

ARPACK-GERÄTE - ALS BEISPIEL FÜR EINE ERFOLGREICHE ANWENDUNG DER PHOTOKATALYSE ZUR MOLEKULÄREN REINIGUNG UND LUFTDESINFEKTION

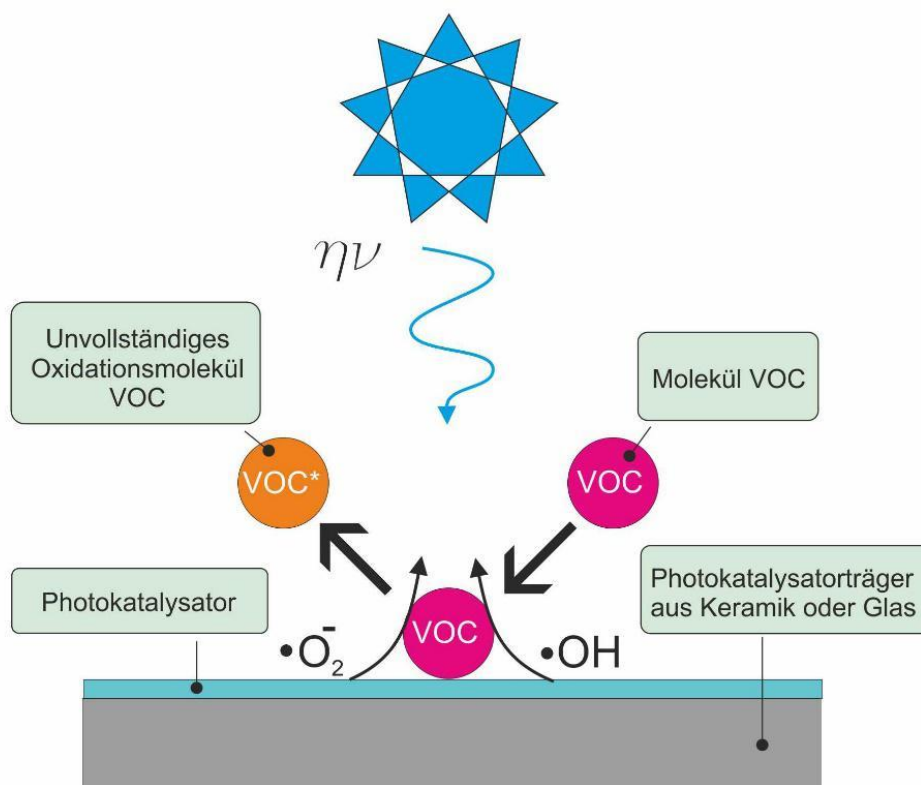
Probleme der photokatalytischen Methode

Die Problematik von Nebenprodukten beim Einsatz der Photokatalyse zur Luftreinigung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) ist nach wie vor aktuell. Diese zu minimieren ist ein wünschenswertes Ziel für alle Entwickler.

Die Wirksamkeit des Einsatzes der Photokatalyse in Luftreinigungsgeräten wird hauptsächlich durch die Fähigkeit des Photokatalysators selbst bestimmt, VOC-Moleküle in sich selbst zu adsorbieren und die Quantenausbeute des Photokatalysators (seine Fähigkeit, Photoelektronen entsprechend der Anzahl der einfallenden Photonen zu emittieren) und die Anzahl der Photonen (Leistung) der Strahlungsquelle des erforderlichen Spektrums. Den Einfluss sekundärer Faktoren, wie Feuchtigkeit, Temperatur, Gleichmäßigkeit der Photokatalysatorbeleuchtung usw., kann man im Hinblick auf Ihre Kontrolle als externe und weniger signifikante Faktoren betrachten.

Die meisten Arbeiten zur Untersuchung der Photokatalyse konzentrieren sich auf die Forschung von Photokatalysatoren als solchen, der Wirkung von Dotierstoffen auf ihre Effizienz, Strahlungsspektrum usw.. Dabei werden üblicherweise photokatalytische Zellen mit abgedichtetem Photokatalysator in Form dünner Schichten auf einem anorganischen Träger untersucht (Abb. 1), d.h. Es werden Schemata betrachtet, die aus Sicht der praktischen Anwendung offensichtlich ineffektiv sind, da die Adsorption von VOCs durch dünne Katalysatorschichten am wenigsten effektiv ist.

Abb. 1



Schema:
Photokatalytischer Reaktionen an dünnen Photokatalysatorschichten

Zellen absorbieren Luftschadstoffe schlecht. Der kurzzeitige Kontakt von VOC-Molekülen mit dem Photokatalysator führt dazu, dass Zwischenprodukte der VOC-Oxidation, unter denen Formaldehyd und Acetaldehyd am meisten besorgniserregend sind, relativ leicht von der Oberfläche „abprallen“. Auch die poröse Struktur keramischer Träger, die von einzelnen Forschern verwendet wird, ändert nichts grundlegend, denn sie vergrößert zwar die beleuchtete Oberfläche, ändert aber nichts am eigentlichen Schema photokatalytischer Reaktionen.

Auch der in Studien oft erwähnte kommerzielle Photokatalysator in Form eines Degussa P25-Pulvers (Abb. 2) kann nicht als optimal für die VOC-Adsorption angesehen werden, da die Morphologie der Pulverpartikel – in Form einzelner kugelförmiger Partikel – bedeutet nicht das Vorhandensein von Mesoporen darin, die VOC-Moleküle effektiv einfangen.

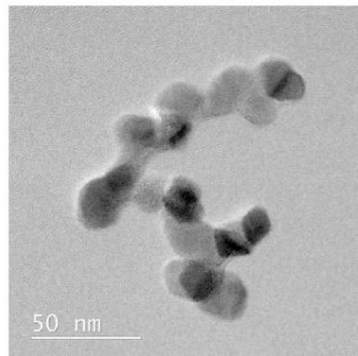


Abb. 2 Photokatalysator Degussa P25

Das Arbeitsschema der Photokatalyse in Arpack-Geräten

Das Arbeitsschema photokatalytischer Zellen in Arpack-Geräten ist grundlegend anders (Abb. 3).

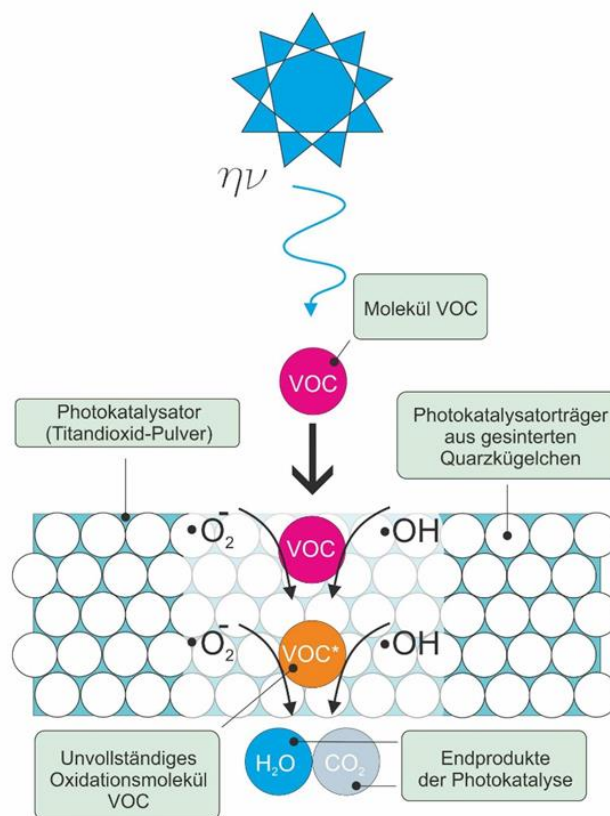


Abb. 3 Schema photokatalytischer Reaktionen in den Zellen von Arpack-Geräten

Photokatalysator - Titandioxid der Anatas-Modifikation mit sehr hoher ($350 \text{ m}^2 / \text{g}$) spezifischer Oberfläche und Morphologie in Form von porösen Agglomeraten (Abb. 4), wird gleichmäßig über das gesamte Volumen eines porösen Glasträgers aus gesinterten Glasperlen fixiert. Die Dichte seiner Anwendung beträgt $1 \text{ g} / \text{dm}^2$. In Kombination gewährleistet dies eine sehr gute Haftung von VOC, wenn Luft durch die Zelle gepumpt wird, und schafft Bedingungen für den vollständigsten Ablauf photokatalytischer Mineralisierungsreaktionen.

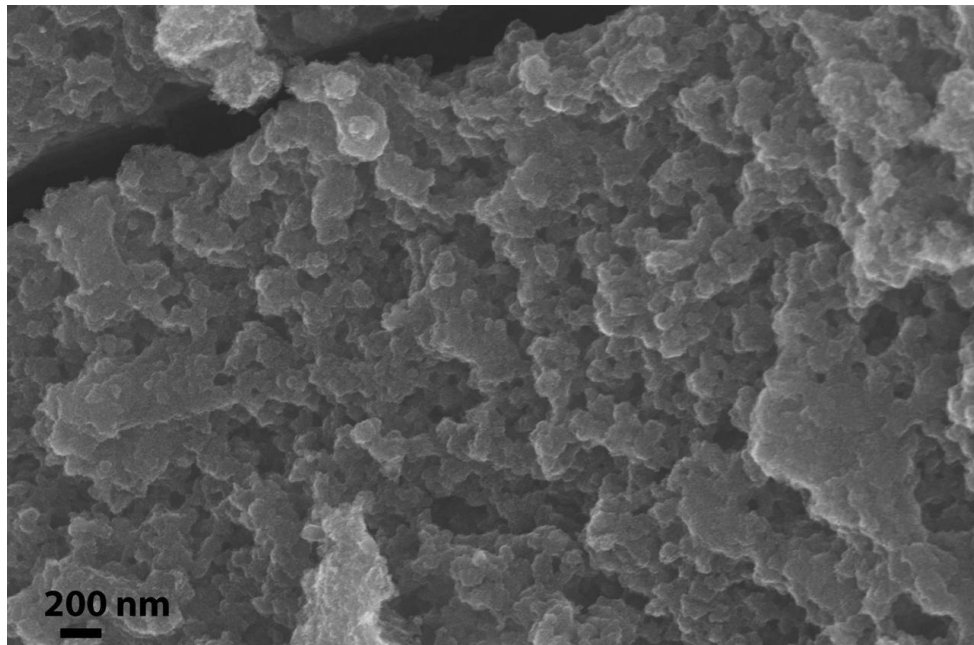


Abb. 4 Photokatalysator in Arpack-Instrumentenzellen

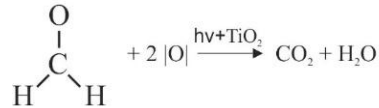
Das Trägermaterial – Quarzglas – ist für die Strahlung des photokatalytischen Spektrums transparent. Dadurch werden die adsorbierten VOC-Moleküle im gesamten Volumen des Trägers möglichst effizient photokatalytisch mineralisiert.

Das gleiche passiert mit der pathogenen Mikroflora der Luft. Es bleibt im Volumen des Photokatalysators stecken, da die Porengrößen darin mit der Größe der Mikroflora selbst vergleichbar sind und wird unter Einwirkung von UVA-Strahlung hauptsächlich zu Wasserdampf und Kohlendioxid mineralisiert.

Die Fähigkeit der photokatalytischen Zellen von Arpack-Geräten, Mikroflora zu filtern, macht sie für die Luftdesinfektion in Fällen geeignet, in denen eine Photokatalytische molekulare Reinigung der Luft aufgrund des Vorhandenseins von fluor-chlorhaltigen organischen Verbindungen darin unmöglich wird (z. B. Sevofluran in Operationssälen). In diesen Fällen kann der Prozess der Luftdesinfektion der photokatalytischen Zellen von Arpack-Geräten zweistufig sein: Die erste Stufe ist die Ansammlung von Mikroflora im Volumen des Photokatalysators ohne Bestrahlung, die zweite ist die Mineralisierung der Mikroflora ohne ihre weitere Ansammlung. Diese einzigartige Fähigkeit wurde vom Fresenius-Institut bestätigt (Bericht Nr.: BS_20210426_RW) und ermöglicht die Luftdesinfektion mit Arpack-Geräten bei garantierter Abwesenheit von VOC-Oxidationszwischenprodukten in der Luft.

Ergebnisse des Betriebs von Arpack-Geräten

Entfernung von Formaldehyd



Formaldehyd wird von Adsorptionsluftreinigern nicht entfernt. In den Räumlichkeiten zeichnet es sich vor allem durch Möbel aus Holzspanplatten aus.

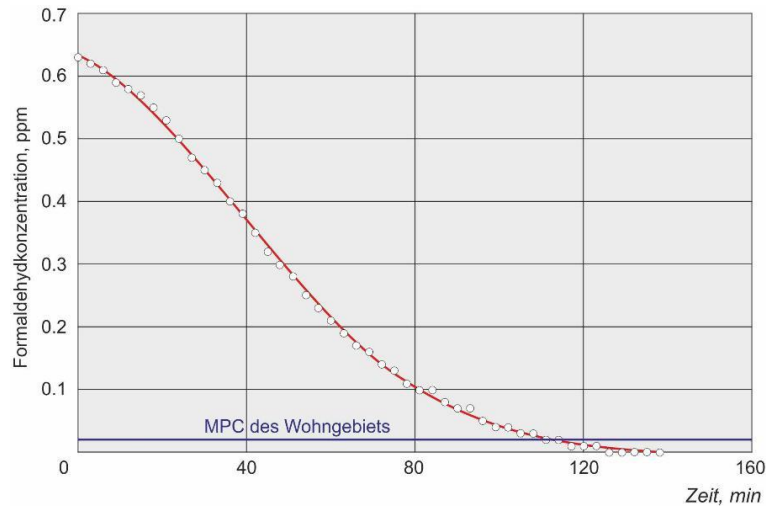


Abb. 5 Änderungen der Formaldehydkonzentration in einer Box mit einem Volumen von 10 m³ infolge des Betriebs des Arpack-Produkts mit einer 60-W-Photokatalysezele

Die Anfangsmenge an Formaldehyd beträgt 1 ml

Entfernung von Acetaldehyd

Durchschnittlicher täglicher MPC - 0,34 mg / m³ $\text{CH}_3-\text{CHO} + 5 |\text{O}| \xrightarrow{\text{hv}+\text{TiO}_2} 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Die Rate der Acetaldehyd-Mineralisierung durch das Arpack-Gerät wurde anhand der Akkumulationsrate von Kohlendioxid (CO₂) in der Test Box mit anschließender Neuberechnung der relativen Konzentrationen geschätzt.

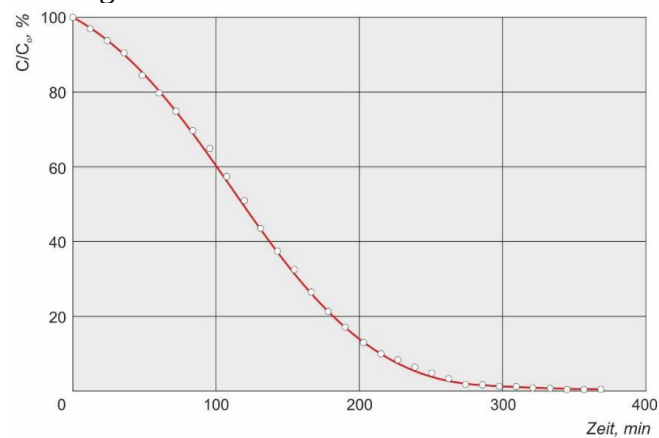


Abb. 6 Änderung der relativen Konzentration von Acetaldehyd in einer Box mit einem Volumen von 10 m³ als Ergebnis des Betriebs des Arpack-Produkts mit einer 60 W photokatalytischen Zelle

Die Anfangsmenge an Acetaldehyd beträgt 5 ml

Entfernen der Mikroflora im Klassenzimmer

Die Fähigkeiten des Arpack-Gerätes zur Luftdesinfektion werden am Beispiel eines Klassenzimmers der Lew-Tolstoi-Schule in Berlin demonstriert. Das Gerät wurde während der Unterrichtspause für 15 Minuten eingeschaltet. Mikrobiologische Proben wurden vom Impaktor vor dem Einschalten des Gerätes und unmittelbar nach dem Ausschalten entnommen. Luftprobenpunkte wurden in Form eines einheitlichen Rasters von 8 Punkten ausgewählt. Luftproben wurden in einer Höhe von 120 cm genommen.

Die Ergebnisse der Messungen der KBE-Konzentration ($1/m^3$) an Probe Abnahmepunkten (Abb. 7) wurden nach der Methode der Konturkartierung in der XYZ-Projektion mit der Konstruktion eines räumlichen Interpolationsgitters nach der Shepard-Methode im grafisch verarbeiteten Softwarepaket Origin 9.0 gebracht.

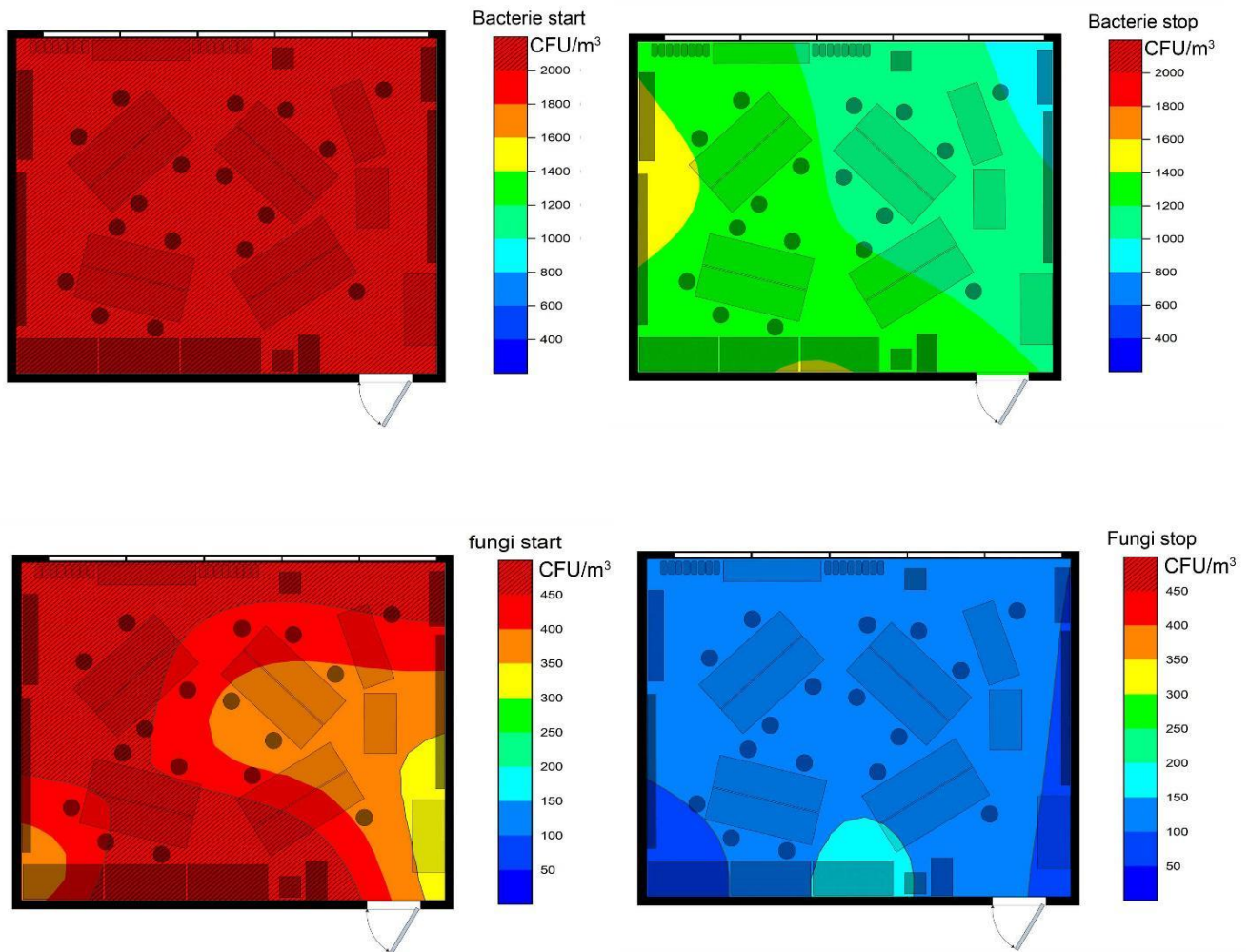


Abb. 6 Änderung der KBE-Konzentration in der Raumluft durch den Betrieb des Arpack-Gerätes

Schlussfolgerungen

Photokatalytische Zellen - die in Arpack-Geräten verwendet werden, ermöglichen es, die Photokatalyse zur molekularen Reinigung und Desinfektion der Luft zu maximieren.

Es ist unmöglich zu sagen, dass die Zelle absolut perfekt ist. Theoretisch ist unter bestimmten Bedingungen, z.B. bei sehr hohen VOC-Konzentrationen oder bei sehr hohen Luftstromraten durch die Zellen, die Bildung von Photokatalyse-Zwischenprodukten möglich. Berücksichtigt man jedoch die Tatsache, dass der Betrieb der Geräte mit Einschränkungen der VOC-Konzentration in Räumen (auf dem Niveau mehrerer MPCs) empfohlen wird und die Geräte selbst (sogar mit einer photokatalytischen Zelle) eine hohe Effizienz bei der Entfernung solcher "komplexe" Schadstoffe, wie Formaldehyd (0,2 ml/h) und Acetaldehyd (1 ml/h) aufweisen, können Arpack-Geräte und die Zellen selbst bedenkenlos zur molekularen Luftreinigung in Haushaltsräumen unterschiedlicher Art und Verwendungszweck empfohlen werden.

Die Luftdesinfektion mit Arpack-Geräten ist ohne Einschränkungen möglich, da die Verwendung der Photokatalyse mit unter anderem ausschließlich zur Sterilisation von Zellen verwendet werden kann, die Mikroflora ansammeln.