
Klaus Kickner

Tel.: 03681/440533, e-mail: kkickner@tls.thueringen.de

Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe

Seit mehr als 20 Jahren belegen Messungen eine allgemeine Abnahme der Ozonkonzentration in der Stratosphäre, die über der Arktis und Antarktis besonders ausgeprägt ist. Ergänzt werden diese Messungen durch Meldungen über eine wachsende Anzahl, längere Verweildauern und wachsende Umfänge von Ozonlöchern. Mit der Unterzeichnung des Montrealer Protokolls 1987 reagierte die Europäische Gemeinschaft auf die steigende Bedrohung. Mit Hilfe der nach dem Umweltstatistikgesetz vom 21. September 1994 vorgeschriebenen Statistik soll der Ausstieg aus der Produktion und der Verwendung ozonschichtschädigender Stoffe in Deutschland dokumentiert sowie die Entwicklung und der Einsatz von klimawirksamen Ersatzstoffen beobachtet werden.

In Thüringen hat die Verwendung von ozonschichtschädigenden und klimawirksamen Stoffen von 1996 bis 1999 jährlich deutlich zugenommen; sie stieg im Jahr 2000 um weitere 6,6 Prozent auf 103,5 Tonnen (die zu 96,6 Prozent als Kältemittel eingesetzt wurden). Das Ozongefährdungspotenzial der verwendeten Stoffe ist im letzten Erhebungsjahr erstmalig niedriger als im Vorjahr. Auch der Treibhauseffekt im Jahr 2000 ist geringer als im Jahr 1999.

Vorbemerkungen

Es ist erwiesen, dass die fortdauernden Emissionen von ozonabbauenden Stoffen die Ozonschicht signifikant schädigen. Die Ozonlöcher in der Stratosphäre in etwa 20 bis 30 km Höhe haben in den letzten Jahren ein bedrohliches Ausmaß erreicht. Die durch den Ozonabbau bewirkte erhöhte Belastung durch UV-Strahlung stellt eine ernste Gefahr für Mensch und Umwelt dar. Mitte der 80er Jahre wurde der Zusammenhang zwischen der Ozonabnahme und der anthropogenen Freisetzung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) wissenschaftlich belegt. Als Reaktion darauf unterzeichneten am 16. September 1987 mehr als 150 Staaten, darunter die Europäische Gemeinschaft, das Montrealer Protokoll über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen¹⁾. Zusätzliche Maßnahmen wurden von den Vertragsparteien auf ihrer siebenten Tagung in Wien und ihrer neunten Tagung in Montreal im September 1997 beschlossen. Dabei hat sich die Europäische Union verpflichtet, den Ausstieg aus der Produktion und Verwendung ozonschichtschädigender Stoffe voranzubringen. Grundlage der Maßnahmen für die Bundesrepublik Deutschland ist die Verordnung (EG) Nr. 2037/2000 vom 29. Juni 2000 über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen; eine grundlegende Neufassung der bisher gültigen Verordnung (EG) Nr. 3039/94 des Rates vom 15. Dezember 1994.

Möglich geworden war die Verschärfung der EU-Verordnung, weil früher als vorgesehen neue Technologien als Ersatz für die bisherigen ozonabbauenden Stoffen verfügbar waren. Darüber hinaus sollte die Produktion und das

In-Verkehr-bringen neuer Stoffe, wie Bromchlormethan, unterbunden werden. Auch wurden Regelungen über teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe getroffen, um deren Verwendung zu verhindern, wenn Ersatzstoffe bereits verfügbar sind.

Rechtsgrundlage für die Erhebung bestimmter ozonschichtschädigender und klimawirksamer Stoffe ist § 11 des Umweltstatistikgesetzes (UStatG) vom 21. September 1994, der sich auf die im Anhang I und II der EU-Verordnung genannten Stoffe bezieht. Als klimawirksame Stoffe gelten voll- oder teilhalogenierte, aliphatische Fluorkohlenwasserstoffe (FKW oder H-FKW) mit bis zu sieben Kohlenwasserstoffatomen.

Die Statistik nach § 11 UStatG betrifft Unternehmen, die ozonschichtschädigende oder klimawirksame Stoffe in Mengen von mehr als 50 kg pro Stoff und Jahr zur Herstellung, Instandhaltung oder Reinigung von Erzeugnissen verwenden, sowie alle Hersteller, Importeure und Exporteure von geregelten Stoffen.

Als geregelte Stoffe werden die ozonschichtschädigenden Stoffe bezeichnet, die in Anhang I der oben genannten EU-Verordnung in acht Gruppen aufgeführt sind und deren Produktion nur im Ausnahmefällen erlaubt ist, bzw. deren In-Verkehr-bringen und Verwendung schrittweise verboten werden soll:

¹⁾ siehe: Grundmann in Wirtschaft und Statistik 3/2001, Statistisches Bundesamt, S. 217

Gruppen I und II:	vollhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW)
Gruppe III:	Halone
Gruppe IV:	Tetrachlorkohlenstoff
Gruppe V:	1,1,1 - Trichlormethan
Gruppe VI:	Methylbromid
Gruppe VII:	Teilhalogenierte Fluorbromkohlenwasserstoffe (H-FBKW)
Gruppe VIII:	Teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (H-FCKW)

Die Verwendung von ozonschichtschädigenden und klimawirksamen Stoffen

Die Herstellung, Einfuhr und Ausfuhr von geregelten Stoffen beschränkt sich in Thüringen auf wenige Unternehmen mit nur geringen Mengen, die im Jahr 2000 nur als Ausgangsstoff verwendet wurden. Da Ausgangsstoffe bei der weiteren Verarbeitung durch chemische Umwandlungsprozesse vollständig verändert werden und danach deren Emissionen unbedeutend sind, können die weiteren Ergebnisse sich ausschließlich auf die Verwendung zur Herstellung, Instandhaltung und Reinigung von Erzeugnissen beziehen.

Verwendet werden die genannten Stoffe meistens als Kältemittel (z.B. in Haushaltskühlgeräten, gewerblichen Kälteanlagen, Fahrzeugklimaanlagen) oder als Treibmittel bei der Herstellung von Aerosolprodukten, Kunst- und Schaumstoffen.

Insgesamt ist die Verwendung von ozonschichtschädigenden und klimawirksamen Stoffen seit 1996 deutlich gestiegen, wobei im ersten Erhebungsjahr der Statistik von einer Untererfassung ausgegangen werden kann.

Angegeben wird die verwendete Menge in metrischen Tonnen. Sie wird errechnet, indem die gemeldeten Größen unabhängig von ihrer umweltgefährdenden Wirkung einfach addiert werden.

Jahr	Stoffgruppe	Verwendung insgesamt		darunter als Kältemittel	
		Thüringen	Deutschland	Thüringen	Deutschland
metrische Tonnen					
1996	Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe insges.	11,4	9 949	9,8	5 149
	darunter: geregelte Stoffe	3,7	6 283	3,1	2 058
1997	Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe insges.	35,1	11 201	33,0	6 183
	darunter: geregelte Stoffe	11,4	6 303	10,6	2 148
1998	Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe insges.	62,3	11 950	58,7	6 682
	darunter: geregelte Stoffe	12,9	5 604	10,5	1 904
1999	Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe insges.	97,1	12 588	89,9	7 104
	darunter: geregelte Stoffe	16,2	4 505	11,1	1 771
2000	Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe insges.	103,5	...	100,0	...
	darunter: geregelte Stoffe	12,4	...	8,9	...

Die Zunahme der metrischen Tonnen auf 103,5 t im Jahr 2000 ist ausschließlich auf die gestiegene Verwendung von Kältemitteln zurückzuführen. Betrachtet man die Entwicklung der geregelten Stoffe, also die Teilmenge der ozonschichtschädigenden Stoffe, so ist die verwendete Menge, mit einem kurzfristigen Anstieg in 1999, seit 1997 annähernd konstant bei etwas über 12 Tonnen.

Für Deutschland wurde von der amtlichen Statistik für das Jahr 1999 eine verwendete Gesamtmenge von 12 588 metrischen Tonnen - ohne Ausgangsstoffe - an ozonschichtschädigenden oder klimawirksamen Stoffen ermittelt, darunter 4 505 Tonnen geregelte Stoffe. Der Anteil Thürin-

gens am Bundesergebnis beträgt damit 0,82 Prozent bei der metrischen Gesamtmenge und 0,27 Prozent bei den geregelten Stoffen.

Von 1999 bis 2000 stieg die Menge an verwendeten Kältemitteln, die ozonschichtschädigend oder klimawirksam sind, um nochmals über 10 Prozent auf 100,0 Tonnen. Eingesetzt wurden die Kältemittel zu über 85 Prozent in den Wirtschaftszweigen Maschinenbau und Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen. Im Verhältnis zu der im gesamten Bundesgebiet 1999 verwendeten Menge von 7 104 metrischen Tonnen wurden in Thüringen jedoch nur 1,4 Prozent eingesetzt.

Noch günstiger fällt der Bundesvergleich in der Gruppe der besonders relevanten ozonschichtschädigenden Stoffe aus. Als Kältemittel wurden in Thüringen 8,9 metrische Tonnen geregelter Stoffe in Umlauf gebracht, ein Anteil von nur 0,5 Prozent an den im Vergleichsjahr 1999 bundesweit eingesetzten 1 771 Tonnen.

Unter den geregelten Stoffen, die als Kältemittel zum Einsatz kamen, wurde in Thüringen ausschließlich das H-FCKW R 22 verwendet.

„R 22 wurde aufgrund des deutlich geringeren Ozonabbaupotenzials als Ersatzkältemittel für R 12 durch das Umweltbundesamt bekannt gegeben.

Die Verwendung von R 12 in neuen Anlagen ist bereits seit dem 1. Januar 1995 verboten, in bestehenden Anlagen darf es seit dem 1. Juli 1998 nicht mehr eingesetzt werden.

Nach Angaben des Umweltbundesamtes war R 12 mit einem Anteil von 80 Prozent jahrelang die wichtigste FCKW-Quelle im Kältebereich. Von 1996 bis 1998 konnte dieser Wert bereits halbiert werden.“²⁾

In Thüringen wird R 12 in den befragten Unternehmen als Kältemittel nicht mehr eingesetzt.

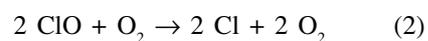
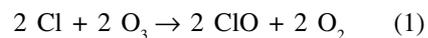
Das Ozonerstörungspotenzial

Laut Handbuch der Ökologie „ist die Emission der 1930 erstmals synthetisierten Fluorchlorkohlenwasserstoffe ausschließlich auf industrielle Prozesse zurückzuführen. FCKW finden als Kühlmittel für Klimaanlage und Kühlschränke, als Treibmittel in Sprühdosen, zu Reinigungszwecken für elektronische Bauteile und bei der Fertigung von Dämmstoffen weite Verbreitung. Ihre globale Verwendung beruht auf der Tatsache, dass es sich hierbei um ungiftige, chemisch inerte (reaktionsträge) und sehr stabile Gase handelt, die mit anderen Chemikalien keine Verbindungen eingehen. Diese Eigenschaft zeichnet sie deshalb auch als ausgezeichnete Treibmittel für Sprühdosen aus, da sie mit dem jeweiligen Inhalt chemisch nicht reagieren und ihn somit nicht verändern.

Die genannten chemischen Eigenschaften der Fluorchlorkohlenwasserstoffe gelten jedoch nur für troposphärische Strahlungsverhältnisse, die sich durch eine geringe Strahlungsstromdichte der stark photolytisch wirkenden ultravioletten Anteile des solaren Spektrums auszeichnen.

Da die FCKW (z.B. CF_2Cl_2 , CFCl_3 , CCl_4) jedoch eine außerordentlich hohe atmosphärische Verweilzeit besitzen, können diese Spurengase auch in die Stratosphäre gelangen. Hier herrschen jedoch hinsichtlich der Einstrahlungsbedingungen gänzlich andere Verhältnisse.

Die in diesen Höhen zur Verfügung stehende energiereiche harte UV-Strahlung spaltet die in der unteren Atmosphäre in einer stabilen Verbindung vorliegenden FCKW-Moleküle auf, wobei Chlorkradikale freigesetzt werden. Chlor wiederum baut Ozon gemäß der Gleichungen (1) und (2) ab.



Das freigewordene Chloratom ist in der Lage, 10 000 bis 100 000 Ozonmoleküle katalytisch zu zerstören, bevor es dann selbst in tiefere Schichten der Atmosphäre gelangt und dort durch die troposphärischen Selbstreinigungsprozesse dem Boden zugeführt wird.

Die weltweiten Bemühungen zielen darauf ab, die FCKW-Produktion ganz einzustellen, denn diese Gase zerstören nicht nur die stratosphärische Ozonschicht, sondern tragen auch zum Treibhauseffekt bei.“³⁾

Ozonschichtschädigende Stoffe, auch geregelte Stoffe genannt, sind gleichzeitig auch klimawirksam, aber nicht alle klimawirksamen Gase sind ozonschichtschädigend, wie zum Beispiel CO_2 oder R 134a.

Die geregelten Stoffe haben je nach Stoffart ein verschieden hohes Ozonerstörungspotenzial (ODP Ozone Depletion Potenzial). Mit Hilfe eines stoffbezogenen ODP-Faktors, der das relative Ozonabbaupotenzial eines Stoffes jeweils in Bezug auf das FCKW R 11 angibt, ist es möglich, die unterschiedlichen Stoffe entsprechend ihrer Auswirkungen gewichtet zu addieren. Die auf diesem Weg errechnete ODP-gewichtete Menge ist im Gegensatz zu den metrischen Tonnen die aussagekräftigere Zahl für die Interpretation des Ozongefährdungspotenzials.

2) siehe Kleinpeter, G. in Statistische Monatshefte Mecklenburg-Vorpommern; 11/1999, S. 21

3) siehe Kuttler, Wilhelm; Handbuch zur Ökologie; Analytica Verlagsgesellschaft, Berlin 1993, S. 453 ff

Als regelrechte Ozonkiller gelten Halone, also bromhaltige Verbindungen wie zum Beispiel R 13B1, Bromtrifluormethan, mit einem ODP-Faktor von 10. Das FCKW R 11 hat als Bezugsgröße den ODP-Faktor 1, während H-FCKW's geringere Faktoren haben, zum Beispiel R 22, Chlordifluormethan, mit dem ODP-Faktor von 0,055.

Die im Jahr 2000 in Thüringen verwendeten FCKW und H-FCKW (Blends, also Gasgemische, die auch ozonschichtschädigende Stoffe enthalten können, spielen in Thüringen nur eine untergeordnete Rolle) entsprechen dem Ozonzerstörungspotenzial von 3,1 Tonnen R 11. Damit wurde das relative Maximum, welches 1999 mit 4,5 ODP-Tonnen entstanden war, deutlich unterschritten. Ein Vergleich mit den bundesweiten Ergebnissen von 1999 zeigt den geringen Anteil Thüringens am Abbau der Ozonschicht. In Deutschland wurden (ohne Ausgangsstoffe) 1 283 ODP-gewichtete Tonnen in Umlauf gebracht, womit sich für Thüringen ein Anteil von 0,35 Prozent errechnet.

Bei den Kältemitteln ist in Thüringen der Ausstieg aus der Verwendung von FCKW seit 1997 deutlich erkennbar. Seit 1996 sind die FCKW R 11 und R 12 nur noch für die Nachfüllung solcher Anlagen zulässig, die vor dem Inkrafttreten der FCKW-Halon-Verbotsverordnung vom 1. August 1991 hergestellt wurden.⁴⁾

Im Jahr 2000 wurden in Thüringen 0,5 ODP-Tonnen als Kältemittel in Umlauf gebracht, und damit nahezu die gleiche Menge wie in den Vorjahren. Es wurde ausschließlich R 22 verwendet und insbesondere im Wirtschaftszweig Maschinenbau eingesetzt. Mit einem Anteil von nur 0,25 Prozent an den bundesweit emittierten 204 ODP-Tonnen ist Thüringen dem Ziel des völligen Ausstiegs bei der Verwendung ozonschichtschädigender Kältemittel schon sehr nahe.

Ähnliche Erfolge wie bei den Kältemitteln sind bei den weiteren Verwendungsbereichen geregelter Stoffe beim Abbau des Ozonzerstörungspotenzials zu erwarten. Der Umstieg zu weniger schädlichen Ersatzstoffen gestaltet sich für Treibmittel bei der Herstellung von Aerosolen und Kunstschaumstoffen erheblich schwieriger, sollte sich aber in den nächsten Jahren bemerkbar machen. Eine Hautkrebsentwarnung bei ungezügelter Sonnenbaden kann aber nicht gegeben werden. Selbst bei einem weltweiten totalen Verzicht auf die Verwendung ozonschichtschädigender Stoffe ist mit einer Genesung des Schutzschildes der Erde, bedingt durch die hohe Verweildauer, erst in einigen Jahren zu rechnen.

Jahr	Stoffgruppe	Verwendung insgesamt	darunter als Kältemittel	Verwendung insgesamt	darunter als Kältemittel
		ODP-gewichtete Tonnen		Tsd. GWP-gewichtete Tonnen	
1996	Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe insges. darunter: geregelte Stoffe	0,3	0,2	24,8	14,4
		0,3	0,2	6,0	5,7
1997	Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe insges. darunter: geregelte Stoffe	1,4	1,3	72,6	60,9
		1,3	1,2	23,2	22,3
1998	Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe insges. darunter: geregelte Stoffe	1,2	0,6	106,4	90,5
		1,2	0,6	21,9	17,9
1999	Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe insges. darunter: geregelte Stoffe	4,5	0,6	181,4	135,6
		4,5	0,6	45,4	18,8
2000	Ozonschichtschädigende und klimawirksame Stoffe insges. darunter: geregelte Stoffe	3,1	0,5	169,2	151,4
		3,1	0,5	33,0	15,2

Der Treibhauseffekt

Sowohl geregelte, also ozonschichtschädigende Stoffe, als auch die verwendeten Ersatzstoffe, wie das hauptsächlich verwendete Ersatzkältemittel R 134a, sind klimawirksame Gase, welche wie Kohlendioxyd (CO₂) die Erderwärmung beschleunigen.

„Unter einem Treibhauseffekt versteht man dasjenige Verhalten der Erdatmosphäre, welches für ein Glashaus typisch und bekannt ist: Während die kurzweilige Sonnenstrahlung nahezu ungehindert durch die Atmosphäre bis

⁴⁾ siehe Dr. Büringer,H.; Baden-Württemberg in Wort und Zahl, 11/99, S. 567

zum Erdboden vordringen kann, wird die langwellige Ausstrahlung des Bodens von der Atmosphäre - dem Glas eines Gewächshauses entsprechend - zurückgehalten.“ Die Effektivität dieser Glashauswirkung hängt sowohl von der Art als auch von der Konzentration der im infraroten Bereich des Wellenlängenspektrums absorbierenden Gase ab. Steigt die Konzentration dieser Gase an, so erhöht sich die atmosphärische Gegenstrahlung und eine Erwärmung der Erdatmosphäre ist nicht mehr auszuschließen.

Zur Gruppe der atmosphärischen Spurengase, die im langwelligen Bereich absorbieren, gehören in erster Linie der Wasserdampf und das Kohlendioxid (CO₂), ferner Methan (CH₄), Distickstoffoxid (Lachgas, N₂O) und Ozon (O₃) sowie mit Chlor und Brom halogenierte Kohlenwasserstoffe, wozu z.B. die verschiedenen Arten der Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) zählen.“⁵⁾

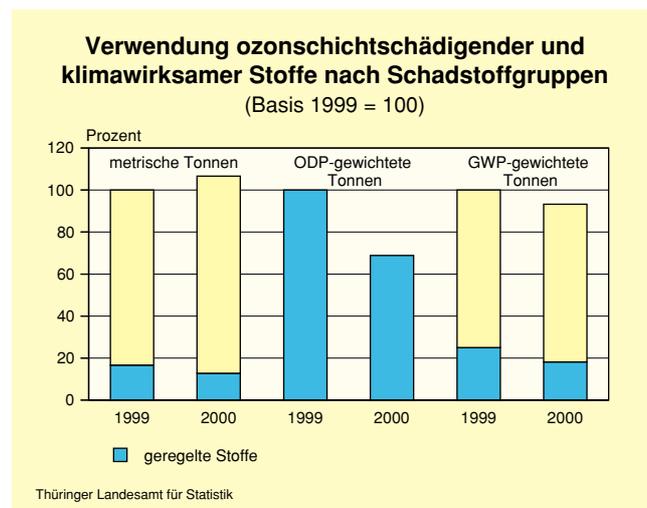
„Auf der 3. Vertragsstaatenkonferenz zur Klimarahmenkonvention im Dezember 1997 in Kyoto wurde ein Klimaschutzprotokoll mit Reduktionszielen zur Minderung von Treibhausgasen verhandelt. Darin haben sich die Industrieländer zu einer Emissionsminderung von sechs relevanten Treibhausgasen für den Zeitraum 2008 bis 2012 um mindestens 5 Prozent verpflichtet. Die EU-Länder übernahmen im Kyoto-Protokoll eine Reduzierungspflicht um 8 Prozent des Ausgangsniveaus. Auf der Grundlage dieses Protokolls hat der EU-Umweltministerrat 1998 einen Verteilungsbeschluss gefasst, wonach auf Deutschland eine Reduktionsvorgabe für die sechs Treibhausgase, außer CO₂, von 21 Prozent entfiel. Bei den Treibhausgasen FKW und H-FKW bezieht sich die Reduktionspflicht auf das Niveau des Jahres 1995.“⁶⁾

Das Treibhauspotenzial (GWP, Global Warming Potential) spiegelt den potenziellen Beitrag eines Stoffes zur Erderwärmung wider. Der GWP-Wert bezieht sich relativ auf das Treibhauspotenzial von CO₂, d.h. GWP (CO₂) = 1.

Das inzwischen als Klimamittel verbotene R 11 hat einen GWP-Faktor von 4 000, der hauptsächlich verwendete Ersatzstoff R 134a hat bei einem ODP-Faktor von 0,000 einen GWP-Faktor von 1 300. Das bedeutet, dass eine Tonne R 134a denselben Klimaeffekt wie 1 300 Tonnen CO₂ hat.

Die in Thüringen im Jahr 2000 verwendeten Spurengase entsprechen 169 200 GWP-Tonnen, womit zum ersten Mal seit 1996 ein Rückgang des Treibhauspotenzials um fast 7 Prozent gegenüber dem Vorjahr verzeichnet werden konnte. Dies ist umso erstaunlicher, als der GWP-Wert der verwendeten Kältemittel um über 10 Prozent gestiegen ist.

Die Emissionen der eingesetzten Stoffe entsprechen weniger als 1 Prozent des derzeit jährlich durch energiebedingte CO₂-Emissionen in Thüringen verursachten Treibhauspotenzials.⁷⁾ In der vom Thüringer Landesamt für Statistik erstellten endverbrauchsbezogenen CO₂-Bilanz von 1999 weist Thüringen einen CO₂-Ausstoß von 18,356 x 10⁶ Tonnen CO₂ aus.



5) siehe Kuttler, Wilhelm; Handbuch zur Ökologie; Analytica Verlagsgesellschaft, Berlin 1993, S. 452 ff

6) siehe Kleinpeter, G. in Statistische Monatshefte Mecklenburg-Vorpommern; 11/1999, S. 20

7) vergleiche Kickner, Kobler in Statistische Monatshefte Thüringen; 10/1999, S.15