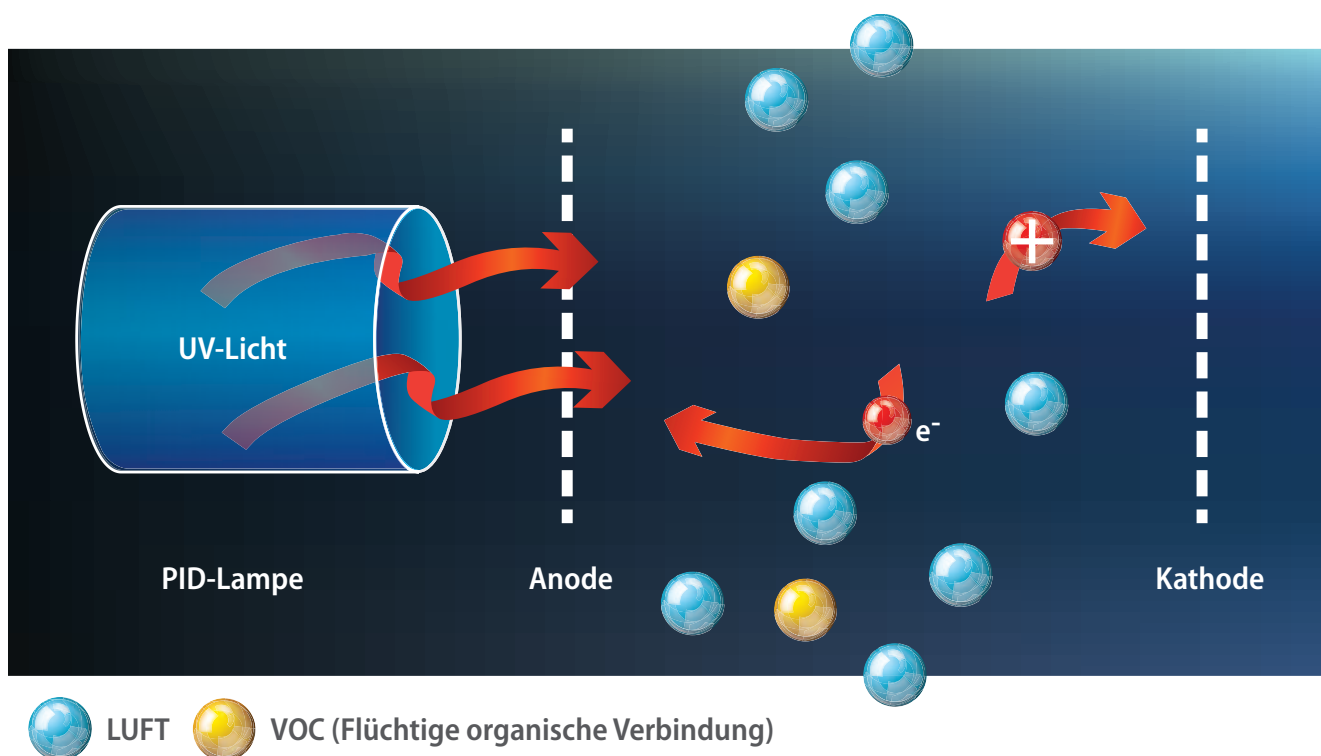


# Photoionisationsmessgeräte (PID, Photoionization Detector) Theorie und Anwendung

## Photoionisationstechnologie und ihre Funktion

PIDs erkennen und überwachen auf effiziente Weise eine Vielzahl von Gefahrstoffen und bringen so den Benutzern ein Maximum an Nutzen und Sicherheit. Unter den vielen Messmethoden für gefährliche Gase bieten nur Photoionisationsmessgeräte eine Kombination aus schneller Ansprechzeit, Benutzer- und Wartungsfreundlichkeit, Kompaktheit und der Möglichkeit der Erkennung geringer Konzentrationen auch der meisten flüchtigen organischen Verbindungen.

PIDs messen mithilfe von *Ionisation*. Wenn die Gasprobe Energie einer PID-Lampe aufnimmt, wird das Gas angeregt und sein molekularer Bestand ändert sich. Die Verbindung verliert ein Elektron ( $e^-$ ) und wird zu einem positiv geladenen Ion. Nach diesem Prozess gilt der Stoff als *ionisiert*. Hier sehen wir eine Darstellung der Photoionisation.



Die meisten Stoffe können ionisiert werden, manche leichter als andere. Die Ionisierbarkeit eines Stoffs wird als Ionisationspotential (IP) gemessen und auf einer Energieskala in Elektronenvolt (eV) angegeben. Diese Skala umfasst üblicherweise den Bereich zwischen 7 eV und etwa 16 eV. Stoffe mit einem Wert von 7 eV sind sehr leicht ionisierbar; Stoffe mit einem Wert zwischen 12 und 16 eV sind sehr schwer ionisierbar. Zu den IP-Werten einiger häufig vorkommenden Stoffe gehören:

STOFF	IP
BENZOL	9,25
HEXAN	10,13
TOLUOL	8,82
STYROL	8,47
METHYLETHYLKETON (MEK)	9,51
XYLOL	8,56
PHOSPHIN	9,87

Wenn die überwachten Chemikalien mit einem Photoionisationsmessgerät ionisiert werden, entsteht ein Strom und die Konzentration der Verbindung wird in ppm (Teile von einer Million) angegeben. PIDs verwenden eine Ultraviolett (UV)-Lampe zum Ionisieren der zu überwachenden Verbindung. Die Lampe hat oft die Größe eines normalen Taschenlampenleuchtmittels und strahlt genügend UV-Energie ab, um die Verbindung zu ionisieren. Eine Lampe mit 10,6 eV strahlt genug Energie ab, um jede Verbindung mit einem eV-Wert unterhalb von 10,6 eV zu ionisieren, also auch alles, was mit einer 9,8 eV-Lampe ionisiert werden kann. Es gibt zwar auch eine beschränkte Anzahl von Verbindungen, die eine 11,7 eV-Lampe benötigen, aber die verfügbaren Lampen sind von Natur aus instabil, was zu einer sehr kurzen Nutzungsdauer führt. Viele Kunden suchen nach anderen Messmethoden für diese Verbindungen.



#### STOFFARTEN, DIE PIDS ERKENNEN KÖNNEN

PIDs messen organische Verbindungen wie Benzol, Toluol und Xylol und auch einige anorganische Verbindungen wie Ammoniak und Schwefelwasserstoff. Als Faustregel gilt, dass ein PID verwendet werden kann, wenn die gemessene oder zu erkennende Verbindung ein Kohlenstoffatom (C) enthält. Das ist aber nicht immer der Fall, beispielsweise können Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlenmonoxid (CO) mit einem PID nicht nachgewiesen werden. Es folgt eine Aufstellung häufig vorkommender Stoffe, die ein PID messen und überwachen kann:

- Benzol
- Toluol
- Vinylchlorid
- Hexan
- Isobutylen
- Flugzeugtreibstoff
- Styrol
- Allylalkohol
- Mercaptane
- Trichlorethylen
- Perchlorethylen
- Propylenoxid
- Phosphin

#### STOFFE, DIE PIDS NICHT ERKENNEN KÖNNEN

PIDs können nicht zur Messung folgender Stoffe verwendet werden:

- Sauerstoff
- Stickstoff
- Kohlendioxid
- Schwefeldioxid
- Kohlenmonoxid
- Methan
- Fluorwasserstoff
- Chlorwasserstoff
- Fluor
- Schwefelhexafluorid
- Ozon

#### RESPONSEFAKTOREN

Das beste Kalibrierverfahren für ein PID auf verschiedene Verbindungen ist die Verwendung einer normierten Konzentration des fraglichen Gases. Das ist aber nicht immer durchführbar, weil dafür ein Sortiment mitunter gefährlicher Gase vorrätig und griffbereit sein muss. Deswegen werden Responsefaktoren verwendet. Ein Responsefaktor ist ein Maß für die Empfindlichkeit des PID auf ein bestimmtes Gas. Mithilfe von Responsefaktoren können die Benutzer eine große Zahl von Verbindungen mit einem einzigen Prüfgas messen - in der Regel mit Isobutylen. *Isobutylen* wird verwendet, weil es in der Nähe des Ionisationsmittelpunkts der meisten flüchtigen organischen Verbindungen liegt und bei den niedrigen verwendeten Konzentrationen während der Kalibrierung nicht brennbar oder toxisch ist. Die Benutzer multiplizieren einfach den Messwert des Instruments (das für Isobutylen kalibriert ist) mit dem Responsefaktor und erhalten den korrekten Wert für die zu detektierende Verbindung.

Gebrauchsanleitungen für die meisten PIDs enthalten eine Liste der Responsefaktoren. Einige PIDs haben die Responsefaktoren für häufig vorkommende Gase in der Geräte-Software einprogrammiert, so dass alle Umrechnungen mit entsprechenden Responsefaktoren automatisch durchgeführt werden. Wenn die Verbindung am Probenahmeort bekannt ist, kann das Gerät so eingestellt werden, dass es den Messwert der Zielverbindung direkt anzeigt.

## ARBEITSPLATZGRENZWERTE (AGW) UND ZULÄSSIGE BELASTUNGSGRENZE (PEL, PERMISSIBLE EXPOSURE LIMIT)

Üblicherweise werden die Alarmschwellen für Vor- und Hauptalarm für Isobutylen eingestellt. Wenn ein Benutzer ein anderes Gas überwachen muss, müssen die AGWs des fraglichen Gases ermittelt und die Alarmschwelle des Geräts entsprechend geändert werden. Die Gebrauchsanleitung der Geräte muss gelesen werden, damit nach den richtigen Anweisungen vorgegangen wird. Grenzwerte für Chemikalienkonzentrationen finden Sie bei ACGIH, NIOSH, OSHA oder in lokalen Vorschriften.

## ANZEIGEGERÄT UND ANALYSEGERÄT

Häufig wird fälschlicherweise angenommen, dass PIDs *Analysegeräte* seien. Viele erwarten, dass ein PID den am Ort des Chemikalienaustritts vorhandenen Dampf genau angibt; das ist nicht der Fall. PIDs sind zwar äußerste empfindliche und wirkungsvolle Instrumente, aber sie sind keine Analysegeräte und können zum Beispiel nicht bestimmen, ob eine ausgetretene Chemikalie Benzol oder Flugzeugtreibstoff ist. Ein PID kann erkennen, dass ein Stoff vorhanden ist, und Sie vor möglicherweise gefährlichen Situationen warnen, aber es bedarf zusätzlicher Schritte, um die genaue Zusammensetzung des Stoffs und die vorliegenden Mengen richtig zu bestimmen. Es folgt als Beispiel eine Vorgehensweise zur Bestimmung einer Stoffkonzentration am Austrittsort:

1. Stellen Sie das PID auf Isobutylen ein.
2. Detektieren und notieren Sie einen Messwert.
3. Bestimmen Sie den gemessenen Stoff mithilfe des Warnschilds oder des Sicherheitsdatenblatts.

Wenn das Warnschild oder das Sicherheitsdatenblatt angibt, dass es sich bei dem Stoff um Vinylchlorid handelt, stellen Sie den Responsefaktor des PID auf Vinylchlorid ein, um die jeweilige Vinylchlorid-Konzentration direkt ablesen zu können.

## PID-ANWENDUNGEN IN DER BETRIEBSHYGIENE

PIDs sind wegen ihrer Fähigkeit zur Erkennung mehrerer Risiken bei sehr geringer Konzentration von großem Nutzen als Überprüfungsinstrumente bei der Risikobeurteilung. PIDs bestimmen zwar keine einzelnen Verbindungen, werden aber häufig zur Bestimmung von Austrittsstellen und Verbindungsarten verwendet. Mögliche chemische Anschläge könnten Industriechemikalien verwenden; Ersthelfer können dann PIDs verwenden, um zuverlässig zu bestimmen, ob eine Chemikalie vorhanden ist und gegebenenfalls ihre Konzentration mithilfe eines Referenzfaktors genau zu messen.

## ENGE RÄUME

Industrielle Tätigkeit erzeugt viele toxische Gase und Dämpfe als Bestandteile oder Nebenprodukte. Die Verwendung eines PIDs zur Prüfung und ständigen Überwachung in engen Räumen ermöglicht als Ergänzung zur standardmäßigen Multi-Gasmessgerätekonfiguration eine umfassendere Auswertung und besseren Schutz.

## Drei Methoden zur Verwendung von Responsefaktoren bei PIDs

METHODE	BEISPIEL
<p><b>Methode #1: Vorprogrammierte Responsefaktoren</b>            Üblicherweise werden Photoionisationsmessgeräte mit 100 ppm Isobutylen kalibriert. Hunderte anderer Gase haben passende, als Responsefaktoren bekannte Korrekturwerte. Zahlreiche entsprechende Responsefaktoren sind in Photoionisationsmessgeräten vorprogrammiert. Nachdem die Benutzer das gewünschte zu messende Gas im Gerätemenu ausgewählt haben, berechnen die Geräte automatisch den korrigierten Konzentrationswert für das zu detektierende Gas. Die Gaskonzentration wird dann direkt angezeigt.</p>	<p>Das Gerät ist so kalibriert, dass es Isobutylen-Äquivalente mit einem Messwert von 100 ppm mit einer 10,6 eV-Lampe ausgibt. Es sei jetzt Ethylbenzol mit einem Responsefaktor von 0,51 das Zielgas. Wählen Sie den vorprogrammierten Responsefaktor. Das Gerät zeigt jetzt bei Einwirkung desselben Gases ungefähr 51 ppm an, also direkt den Konzentrationswert von Ethylbenzol.</p>
<p><b>Methode #2: Kundenspezifische Responsefaktoren</b>            Üblicherweise werden Photoionisationsmessgeräte mit 100 ppm Isobutylen kalibriert. Wenn ein Benutzer ein gewünschtes Gas nicht in der vorprogrammierten Liste im Gerätemenu findet, kann er ein kundenspezifisches Gas und einen Responsefaktor frei programmieren.</p>	<p>Es sei Tetrahydrofuran jetzt das Zielgas. Der Responsefaktor für Tetrahydrofuran ist 1,6 bei Verwendung einer 10,6 eV-Lampe. Programmieren Sie ein kundenspezifisches Gas für Tetrahydrofuran mit einem Responsefaktor von 1,6 und wählen Sie diesen Responsefaktor zur Verwendung aus. Das Gerät zeigt jetzt die Konzentrationswerte von Tetrahydrofuran direkt an.</p>
<p><b>Methode #3: Selbst mit Responsefaktoren rechnen</b>            Üblicherweise werden Photoionisationsmessgeräte mit 100 ppm Isobutylen kalibriert. Wenn ein Benutzer lieber den Isobutylen-Wert für ein anderes Gas ablesen und die vorprogrammierten oder kundenspezifischen Responsefaktoren nicht verwenden möchte, kann er den Messwert selbst auf das gewünschte Gas umrechnen. Wenn der Benutzer den Responsefaktor des gewünschten Gases kennt, kann er den Messwert für Isobutylen mit dem bekannten Responsewert multiplizieren. Das Ergebnis dieser Gleichung kann außen am Gerät notiert werden.</p>	<p>Das Instrument ist mit Isobutylen so kalibriert, dass es Isobutylen-Äquivalente mit einem Messwert von 10 ppm mit einer 10,6 eV-Lampe ausgibt. Es sei jetzt Cyclohexanon mit einem Korrekturfaktor von 0,82 das Zielgas. Multiplizieren Sie 10 mit 0,82, so dass Sie die umgerechnete Cyclohexanon-Konzentration von 8,2 erhalten.</p>

## LECKERKENNUNG

Oft ist die Konzentration von austretendem Gas so gering, dass Menschen sie nicht riechen können. PIDs dienen zur Erkennung geringster Gasaustritte und spüren Verbindungen schon bei Konzentrationen unterhalb von 1 ppm auf.

PIDs können bei der Leckerkennung zum Auffinden der Austrittsstelle benutzt werden. An der Austrittsstelle und in ihrer Nähe finden sich höhere Gaskonzentrationen. Wenn ein Stoff erkannt wird, muss mit entsprechender persönlicher Schutzausrüstung zur Bestimmung der Austrittsstelle in Richtung der höheren Konzentration vorgegangen werden.

## ÜBERWACHUNG VON SICHERHEITSBEREICHEN

Bei Gefahrstoffaustritten werden Sicherheitsbereiche eingerichtet, welche die Gefahrenzonen abgrenzen. PIDs können verwendet werden, um die Grenze des Sicherheitsbereichs zu bestimmen und sie bei sich ändernden Umweltbedingungen nötigenfalls zu ändern. Es könnte beispielsweise an Punkt A um 10:50 h eine Toluolkonzentration von 5 ppm gemessen werden. Um 11:05 h könnte der Messwert an Punkt A wegen der Windrichtung auf 10 ppm angestiegen sein und den Gefahrstoffarbeitern zu verstehen geben, dass der Sicherheitsbereich erweitert werden muss.

## ABGRENZUNG DES AUSTRITTS

Bei Gefahrstoffaustritten wird oft Wasser und Schaum eingesetzt, so dass zusätzlich zum ungewollt ausgetretenen Material verschiedenste Flüssigkeiten vor Ort vorhanden sein können. Ein PID hilft beim Auffinden von Gefahrstoffen und ignoriert Schaum und Wasser, da es hierauf nicht anspricht.



## SANIERUNG

Gefahrstoffaustritte können Gewässer und Böden verschmutzen und zu langfristigen Umweltproblemen führen. PIDs sind sehr hilfreich bei der Entnahme von Bodenproben zur Bestimmung, ob gemäß der geltenden Umweltbestimmungen eine Sanierung erforderlich ist.

## ERMITTLUNG NACH BRANDSTIFTUNG

PIDs werden nach Bränden häufig zum Aufspüren von Brandbeschleunigern verwendet. Wenn eine PID-Messung vorliegt, kann an der bestimmten Stelle eine Probe entnommen und im Labor analysiert werden. Bei dieser Anwendung empfiehlt es sich, den Isobutylen-Responsefaktor für allgemeine Zwecke einzustellen.

## FAZIT

PIDs sind ein äußerst wertvolles Instrument für die Industrie, die innere Sicherheit, die Strafverfolgung, die Feuerwehr und Gefahrstoffanwendungen. Ihre Empfindlichkeit, der Nachweis niedriger Konzentrationen und ihre Fähigkeit, verschiedene Verbindungen zu erkennen, lassen PIDs diese schwierigen Aufgaben leichter und wirkungsvoller erfüllen.

## Ihr direkter Kontakt



**KiLiAn Fire & Safety GmbH & Co.KG**

Franz-Betz-Str. 28, D-94227 Zwiesel

Tel.: +49 (0)9922/734 o. 802585 - Mobil: +49 (0)171/5113502  
Fax: +49 (0)9922/802586

Email: [info@kilian-brandschutz.de](mailto:info@kilian-brandschutz.de) - [www.kilian-brandschutz.de](http://www.kilian-brandschutz.de)

### Deutschland, Berlin

Thiemannstraße 1  
12059 Berlin  
Tel. +49 30 6886-0  
Fax +49 30 6886-1517  
[info.de@MSAsafety.com](mailto:info.de@MSAsafety.com)

### Deutschland, Essen

Tel. +49 201 507081-21  
Fax +49 201 507081-41

### Deutschland, München

Tel. +49 89 726300-0  
Fax +49 89 1413870

### Österreich

Modecenterstraße 22  
MGC Office 4, Top 601  
1030 Wien  
Tel. +43 1 7960496  
Fax +43 1 7960496-20  
[info.at@MSAsafety.com](mailto:info.at@MSAsafety.com)

### Schweiz

Schlüsselstr. 12  
8645 Rapperswil-Jona  
Tel. +41 43 2558900  
Fax +41 43 2559990  
[info.ch@MSAsafety.com](mailto:info.ch@MSAsafety.com)

### Italien

Via Po 13/17  
20089 Rozzano (MI)  
Tel. +39 2 89217-1  
Fax +39 2 8259228  
+39 2 89217-236  
[info.it@MSAsafety.com](mailto:info.it@MSAsafety.com)