

1983

Dr. Hans-Joachim Uth
Fasanenstraße 48
1000 Berlin 15
☎ 030 / 881 85 43

Internationale Konferenz Wissenschaft zwischen Krieg und Frieden
AG 7 -Wissenschaft für die Rüstungsentwicklung- , 28.-30.1.1983

PERSPEKTIVEN CHEMISCHER ABRÜSTUNG - ÖKONOMIE UND TECHNIK DER
KONVERSION CHEMISCHER KAMPFSTOFFE .

Hans-Joachim Uth ,Berlin

Zusammenfassung

Der gegenwärtige Bestand an chemischen Kampfstoffen ,der weltweit zwischen 100 - 1000 kt geschätzt wird ,stellt eine Belastung an gefährlichen Chemikalien dar ,über deren Delaborierung in Folge erfolgreicher Abrüstungsverhandlungen nachgedacht werden muß. Am Beispiel der phosphororganischen Kampfstoffe werden Möglichkeiten der Umwandlung in 'zivile' chemische Produkte aufgezeigt und die verfahrenstechnischen,ökonomischen und ökologischen Probleme diskutiert.Die Konversion der Kampfstoffe stellt ,ver- glichen mit anderen Delaborierungsmethoden ,eine aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten zu bevorzugende Methode zur Vernichtung chemischer Kampfstoffe dar.Die prinzipiellen technischen Möglichkeiten zur Konversion chemischer Kampfstoffe sind Stand der Technik ,für konkrete Anlagen erscheint noch Anpassungs- entwicklung notwendig.

PERSPEKTIVEN CHEMISCHER ABRÜSTUNG - ÖKONOMIE UND TECHNIK DER KONVERSION CHEMISCHER KAMPFSTOFFE .

Hans-Joachim Uth (Berlin-W.)

Einleitung

Der weltweite Bestand an chemischen Kampfstoffen wird derzeit auf 100 - 1000 kt geschätzt. Die Angaben sind sehr ungenau, weil die Staaten, die chemische Kampfstoffe vorhalten die genauen Zahlen als militärisches Geheimnis betrachten. In der Zukunft wird der Bestand an chemischen Kampfstoffen noch weiter steigen. Erst Anfang der 80iger Jahre hat die US-amerikanische Regierung die verstärkte chemische Aufrüstung, insbesondere die Umstellung ihres Arsenal auf Binärwaffen beschlossen. Im Zusammenhang mit dem Einsatz taktischer Atomwaffen werden von führenden Militärs und Politikern immer wieder chemische Waffen als "Alternative" in die Diskussion gebracht.

Aufgrund der spezifischen Eigenschaften der chemischen Kampfstoffe stellen diese schon in Friedenszeiten eine Bedrohung dar. Unfälle bei der Produktion, dem Transport und der Lagerung hätten katastrophale Auswirkungen.

Vor diesem Hintergrund sind die Forderungen nach Abrüstung und einem völligen Verbot der Produktion, Lagerung und Anwendung chemischer Waffen von der demokratischen Öffentlichkeit mit Nachdruck vertreten worden. Nach langer Unterbrechung sind im Januar 1983 die Verhandlungen zur chemischen Abrüstung wieder aufgenommen worden.

Von den Gegnern chemischer Abrüstung sind neben politischen und militärischen Gründen immer wieder auch technische und ökonomische Gründe, die einer chemischen Abrüstung angeblich entgegenstehen genannt worden. Mit der Glaubhaftigkeit dieser Argumente soll sich im Folgendem auseinandergesetzt werden.

Chemische Kampfstoffe und ihre "friedlichen" Verwandten

Viele chemische Substanzen sind für den menschlichen Organismus giftig, aber nicht alle werden dadurch zu chemischen Kampfstoffen. Die Eigenschaft "chemischer Kampfstoff" erlangen die Substanzen durch ihre Anwendung im Krieg.

Im ersten Weltkrieg wurden zuerst chemische Grundstoffe wie Chlor , Blausäure und Phosgen als Kampfstoffe eingesetzt. Fast gleichzeitig begann die gezielte Entwicklung noch giftigerer Substanzen , die ausschließlich für die Anwendung im Krieg vorgesehen waren. Konnte man zunächst die Verantwortung für die chemische Kriegsführung den Militärs anlasten , wobei die aktive Rolle von hohen Repräsentanten aus Wissenschaft und Industrie nicht vergessen werden darf , muß für die folgende Phase die Wissenschaft und die chemische Industrie , die immer wirksamere Kampfstoffe zur Verfügung stellten und damit zur Eskalation des Gaskriegs beitrugen , voll verantwortlich gemacht werden.

Der Mißbrauch der Wissenschaft für die Entwicklung chemischer Kampfstoffe wurde zwischen den beiden Weltkriegen verstärkt und dauert noch heute an.

Dabei darf nicht übersehen werden , daß enge Verbindungen zwischen Forschungen mit militärischer und ziviler Zielsetzung bestehen. Dieser Doppelcharakter soll anhand der phosphororganischen Verbindungen beispielhaft dargestellt werden.

Ende der 30iger und Anfang der 40iger Jahre wurden in den Laboratorien des IG-Farben Konzerns umfangreiche Untersuchungen auf dem Gebiet der organischen Phosphorsäureester durchgeführt. Als Ergebnis wurden die G-Kampfstoffe Tabun , Sarin und Soman und die Pestizide Fonophos , Dimefox , E 605 , etc. entwickelt.

Bild 1 zeigt den schematischen Syntheseweg von phosphororganischen Pestiziden bzw. Kampfstoffen. Es kann gezeigt werden , daß mit nahezu identischen Produktionsanlagen sowohl Kampfstoffe als auch Pestizide hergestellt werden können. In Bild 2 ist die enge Verwandtschaft der technischen Synthesen noch einmal in detail dargestellt. Beide Stoffe , Sarin und Fonophos können im Prinzip mit den gleichen Fabrikationsausrüstungen hergestellt werden. Der Unterschied bei den beiden Verfahren besteht in den Zuschlägen und den veränderten Verfahrensbedingungen (z.B. Temperatur , Konzentration)

Es ist aus dem Synthesevergleich ersichtlich , daß eine Umstellung der Kampfstoffproduktionsstätten für zivile Produkte keine schwerwiegenden Schwierigkeiten bereitet.

Der Vergleich der vermutlichen Produktionskapazitäten für Kampfstoffe dieser Art (weltweit ca. 2000 t/a) mit den Kapazitäten der Herstellung von entsprechenden Pestiziden (weltweit 1975 ca. 150 000 t/a) zeigt , daß eine Umstellung der Kampfstoffproduktion

in Folge von Abrüstungsvereinbarungen vermutlich von zweitrangiger Bedeutung ist. Anders ist die Lage bei dem bestehenden Arsenal an phosphororganischen Kampfstoffen zu beurteilen. Der Anteil der Nervengase wird bis maximal 50 v. H. aller chemischer Kampfstoffe geschätzt, also auf 50 - 500 kt. Dies stellt ein beachtliches Potential dar, über dessen Verbleib bei Abrüstungsverhandlungen nachgedacht werden muß.

Chemische Kampfstoffe - Vernichten oder Umwandeln ?

Grundsätzlich steht bei der Vernichtung der chemischen Kampfstoffe die Entgiftung im Vordergrund. Dazu stehen eine Vielzahl von Methoden zur Verfügung. Bei den genannten Mengen muß jedoch die Verwertung der Produkte aus der Entgiftung berücksichtigt werden. Grundsätzlich sind folgende Vernichtungsmethoden denkbar:

- Abblasen der Nervengase in unbesiedelten Gebieten
- Verklappung der Kampfstoffe in die Weltmeere
- Verbrennung
- Umwandlung der Kampfstoffe in zivile Produkte

Die ersten beiden Methoden, die als sog. natürliche Entgiftung bezeichnet werden, sind bei vielen Kampfstoffen aus den beiden Weltkriegen angewendet worden. Sie gelten heute allgemein als ökologisch nicht mehr vertretbar. Dazu kommt eine nicht unerhebliche Gefährdung durch nicht vollständig entgiftete Teilbereiche. Die Folgen dieser Delaborierungsmethoden sind heute in Form von verrotteten Munitionsresten oder Trinkwasserverseuchungen noch spürbar. Die Folgekosten, die mit derartigen Vorgehensweisen verursacht werden sind nie ermittelt worden, gleichwohl dürften sie recht hoch anzusetzen sein, so daß auch ökonomische Gesichtspunkte einer weiteren Anwendung dieser Methoden in Wege stehen dürften.

Die gefahrlose Verbrennung von chemischen Kampfstoffen ist Stand der Technik. In der Bundesrepublik Deutschland zum Beispiel wird seit 1980 eine Kampfstoffverbrennungsanlage betrieben, in der auch phosphororganische Kampfstoffe vernichtet werden können. Die Kapazität der Anlage ist sehr gering und die Vernichtung energieintensiv. So muß für die Verbrennung von 1 kg Kampfstoff

durchschnittlich 2 l Heizöl aufgewendet werden. Die Rauchgase der Verbrennung werden in Wäschern gereinigt. Die ausgewaschenen Verbrennungsrückstände müssen gesammelt und wenn notwendig geordnet deponiert werden. Bei den in Betracht kommenden Mengen erscheint eine Rückführung der Verbrennungsabfälle in die (chemische) Produktion schon aus Umweltschutzgründen geboten.

Die Umwandlung von chemischen Kampfstoffen in zivil nutzbare Produkte stellt eine Alternative zu den anderen Vernichtungsmethoden dar. Chemisch gesehen stellen Kampfstoffe äußerst reaktionsfähige Substanzen dar, die in verfahrenstechnischen Anlagen in eine Reihe von chemischen Produkten überführt werden können. Bild 3 zeigt einige Beispiele möglicher Umwandlungsprodukte aus den Kampfstoffen VX und Sarin. Die Palette der Stoffe, die allein aus Nervengasen zugänglich sind, umfaßt:

Pestizide, Flammschutzmittel, Weichmacher, Hydraulikflüssigkeiten, Öl- und Kraftstoffzusätze, Waschmittelzusätze, Düngemittel, Weichmacher, etc.

Lohnt sich die Umwandlung von chemischen Kampfstoffen in zivile Produkte?

G- und V-Kampfstoffe stellen, aus chemischer Sicht, hochwertige Produkte dar. Gelingt die Umwandlung dieser Stoffe in z.B. Pestizide, so würde dies auch aus entwicklungspolitischen Gründen positiv zu werten sein. Dazu zunächst einen Blick auf den Weltmarkt der Pestizide.

Von den 1975 weltweit produzierten Pestiziden von ca. 450 kt (bezogen auf die Wirkstoffmenge) entfallen 42 v.H. auf Herbizide, 35 v.H. auf Insektizide und 19 v.H. auf Fungizide. In den Industrieländern werden insgesamt ca. 85 v.H. aller Pestizide verbraucht, wobei die Herbizide im Vordergrund stehen. (Herbizideinsatz ist billiger als Arbeitskraft!) In den Entwicklungsländern dominiert deutlich der Einsatz von Insektiziden, der, bezogen auf die Weltproduktion, ca. 35 v.H. beträgt. Die eine Hälfte davon entfällt auf chlorierte Kohlenwasserstoffe z.B. DDT, die andere Hälfte auf phosphororganische Insektizide. Nach übereinstimmenden Expertenprognosen wird bis zum Jahr 2000 bei den Industrieländern eine Verdopplung, bei den Entwicklungsländern sogar eine Vervierfachung des Pestizidverbrauches erwartet. Tabelle 1 zeigt die Prognosen

des Pestizidverbrauchs in Industriestaaten und Entwicklungsländern. Geht man von diesen Zahlen aus, die allgemeine Problematik eines verstärkten Pestizideinsatzes soll hier außer Betracht bleiben, so beträgt der Bedarf an phosphororganischen Insektiziden im Jahr 2000 ca. 300 kt, wovon ca. 45 v.H. allein in den Entwicklungsländern benötigt wird.

Gelänge es den geschätzten Vorrat an phosphororganischen Kampfstoffen vollständig in entsprechende Pestizide umzuwandeln, so könnte daraus der Bedarf der Entwicklungsländer über Jahre gedeckt werden. Weiter könnten die derzeit etwa halbsoteuere Pestizide auf der Basis der chlorierten Kohlenwasserstoffe zurückgedrängt werden, welches aus ökologischen und ernährungshygienischen Gründen zu begrüßen wäre. Die Umwandlung von Nervengasen, deren Bestimmung die Vernichtung von Menschen war, in Stoffe, die zur Sicherung der Welternährungsbasis beitragen, den Fortbestand des Lebens ermöglichen, wäre eine wahrhaft gelungene Konversion.

Bei der ökonomischen Betrachtung muß zusätzlich berücksichtigt werden, daß der Preis der chemischen Kampfstoffe als "Rohstoffe für die Umwandlung" politisch bestimmt wird. Besteht aufgrund von Abrüstungsvereinbarungen die Notwendigkeit der Vernichtung der chemischen Kampfstoffe, so können lediglich die Kosten der einzelnen Vernichtungsmethoden miteinander verglichen werden.

Auf die grundsätzliche Schwierigkeit der Kostenrechnung bei der sog. natürlichen Entgiftung (s.o.) sei an dieser Stelle noch einmal verwiesen, so daß diese Methoden im Folgenden nicht weiter betrachtet werden.

Alternativ stehen die Kosten der Verbrennung gegen die der Umwandlung.

Unter Zugrundelegung der Daten der oben beschriebenen Kampfstoffverbrennungsanlage lassen sich die Kosten der Vernichtung der gesamten Kampfstoffmenge durch Verbrennung abschätzen. Betrachtet man allein die Energiekosten, so müßte zur Verbrennung bis zu einem Jahreverbrauch an Öl von Westberlin aufgewendet werden. In Preisen von 1975 wären dies 28 - 280 Mio. DM. Die Kosten für die gefahrlose Beseitigung der Verbrennungsrückstände, aber auch mögliche Gewinne durch Recycling sind ebensowenig berücksichtigt,

wie die Baukosten der Anlage (30 Mio.DM) .

Den erheblichen Kosten der Vernichtung der Kampfstoffe durch Verbrennung könnten mögliche Gewinne bei der Umwandlung entgegengestellt werden.

Betrachtet man lediglich wieder die phosphororganischen Kampfstoffe ,so stellen diese - vollständige Umwandlung in entsprechende Pestizide vorausgesetzt - einen gegenwärtigen Marktwert von 400 Mio. - 4 Mrd.-US-Dollar dar.Die Kosten der Umwandlung sind schwer abzuschätzen ,da weder das genaue Verfahren ,noch die Rohstoffkosten (Kampfstoffe) bekannt sind.Darüberhinaus muß berücksichtigt werden ,daß die zugrunde gelegten Preise Marktpreise sind ,die auf einen Pestizidboom entsprechend reagieren würden. Geht man von der Annahme aus ,daß lediglich ein Zehntel des Marktwertes realisiert werden könnte ,stellt die Umwandlung immer noch eine ökonomische Alternative zu den anderen Vernichtungsmethoden dar.

Zusammengefaßt kann gesagt werden ,daß die Konversion chemischer Kampfstoffe gegenüber der Verbrennung eine wirtschaftliche Alternative darstellt ,vorausgesetzt daß gewisse Mengen einheitlicher Stoffe ,die eine verfahrenstechnische Delaborierung erlauben ,überschritten werden.Für kleine Kampfstoffmengen ,insbesondere mit wechselnder Zusammensetzung (z.B. zu Vernichtung von Altlasten) stellt die Verbrennung auch aus wirtschaftlicher Sicht eine Alternative dar.

Schlußbemerkung

Der Abrüstung des chemischen Waffenarsenals stehen heute keine unüberwindlichen Hürden mehr im Wege.Die technischen Verfahren für die Konversion chemischer Kampfstoffe stehen im Prinzip zur Verfügung ,gleichwohl ein gewisser Anpassungsentwicklungsbedarf vorhanden ist.

Die Wirtschaftlichkeit der Umwandlung bestimmt sich an der der übrigen Delaborierungsverfahren.Abhängig von der Menge ,den spez. Eigenschaften des umzuwandelnden Stoffes ,den Absatzbedingungen und einer Reihe von anderen Faktoren ,stellt die Konversion eine realistische Alternative zu den anderen Vernichtungsmethoden dar.

LITERATUR

- Lohs ,K.H. Wissenschaft und Fortschritt 25 (6),1975
- Lohs ,K.H. Wissenschaft und Fortschritt 30 (11),1980
- Anton,P.,Hauk,R. Schadstoffemission bei der Herstellung von Pesti-
ziden in der BRD ,Forschungsbericht des Umweltbundes-
amt Nr. 79-104 03 551 ,(1979)
- Gikis,H.B.,Schlegel,W. Emissionen von Pflanzenschutzmitteln in deren
Produktionsbereich ,Forschungsbericht Umwelt-
bundesamt Nr. 81-104 03 551 ,(1981)
- Brauch,H.G. Der chemische Alptraum ,Verlag J.H.W. Dietz Nachf.
Berlin Bonn ,1982
- Lohs,K.H. (Hrsg.) Der kalte Tod ,Pahl Rugenstein Verlag ,Köln ,1982
- Franke,S. u.a. Lehrbuch der Militärchemie ,Militärverlag der DDR,
Berlin ,1977
- Lohs,K.H.,Matinez,D. Entgiftung ,Akademie Verlag ,Berlin ,1978
- Fest,Ch.,Schmidt,K.J. in: Chemie der Pflanzenschutz-und Schädlingsbe-
kämpfungsmittel ,R. Wegler (Hrsg.),Springer Verlag,
Berlin ,1970

Tabelle 1 Verbrauch und Verbrauchsprognose von Insektiziden auf phosphororganischer Basis in den Entwicklungsländern und Industriestaaten. (Zahlenangaben in Wirkstoffmengen, konstanter Anteil der Phosphorsäureester angenommen)

Jahr	Entwicklungsländer		Industrielländer	
	Verbrauch	Index	Verbrauch	Index
1975	39 975 t	100	73 937 t	100
1980	59 962 t	150	92 421 t	125
1985	79 950 t	200	110 906 t	150
1990	99 937 t	250	129 390 t	175
1995	119 925 t	300	147 875 t	200
2000	139 912 t	350	166 359 t	225

Anteil der phosphororganischen Insektizide an Gesamtmenge der Insektizide mit 65 v.H. angenommen

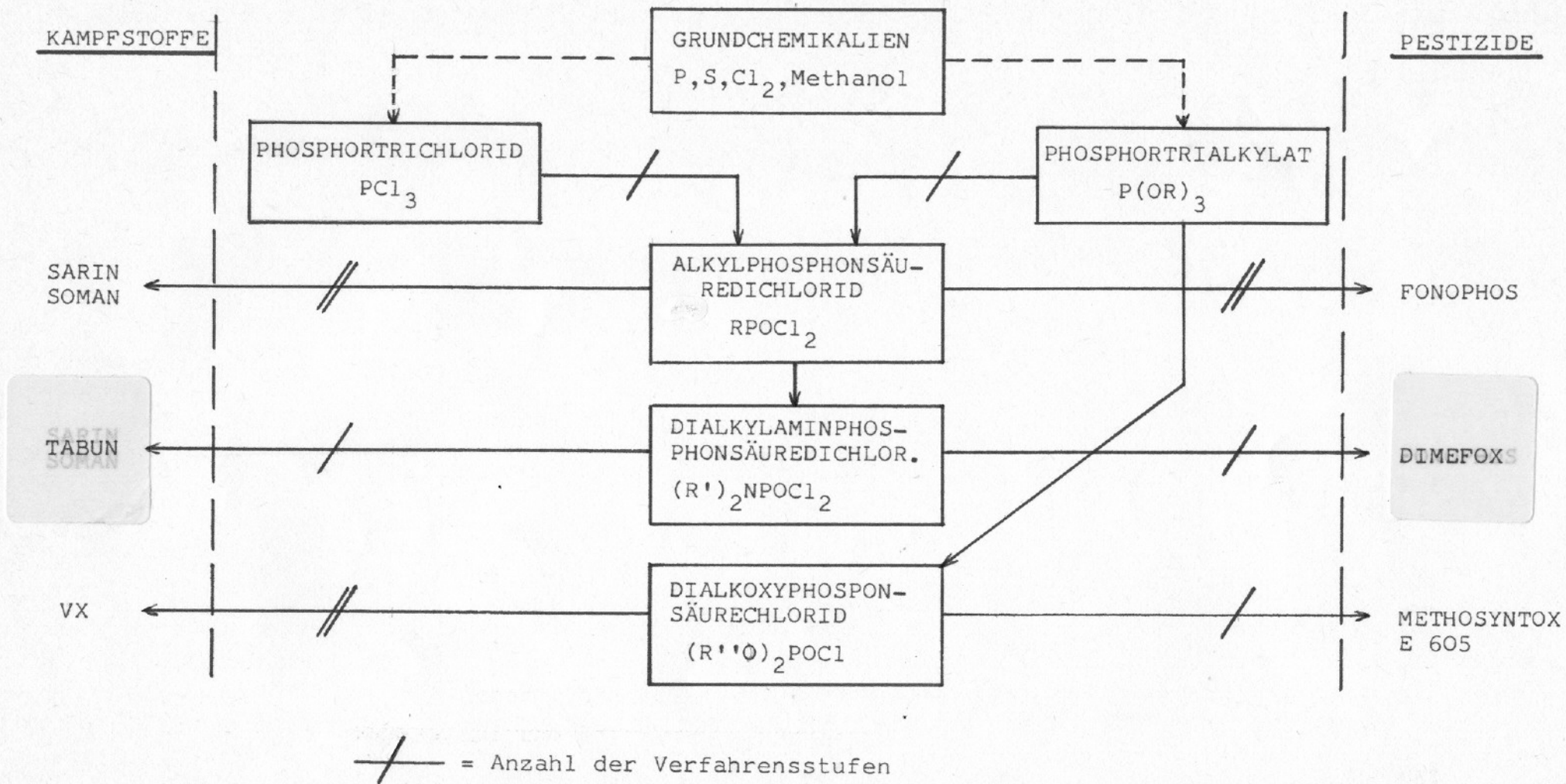


Bild 1 Schematischer Syntheseverlauf einiger Pestizide und Nervenkeampfstoffen auf phosphororganischer Basis.

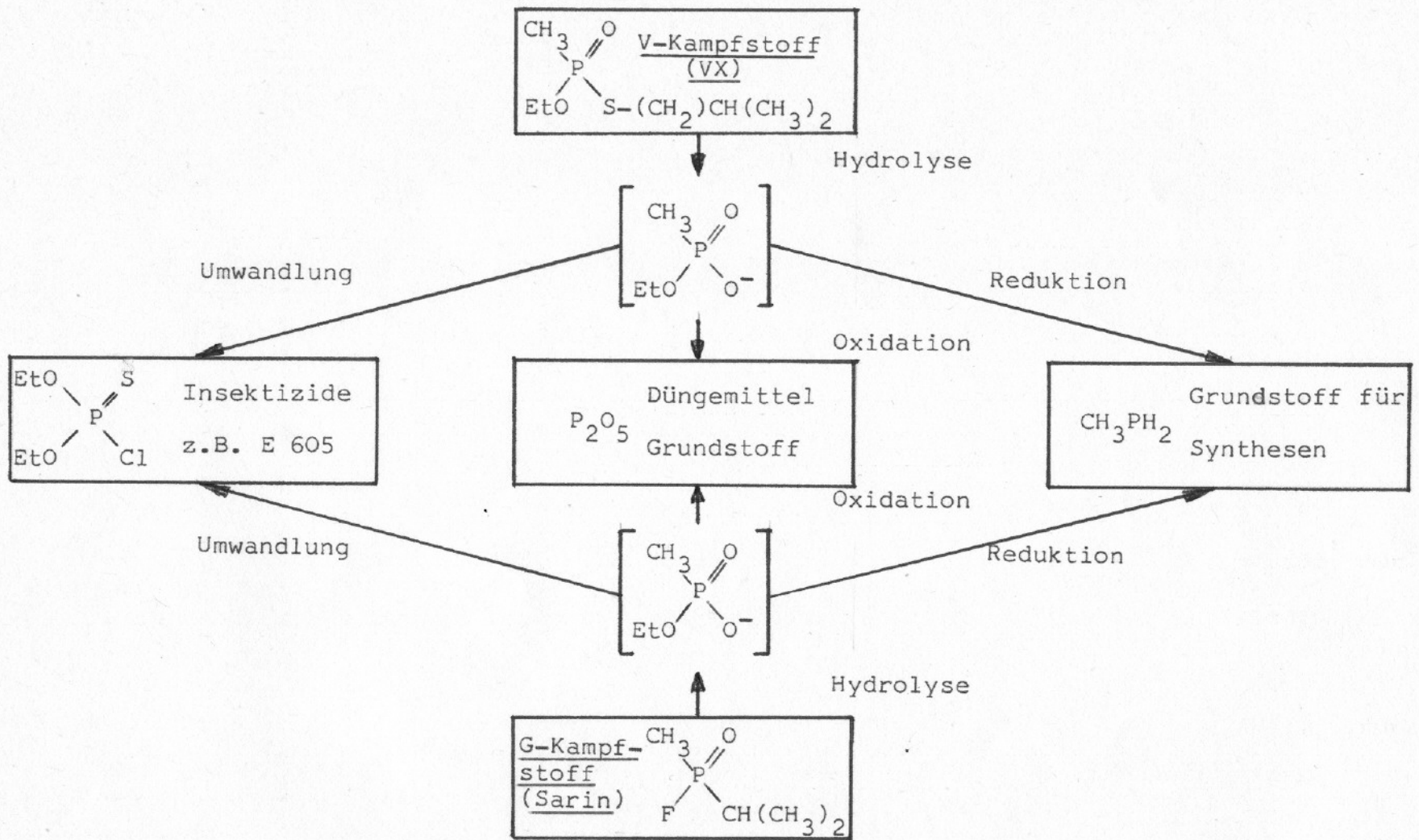
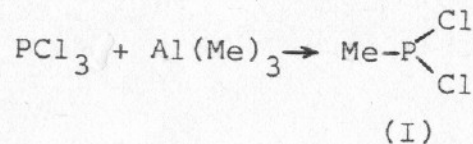


Bild 3 Umwandlungsprodukte aus den Kampfstoffen SARIN und VX

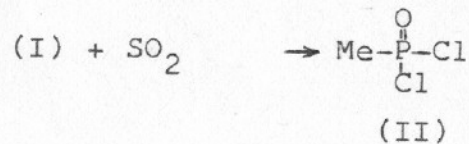
VERFAHRENSSTUFE

SARIN

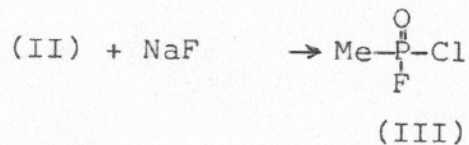
1. Grundstufe



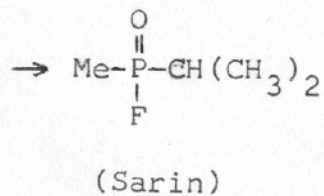
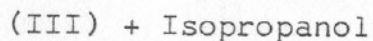
2. Oxydation



3. Veresterung



4. Veresterung



FONOPHOS

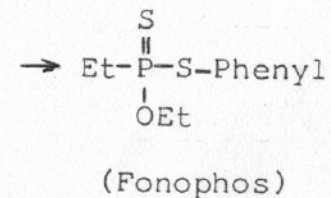
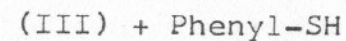
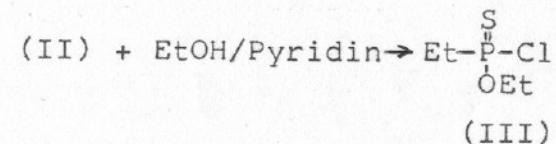
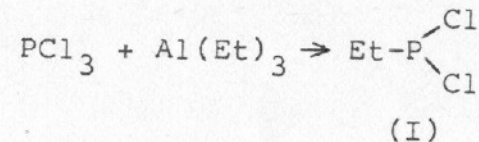


Bild 2 Vergleich der technischen Synthesen des G-Kampfstoffs SARIN und des Pestizids FONOPHOS