

Moderne Lichtquellen für die Photochemie – Bedarf und Potentiale

Dr. Dirk Ziegenbalg

Institut für Technische Chemie, Universität Stuttgart

Die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie ist die physikalische Grundlage für die Initiierung photochemischer Reaktionen. Konsequenterweise muss bei der reaktionstechnischen Auslegung photochemischer Prozesse zusätzlich zum Stoff-, Impuls- und Energietransport das Strahlungsfeld berücksichtigt werden. Abhängig von der betrachteten Photoreaktion kann auch die Erzeugung von Licht eine Herausforderung darstellen. Die Relevanz des Strahlungsfeldes in Kombination mit den technischen Eigenschaften der Lichtquellen stellen deshalb den Kern einer reaktionstechnischen Betrachtung dar. Die im Vergleich zu thermisch initiierten Reaktionen gesteigerte Komplexität kann als Grund für den geringen Anteil photochemischer Prozesse in der chemischen Industrie identifiziert werden.

Eine umfassende und objektive Untersuchung der für die Durchführung photochemischer Prozesse relevanten Parameter, zusammen mit den Kenntnissen der technologischen Randbedingungen, ist deshalb Grundlage für das notwendige Prozessverständnis. Zudem ist es auf Basis derartiger Kenntnisse möglich, die für die Entwicklung hoch intensivierter, effizienter und ökonomischer photochemischer Prozesse wichtigen Parameter zu identifizieren.

Im Rahmen des Vortrags werden zunächst die grundlegenden Aspekte und Kennzahlen zur reaktionstechnischen Beschreibung photochemischer Prozesse dargelegt. Diese theoretischen Grundlagen werden anschließend um eine Diskussion der Eigenschaften der kommerziell verfügbaren Lichtquellen erweitert. Anhand einer vergleichenden Gegenüberstellung werden die Vorteile monochromatischer Lichtquellen für Photoreaktionen herausgearbeitet. Die Auswertung wird zudem hervorheben, welche Rolle ein umfassendes Verständnis des Gesamtprozesses bei der Beurteilung der eingeführten Kennzahlen spielt und welche Konsequenzen sich für eine ökonomische Betrachtung ergeben.

Verglichen mit thermisch initiierten Reaktionen weisen Photoreaktionen eine Besonderheit auf: Durch Steuerung der Lichtquelle ist es möglich, die Reaktionsgeschwindigkeit zu beeinflussen und im Extremfall Reaktionen "an- und abzuschalten". Zur Beeinflussung von Reaktionsgeschwindigkeiten eignen sich insbesondere LEDs, da diese Lichtquellen träge los geschaltet und auch gedimmt werden können. Die Möglichkeit zur Vorgabe einer bestimmten Reaktionsgeschwindigkeit kann beispielsweise für eine sehr gute Reaktionskontrolle genutzt werden. Dies wird am Beispiel der photochemischen Synthese von metallischen Nanopartikeln demonstriert. Die Partikelgröße kann durch Verändern des Absorptionsgrades variiert werden.

Gleichzeitig kann die Möglichkeit zum Schalten der Reaktion für reaktionstechnische Untersuchungen genutzt werden. So ist es etwa möglich, den Stofftransport von der Reaktion zu trennen. Dies ist vorteilhaft für die Untersuchung von reaktiven Gas-Flüssig-Stofftransportprozessen und wird zum Abschluss des Vortrags am Beispiel der Photochlorierung von Toluol dargestellt. Durch geeignete Steuerung der Bestrahlung ist es möglich, die physikalische Absorption des Chlors im Lösungsmittel von der Reaktion zu trennen. Auf diese Weise kann sowohl der Einfluss der Reaktion auf den Stofftransport als auch die Auswirkung von Stofftransportlimitierungen auf die Selektivität beurteilt werden.