur Messung von Schadstoffemissionen, für die Identifikation von Kunststoffen bei der Müllsortierung, der Lecksuche an Leitungen, der Zusammensetzung der Atmosphäre
- Für die **Messung auf Oberflächen**, um Verunreinigungen zu detektieren, die vollständige Benetzung mit Schmiermitteln sicherzustellen oder Art und Dicke von Beschichtungen zu bestimmen



## Funktionsweise des FPI-Detektors

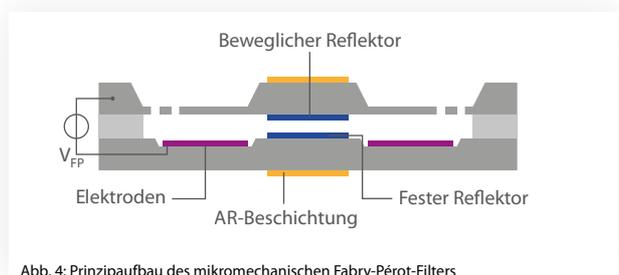
Die durchstimmbaren Filter von InfraTec basieren auf einem mikromechanischen FPI, das aus zwei ebenen, parallelen Reflektorplatten besteht (Abb. 2). Einfach ausgedrückt wirkt es als Halbwellenresonator, der eine Reihe von Transmissionsmaxima aufeinanderfolgender Interferenzordnungen erzeugt (Abb. 3). Durch Ändern des Plattenabstandes kann die Position der Maxima und damit die Zentralwellenlänge (CWL) durchgestimmt werden. Ein zusätzliches, in Reihe zum Fabry-Pérot-Filter platziertes Bandpassfilter (Ordnungsfiler) ermöglicht eine eindeutige schmalbandige Filterung.

Die grundlegenden Funktionsparameter von Spektrometern sind Wellenlängenbereich, spektrale Auflösung und Durchsatz (Signal-Rausch-Abstand). In jedem Fall erfordert die Miniaturisierung eines Spektrometers einen bestimmten Kompromiss zwischen den Zielparametern. Im Infrarotbereich gilt das ganz besonders für Auflösung und Durchsatz. Im Vergleich zu Gitterspektrometern, linearen Verlaufsfiltren oder miniaturisierten Fourier-Transform-Spektrometern bieten mikromechanische Fabry-Pérot-Filter diesbezüglich eine sehr attraktive Lösung:

- Kein Eintrittsspalt begrenzt den Durchsatz
- Scannendes Messprinzip mit einem großen Einzeldetektor hat einen Durchsatzvorteil gegenüber Detektorarrays
- Detektorzeilen für den Infrarotbereich sind sehr teuer
- Keine zusätzlichen Präzisionsoptiken werden benötigt
- Parallelplattenanordnung des FPI ist ideal für die Miniaturisierung geeignet

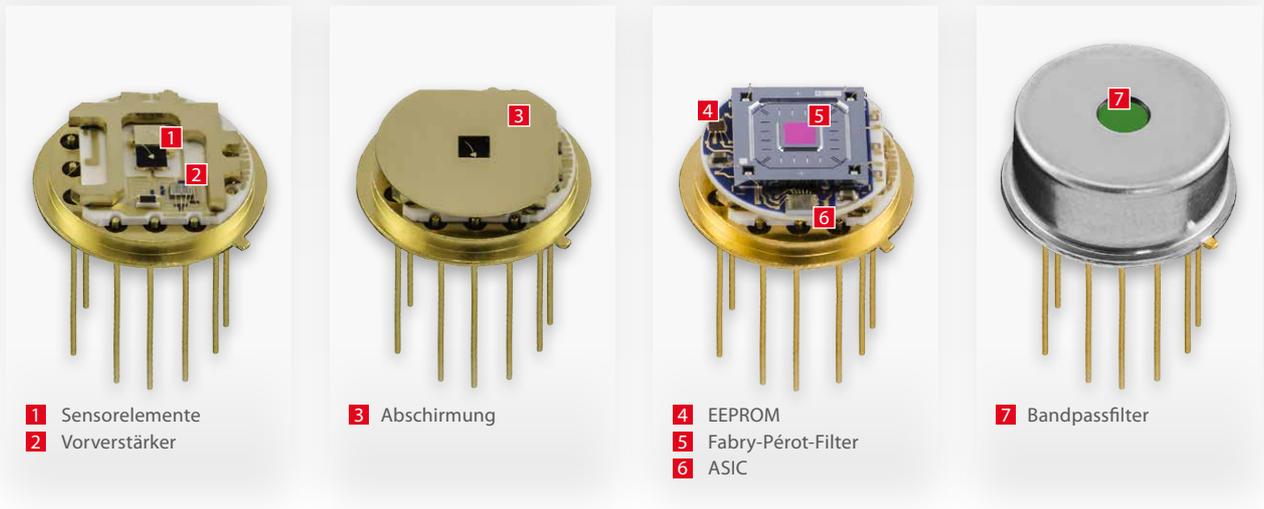
Den großen Vorteilen der spektrometrischen Messmethode steht in vielen Anwendungen vor allem die Forderung nach einem hohen Signal-Rausch-Abstand anstatt einer hohen Auflösung gegenüber. Die durchstimmbaren Filter von InfraTec sind für diese speziellen Ansprüche optimiert:

- Betrieb in erster Ordnung (größter Durchstimmbereich)
- Große Apertur von circa 2 mm (großer Durchsatz)
- Moderate Auflösung (großer Durchsatz)



Die Fabry-Pérot-Filter von InfraTec sind aus zwei gebondeten Siliziumsubstraten aufgebaut, die mit den Technologien der Volumenmikromechanik strukturiert werden. Sie bilden die zwei Platten des Interferometers sowie die Elektroden für den elektrostatischen Antrieb (Abb. 4). Dieser Ansatz hat einige große Vorteile gegenüber konkurrierenden Lösungen:

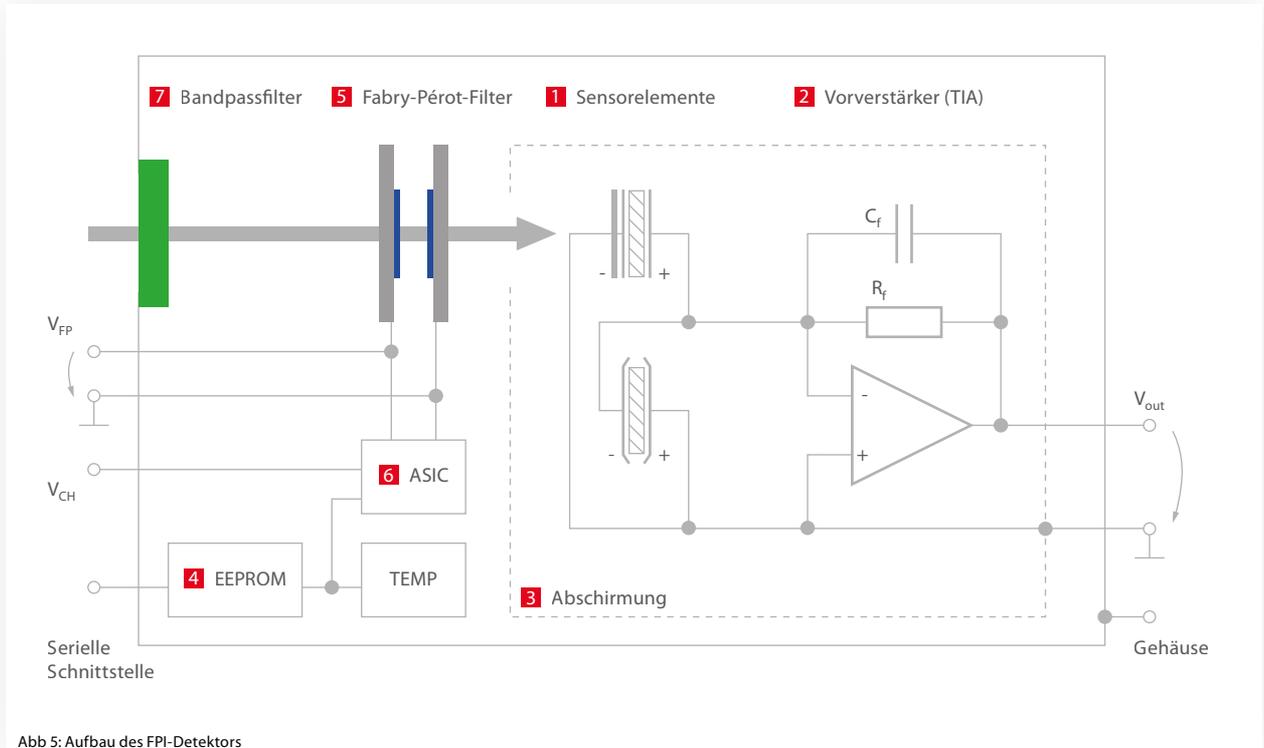
- Dicke Reflektorplatten; dadurch keine statischen oder dynamischen Deformationen
- Reflektor- und Elektrodenplatten getrennt; dadurch ist der Durchstimmbereich nicht durch Instabilitäten des elektrostatischen Antriebs begrenzt
- Dünnschichtsystem für Reflektoren und AR-Beschichtungen vom nahen bis in den fernen Infrarotbereich

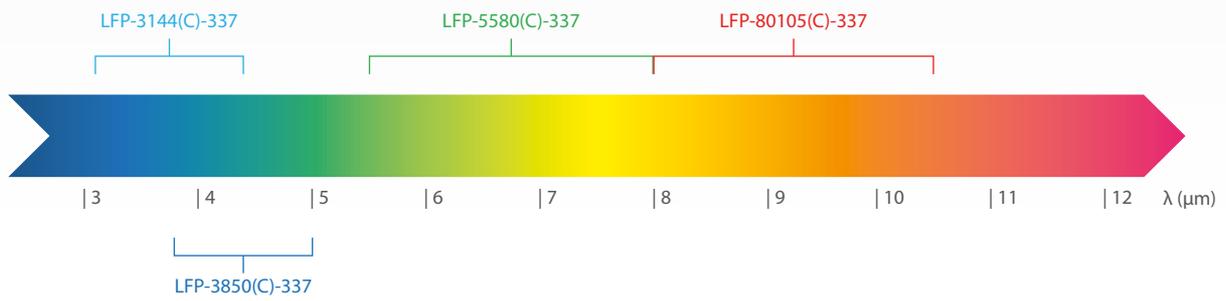


## Aufbau des FPI-Detektors

Die Fabry-Pérot-Filter sind zusammen mit einem  $\text{LiTaO}_3$ -basierten pyroelektrischen Detektor in das TO8-Gehäuse integriert. Letzterer ist thermisch kompensiert und arbeitet im Strombetrieb mit einem integrierten Operationsverstärker. Die Elementgröße von  $2 \times 2 \text{ mm}^2$  ist auf die Filterapertur angepasst. Das Bandpassfilter (Ordnungsfilter) ist in die Detektorkappe eingebaut.

Die Kalibrierdaten sind in einem internen EEPROM gespeichert. Eine Version mit integriertem ASIC zur Positionsmessung der beweglichen Reflektorplatten ist optional verfügbar. Dadurch wird die Stabilität der Zentralwellenlänge (CWL) bei wechselndem Schwerkräfteinfluss, z. B. beim Drehen des Detektors in einem portablen Gerät, gewährleistet.





## Produktspektrum

Derzeitig sind verschiedene Typen mit Fabry-Pérot-Filtern in erster Ordnung und großen Durchstimmbereichen verfügbar. Sie decken beinahe den gesamten mittleren und langwelligen Infrarotbereich von ca. (3 ... 11)  $\mu\text{m}$  ab. Andere Bereiche oder kundenspezifische Designs können angefragt werden.

Detektoren mit integriertem ASIC können in einer Regelschleife betrieben werden und sind in der Typbezeichnung mit einem „C“ gekennzeichnet. Der Abstand der Reflektorplatten wird durch eine Kapazitätsmessung realisiert. Damit kann das Filter gegen externe Beschleunigungskräfte stabilisiert werden. Temperaturdriften werden ebenso automatisch im Regelbetrieb kompensiert.

	LFP-3144(C)-337		LFP-3850(C)-337		LFP-5580(C)-337		LFP-80105(C)-337	
Durchstimmbereich CWL	(3,1 ... 4,4) $\mu\text{m}$		(3,8 ... 5,0) $\mu\text{m}$		(5,5 ... 8,0) $\mu\text{m}$		(8,0 ... 10,5) $\mu\text{m}$	
Spektrale Auflösung HPBW	(55 ... 70) nm		(60 ... 75) nm		(100 ... 130) nm		(130 ... 220) nm	
Filterzeitkonstante	(3 ... 15) ms		(2 ... 12) ms		(1 ... 10) ms		(1 ... 8) ms	
Typbezeichnung	LFP-3144-337	LFP-3144C-337	LFP-3850-337	LFP-3850C-337	LFP-5580-337	LFP-5580C-337	LFP-80105-337	LFP-80105C-337
ASIC-Regelung	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓
Anwendungsbeispiele	Umwelt-, Klima-, Gebäude-, Sicherheitstechnik				Prozessmesstechnik, Flüssigkeitsanalyse		Medizintechnik, Atemanalyse	

Fabry-Pérot-Filter und Spektrometermodule werden ständig weiterentwickelt. Unsere Entwicklungen zielen vor allem auf:

### Fabry-Pérot-Filter mit verbesserter spektraler Auflösung:

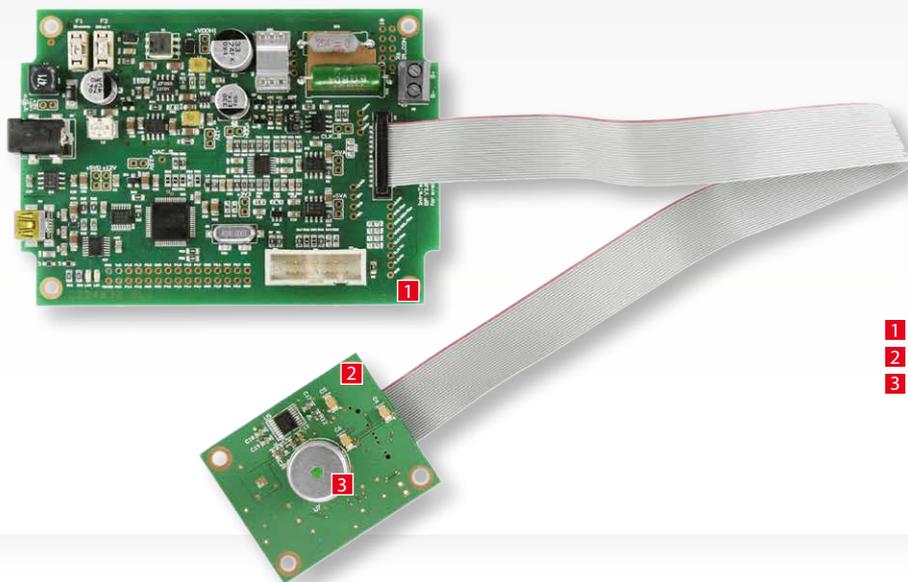
- Nutzung höherer Interferenzordnungen
- Speziell für Kohlenwasserstoffe im Spektralbereich von (3,1 ... 3,7)  $\mu\text{m}$
- Andere Bereiche auf Anfrage möglich

### Dualband Designs:

- Erweiterte Durchstimmbereiche durch simultane Nutzung zweier Interferenzordnungen
- Zweikanal-Detektor mit integriertem Strahlteiler

### Mikrospektrometer für schnelle Messungen:

- Verbesserte dynamische Filtereigenschaften, hohe Scangeschwindigkeiten
- Kombination mit schnellen Halbleiterdetektoren



- 1 Hauptplatine
- 2 Detektorplatine
- 3 FPI-Detektor

## Evaluation-Kit

Das Evaluation-Kit ermöglicht dem Kunden eine einfache Erprobung des FPI-Detektors durchzuführen, ohne Testschaltungen oder Software entwickeln zu müssen. Die zugeschnittene Software erlaubt die Ansteuerung des Detektors und einer IR-Strahlungsquelle sowie die Analyse des Detektorsignals. Mithilfe des Kits ist eine schnelle und einfache Konfiguration eines Mini-Spektrometers möglich.

Im Funktionsumfang sind enthalten:

- Betrieb des FPI-Detektors aus den im Detektor hinterlegten Kalibrierdaten sowie Signalanalyse
- Betrieb einer IR-Strahlungsquelle
- Umfangreiche Konfigurationsoptionen, einschließlich Darstellung kompletter Spektren mit der Software „Fabry-Pérot evaluation workbench“

Das Evaluation-Kit enthält eine Detektorplatine sowie Hauptplatine mit USB-Interface, USB-Kabel, Flachbandkabel, CD-ROM mit Test- und Messsoftware, USB-Treiber und Handbuch. Die Hauptplatine ist kompatibel zu allen FPI-Detektoren und kann damit sowohl Detektorplatinen für geregelte als auch gesteuerte FPI-Detektoren betreiben. Auf Anfrage ist das Evaluation-Kit auch mit einer IR-Strahlungsquelle erhältlich.

### Technische Daten

#### Spezifikationen

- Spannungsversorgung 12 V
- Stromaufnahme 150 mA (ohne IR-Strahlungsquelle)
- Integrierte Erzeugung Spannungsversorgung für Detektor  $\pm 5$  V
- Integrierte Erzeugung Fabry-Pérot-Steuerspannung (z. B. max. 35 V für LFP-3144-337)
- Betrieb einer IR-Strahlungsquelle bis 800 mA, DC bis 500 Hz (Rechtecksignal, (0... 100) % Tastverhältnis)
- Signalerfassung mit 12 Bit, 2 kHz, Analyse mit FFT-Algorithmus

#### Anforderungen

- PC mit Windows 2000, XP, Vista, 7 oder höher mit USB 2.0 Schnittstelle
- Spannungsversorgung 12 V DC (300 mA Minimum)



**InfraTec GmbH**  
Infrarotsensorik und Messtechnik  
Gostritzer Str. 61 - 63  
01217 Dresden / GERMANY

Tel. +49 351 871-8625  
Fax +49 351 871-8627  
E-Mail [fpi-support@InfraTec.de](mailto:fpi-support@InfraTec.de)  
Internet [fpi.InfraTec.de](http://fpi.InfraTec.de)



Aktuelle Daten im Internet abrufen.