



Ein Forschungs-Produkt erobert den Weltmarkt

Triphosgen – eine Erfolgsgeschichte

Die Chemie der Industrieländer im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts ist kontinuierlich und immer tiefer in ein Dilemma geraten: Sie kann wertvolle Synthesekemikalien nicht mehr oder nur unter aufwendigen und teuren Vorkehrungen einsetzen. Viele Firmen versuchten, die entsprechende Chemie in ein »freundlicheres« Ausland zu verlagern oder durch Alternativ-Verfahren zu ersetzen, die wiederum andere Probleme aufwarfen. Beide Wege erwiesen sich oft als unrealistisch, gefährlich oder unwirtschaftlich. Ein Paradebeispiel ist das Phosgen. Die Geschichte der Entschärfung dieser Risiko-Chemikalie ist eng verknüpft mit der TUM, wie PD Dr. Heiner Eckert vom Lehrstuhl für Organische Chemie 1 in Garching berichtet.

Die Grundchemikalie Phosgen ist ein äußerst vielseitiger Ausgangsstoff, von dem die Synthesechemie weltweit rund acht Millionen Tonnen verbraucht. Daraus entstehen unter anderem etwa zehn Millionen Tonnen Polyurethanschaum (PU) für die Bau- und Automobilindustrie. Jeder PKW enthält PU, das aus ursprünglich 30 bis 50 Kilogramm Phosgen gewonnen wurde. Ein weiterer, stark wachsender Markt ist Polycarbonat, das moderne, glasklare Trägermaterial für hochwertige optische Datenspeicher wie CDs und DVDs, die ebenfalls aus

Phosgen hergestellt werden. Zehn Prozent des Phosgens gehen in die Herstellung von Fein- und Agro-Chemikalien sowie Pharmazeutika. Beispielsweise verwenden Synthesen des Vitamins H oder des Süßstoffs Aspartam in Schlüsselreaktionen Phosgen.

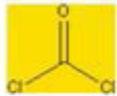
Ein Phosgenmolekül besteht aus nur vier Atomen und besitzt gleich drei funktionelle Gruppen! Damit weist es wohl die höchste Funktionendichte aller Moleküle auf und ist äußerst vielseitig verwendbar. Die Kehrseite der Medaille: Phosgen ist ein stark

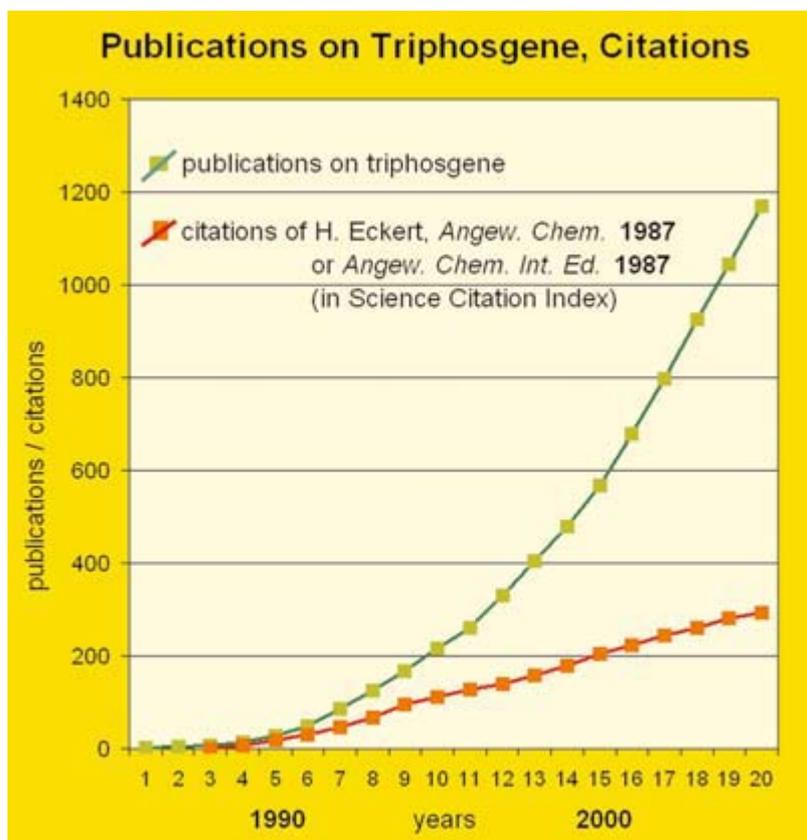
giftiges Gas; im Gemisch mit Chlor wurde es im 1. Weltkrieg als Giftgas (»Grünkreuz«) verwendet, was später zu einer Art gesellschaftlicher Ächtung führte. Seine Anwendung war nur noch spezialisierten Betrieben vorbehalten, aus dem Handel und damit aus allen Forschungslabors ist Phosgen verschwunden.

In seinen Reaktionen liefert das Gas jedoch saubere Produkte in hohen Ausbeuten; verglichen mit vielen anderen Ersatzstoffen ist es zudem umweltverträglich. Die große Gefahr liegt in Transport und Lagerung. So war es sinnvoll, die Risikochemikalie Phosgen quasi zu entschärfen und einen vollwertigen Ersatzstoff zu suchen, der problemlos handhabbar ist, sicher transportiert und gefahrlos gelagert werden kann. Und Heiner Eckert fand ihn: das aus drei Phosgenmolekülen bestehende Triphosgen. Es reagiert grundsätzlich genauso wie Phosgen, entspricht also drei Äquivalenten von diesem. Triphosgen ist ein kristalliner Feststoff,

dessen Flüchtigkeit nur ein Achttausendstel derjenigen des Phosgens beträgt, und lässt sich beliebig lange lagern. Die Einführung von Triphosgen leistet einen signifikanten Beitrag zur nachhaltigen Laborsicherheit.

1984 meldete Eckert das Triphosgen als sicheren Phosgenersatz zum Patent an. Die 1987 veröffentlichte Basispublikation von ihm und seiner damaligen Doktorandin Barbara Forster – »Triphosgen, ein kristalliner Phosgenersatz« – führte bereits alle wichtigen Reaktionen auf, in denen Phosgen durch Triphosgen ersetzt wurde. Eckert entwickelte ein Verfahren, nach dem sich in einem 20-Liter-Gefäß 20 kg Triphosgen mit einer Ausbeute von 99 Prozent und einer Reinheit von 99 Prozent herstellen ließ. Aus diesen Tagen existieren noch einige Kilo »20-jähriges Triphosgen« ohne Gewichts- und Qualitätsverlust. Zur Vermarktung gründete Eckert 1978 die Dr. Eckert GmbH und trieb in der Folgezeit die Produktion bis zu einem Umsatz im 100-kg-Bereich voran. Erste Aufträge erhielt die Firma – mehrere Jahre lang der einzige Lieferant auf der Welt – von klassischen Chemie- und Pharmafirmen wie Hoechst, Degussa und Schering sowie von Chemikalienhändlern. Der Markt dehnte sich von Europa über die USA und Japan auf die ganze Welt aus, war aber längere Zeit auf Forschungslabors beschränkt. Dann griff die Firma Ubichem mit einer Produktion in Ungarn in den Triphosgen-Markt ein, und es dauerte nur noch wenige Jahre, bis in China mehrere große Produzenten die Substanz zu konkurrenzlos niedrigen Preisen anboten. 2001 hat die Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie die Verwendung von Triphosgen als Ersatz für Phosgen ausdrücklich empfohlen. Damit hat Triphosgen auch den Einzug in die Kleinproduktion gefunden. Die Jahresproduktion liegt bei 5 000 Tonnen. Viele neue und in-

Produkt	Phosgen	Triphosgen
Summenformel	CCl_2O	$\text{C}_3\text{Cl}_6\text{O}_3$
Struktur		
Aggregatzustand	Gas	kristalliner Feststoff
Schmelzpunkt [°C]	- 132	80
Siedepunkt [°C]	8	208
Dampfdruck [Pa] bei 20°C	162.000	20



novative Synthesen hat Triphosgen ermöglicht. 1 170 Publikationen darüber sind bisher erschienen, in denen die Erstpublikation von Eckert und Forster 294-mal zitiert wurde. Heute arbeitet jede chemische Forschungslabor der Welt mit Triphosgen.

PD Dr. Heiner Eckert
 Department Chemie
 Tel.: 089/289-13332
 eckert@tum.de