

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Untersuchungen über die Explosionsgrenzen brennbarer Gase und Dämpfe

Eitner, Paul

München, 1902

III. Teil. Explosionen brennbarer Gase mit Luft-Wasserdampf-Mischungen

[urn:nbn:de:bsz:31-270244](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270244)

III. Teil.

Explosionen brennbarer Gase mit Luft-Wasserdampf-Mischungen.

Die im folgenden zu besprechenden Versuche boten insofern eine experimentelle Schwierigkeit als dieselben bei höheren, bestimmten und konstanten Temperaturen ausgeführt werden mußten, wenn den Mischungen grössere Mengen von Wasserdampf zugefügt werden sollten. Zur Ermöglichung solcher Versuchsbedingungen wurde die Explosionsbürette mit einem Glasmantel umgeben, der oben und unten mit Zu- und Ableitungsrohr versehen war und gasdicht an die obere und untere Kapillare der Bürette anschloß. Durch den Zwischenraum zwischen Bürette und Mantel wurde ein lebhafter Dampfstrom einer konstant siedenden Flüssigkeit geleitet, der nach seinem Austritt aus dem Mantel kondensiert wurde. Als Siedeflüssigkeiten kamen Äther, Schwefelkohlenstoff, Chloroform und Alkohol zur Anwendung. Ein im Dampfmantel an die Bürette angelegtes Thermometer erlaubte die Temperatur fortlaufend zu kontrollieren.

Mit Hilfe dieser Versuchseinrichtung konnten die gewünschten Temperaturen hergestellt und konstant erhalten werden. Die Versuche selbst wurden über Quecksilber ausgeführt, wobei die Bürette stets so viel Wasser enthielt, daß das zu untersuchende Gasgemenge bei der gewählten Temperatur vollständig mit Wasserdampf gesättigt werden konnte.

Zu den Versuchen wurde jeweils ein bestimmtes Volumen Gasluftgemisch, dessen Zusammensetzung bekannt war und in beliebiger Weise verändert werden konnte, in die nasse Bürette eingefüllt. Dann wurde die Bürette mittels des Dampfmantels geheizt und zwar so lange, bis alle Verhältnisse konstant geworden waren und das Gasgemisch sich bei der betreffenden, am Thermometer abgelesenen Temperatur mit Wasserdampf gesättigt hatte. Dabei wurden die durch die Ausdehnung des Gases veranlaßten Druckunterschiede mittels des Niveaufäßes ausgeglichen. Im übrigen wurde dann wie bei den früheren Explosionsversuchen verfahren.

In dieser Weise wurden die Gasmischungen je bei Zimmer-
temperatur, bei 34,5⁰ C., bei 45,0⁰ C., 60,5⁰ C. und 78,1⁰ C.,
entsprechend den Siedetemperaturen der verwendeten Siede-
flüssigkeiten, mit Wasserdampf gesättigt, untersucht.

Die bei den Versuchen festgestellten Ergebnisse sind aus
den folgenden Tabellen zu entnehmen. Dieselben sind ähn-
lich eingerichtet wie die Tabellen des ersten Abschnitts. Die
eine Tabelle gibt jeweils das Mischungsverhältnis der feuchten
Gase bei bestimmter Temperatur und bei bestimmtem Druck.
Die zweite Tabelle (a) enthält die daraus berechnete Zusammen-
setzung der Gasmischungen bei Berücksichtigung des darin
enthaltenen Wasserdampfolumens. Die für die Tension des
Wasserdampfes verwendeten Daten sind den Bestimmungen
Regnaults entnommen.

Eine graphische Darstellung der Wirkung des Wasser-
dampfes auf die Weite der Explosionsgrenzen ist auf der am
Schlusse des Abschnittes angefügten Tafel gegeben.

1. Versuche mit Wasserstoff.

Tabelle XXV.

Wasserstoff und Luft (feucht) bei 17° C.
 Druck 756 mm. Tension des Wasserdampfes: 14,4 mm.

	No. des Versuchs	Wasserstoff in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchsergebnis
Untere Grenze	1	9,3	90,7	Keine Explosion
	2	9,4	90,6	
	3	9,5	90,5	Explosionsbereich
	4	9,6	90,4	
5	66,0	34,0		
6	66,3	33,7		
Obere Grenze	7	66,5	33,5	Keine Explosion
	8	66,6	33,4	

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXVa.

Zusammensetzung der Wasserstoff-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfvolmens.

	No. des Versuchs	Wasserstoff in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchsergebnis
Untere Grenze	1	9,1	89,0	1,9	Keine Explosion
	2	9,2	88,9	1,9	
	3	9,3	88,8	1,9	Explosionsbereich
	4	9,4	88,7	1,9	
5	64,7	33,4	1,9		
6	65,0	33,1	1,9		
Obere Grenze	7	65,2	32,9	1,9	Keine Explosion
	8	65,3	32,8	1,9	

Tabelle XXVI.

Wasserstoff und Luft (feucht) bei 34,5° C.

Druck 771,6 mm. Tension des Wasserdampfes: 40,6 mm.

	No. des Versuchs	Wasserstoff in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	9,4	90,6	Keine Explosion
	2	9,5	90,5	
	3	9,8	90,2	Explosions-Bereich
	4	9,9	90,1	
.....		
5	62,7	37,3		
Obere Grenze	6	63,5	36,5	Keine Explosion
	7	63,8	36,2	
	8	64,4	35,6	

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXVIa.

Zusammensetzung der Wasserstoff-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfvolumens.

	No. des Versuchs	Wasserstoff in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	8,9	85,8	5,3	Keine Explosion
	2	9,0	85,7	5,3	
	3	9,3	85,4	5,3	Explosions-Bereich
	4	9,4	85,3	5,3	
.....		
5	59,4	35,3	5,3		
Obere Grenze	6	60,1	34,6	5,3	Keine Explosion
	7	60,4	34,3	5,3	
	8	61,0	33,7	5,3	

6*

Tabelle XXVII.

Wasserstoff und Luft (feucht) bei 60,5° C.

Druck 771,6 mm. Tension des Wasserdampfes: 152,4 mm.

	No. des Versuchs	Wasserstoff in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	10,2	89,8	Keine Explosion
	2	11,7	88,3	
	3	12,0	88,0	Explosions-Bereich
	4	12,7	87,3	
5	59,5	40,5		
6	61,0	39,0		
Obere Grenze	7	61,4	38,6	Keine Explosion
	8	62,1	37,9	Explosion

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXVIIa.

Zusammensetzung der Wasserstoff-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfolumens.

	No. des Versuchs	Wasserstoff in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	8,2	72,0	19,8	Keine Explosion
	2	9,4	70,8	19,8	
	3	9,6	70,6	19,8	Explosions-Bereich
	4	10,2	70,0	19,8	
5	47,7	32,5	19,8		
6	48,9	31,3	19,8		
Obere Grenze	7	49,2	31,0	19,8	Keine Explosion
	8	49,8	30,4	19,8	Explosion

Tabelle XXVIII.

Wasserstoff und Luft (feucht) bei 78,1° C.

Druck 765,6 mm. Tension des Wasserdampfes: 328,4 mm.

	No. des Versuchs	Wasserstoff in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	18,4	81,6	Keine Explosion
	2	19,2	80,8	
	3	19,6	80,4	Explosions-Bereich
	4	20,4	79,6	
5	37,5	62,5		
6	38,2	61,8		
Obere Grenze	7	38,8	61,2	Keine Explosion
	8	39,8	60,2	

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXVIIIa.

Zusammensetzung der Wasserstoff-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfvolumens.

	No. des Versuchs	Wasserstoff in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	10,5	46,8	42,7	Keine Explosion
	2	11,0	46,3	42,7	
	3	11,2	46,1	42,7	Explosions-Bereich
	4	11,7	45,6	42,7	
5	21,5	35,8	42,7		
6	21,9	35,4	42,7		
Obere Grenze	7	22,2	35,1	42,7	Keine Explosion
	8	22,8	34,5	42,7	

2. Versuche mit Kohlenoxyd.

Tabelle XXIX.

Kohlenoxyd und Luft (feucht) bei 14,0° C.
 Druck 764,6 mm. Tension des Wasserdampfes: 11,9 mm.

	No. des Versuchs	Kohlenoxyd in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchsergebnis
Untere Grenze	1	15,1	84,9	Keine Explosion
	2	16,0	84,0	
	3	16,4	83,6	Explosionsbereich
⋮	⋮	⋮		
Obere Grenze	4	73,7	26,3	
	5	74,0	26,0	
	6	74,3	25,7	Keine Explosion
	7	74,7	25,3	

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXIX a.

Zusammensetzung der Kohlenoxyd-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfolumens.

	No. des Versuchs	Kohlenoxyd in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchsergebnis
Untere Grenze	1	14,9	83,5	1,6	Keine Explosion
	2	15,7	82,7	1,6	
	3	16,1	82,3	1,6	Explosionsbereich
⋮	⋮	⋮	⋮		
Obere Grenze	4	72,5	25,9	1,6	
	5	72,8	25,6	1,6	
	6	73,1	25,3	1,6	Keine Explosion
	7	73,5	24,9	1,6	

Tabelle XXX.

Kohlenoxyd und Luft (feucht) bei 34,5° C.

Druck 764,6 mm. Tension des Wasserdampfes: 40,6 mm.

	No. des Versuchs	Kohlenoxyd in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	15,9	84,1	Keine Explosion
	2	16,7	83,3	
	3	17,0	83,0	Explosions-Bereich
	4	17,4	82,6	
5	72,0	28,0		
6	73,4	26,6		
Obere Grenze	7	73,6	26,4	Keine Explosion
	8	73,8	26,2	

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXXa.

Zusammensetzung der Kohlenoxyd-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfolumens.

	No. des Versuchs	Kohlenoxyd in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	15,1	79,6	5,3	Keine Explosion
	2	15,8	78,9	5,3	
	3	16,1	78,6	5,3	Explosions-Bereich
	4	16,5	78,2	5,3	
5	68,2	26,5	5,3		
6	69,5	25,2	5,3		
Obere Grenze	7	69,7	25,0	5,3	Keine Explosion
	8	69,9	24,8	5,3	

Tabelle XXXI.

Kohlenoxyd und Luft (feucht) bei 60,5° C.

Druck 767,6 mm. Tension des Wasserdampfes: 152,4 mm.

	No. des Versuchs	Kohlenoxyd in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	18,5	81,5	Keine Explosion
	2	19,8	80,2	
	3	20,1	79,9	Explosions-Bereich
	4	20,8	79,2	
.....		
5	66,0	34,0		
Obere Grenze	6	68,2	31,8	Keine Explosion
	7	68,6	31,4	
	8	70,9	29,1	

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXXIa.

Zusammensetzung der Kohlenoxyd-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfvolumens.

	No. des Versuchs	Kohlenoxyd in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	15,0	66,1	18,9	Keine Explosion
	2	16,1	65,0	18,9	
	3	16,3	64,8	18,9	Explosions-Bereich
	4	16,9	64,2	18,9	
.....		
5	53,5	27,6	18,9		
Obere Grenze	6	55,3	25,8	18,9	Keine Explosion
	7	55,8	25,3	18,9	
	8	57,5	23,6	18,9	

Tabelle XXXII.

Kohlenoxyd und Luft (feucht) bei 78,1° C.

Druck 764,6 mm. Tension des Wasserdampfes: 328,4 mm

	No. des Versuchs	Kohlenoxyd in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	28,9	71,1	Keine Explosion
	2	29,2	70,8	
	3	29,6	70,4	Explosions-Bereich
	4	31,8	68,2	
5	45,8	54,2		
6	50,2	49,8		
Obere Grenze	7	50,6	49,4	Keine Explosion
	8	51,4	48,6	

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXXIIa.

Zusammensetzung der Kohlenoxyd-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfolumens.

	No. des Versuchs	Kohlenoxyd in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	16,5	40,5	43,0	Keine Explosion
	2	16,6	40,4	43,0	
	3	16,9	40,1	43,0	Explosions-Bereich
	4	18,1	38,9	43,0	
5	26,1	30,9	43,0		
6	28,6	28,4	43,0		
Obere Grenze	7	28,8	28,2	43,0	Keine Explosion
	8	29,3	27,7	43,0	

3. Versuche mit Methan.

Tabelle XXXIII

Methan und Luft (feucht) bei 20° C.

Druck 725 mm. Tension des Wasserdampfes: 17,4 mm

	No. des Versuchs	Methan in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	5,8	94,2	Keine Explosion
	2	6,0	94,0	
	3	6,2	93,8	Explosions-Bereich
	4	6,4	93,5	
5	12,0	88,0		
6	12,7	87,3		
Obere Grenze	7	12,9	87,1	Keine Explosion
	8	13,2	86,7	

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXXIIIa.

Zusammensetzung der Methan-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfolumens.

	No. des Versuchs	Methan in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	5,7	92,0	2,3	Keine Explosion
	2	5,9	91,8	2,3	
	3	6,1	91,6	2,3	Explosions-Bereich
	4	6,4	91,3	2,3	
5	11,7	86,0	2,3		
6	12,4	85,3	2,3		
Obere Grenze	7	12,6	85,1	2,3	Keine Explosion
	8	13,0	84,7	2,3	

Tabelle XXXIV.

Methan und Luft (feucht) bei 34,5° C.

Druck 768,6 mm. Tension des Wasserdampfes: 40,6 mm.

	No. des Versuchs	Methan in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	6,4	93,6	Keine Explosion
	2	6,7	93,3	
	3	6,9	93,1	Explosions-Bereich
	4	7,6	92,4	
5	11,6	88,4		
6	12,4	87,6		
Obere Grenze	7	12,7	87,3	Keine Explosion
	8	13,6	86,4	

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXXIV a.

Zusammensetzung der Methan-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfolumens.

	No. des Versuchs	Methan in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	6,1	88,6	5,3	Keine Explosion
	2	6,3	88,4	5,3	
	3	6,5	88,2	5,3	Explosions-Bereich
	4	7,2	87,5	5,3	
5	11,0	83,7	5,3		
6	11,7	83,0	5,3		
Obere Grenze	7	12,0	82,7	5,3	Keine Explosion
	8	12,9	81,8	5,3	

Tabelle XXXV.

Methan und Luft (feucht) bei 45° C.

Druck 762,6 mm. Tension des Wasserdampfes: 71,4 mm.

	No. des Versuchs	Methan in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	6,4	93,6	Keine Explosion
	2	7,0	93,0	
	3	7,3	92,7	Explosions-Bereich
	4	8,6	91,4	
5	10,9	89,1		
6	11,1	88,9		
Obere Grenze	7	11,4	88,6	Keine Explosion
	8	12,0	88,0	Explosion

Hieraus ergibt sich

Tabelle XXXVa.

Zusammensetzung der Methan-Luftmischungen bei Berücksichtigung des Wasserdampfolumens.

	No. des Versuchs	Methan in Vol.-%	Luft in Vol.-%	Wasserdampf in Vol.-%	Versuchs-Ergebnis
Untere Grenze	1	5,8	84,8	9,4	Keine Explosion
	2	6,3	84,3	9,4	
	3	6,6	84,0	9,4	Explosions-Bereich
	4	7,8	82,8	9,4	
5	9,8	80,8	9,4		
6	10,1	80,5	9,4		
Obere Grenze	7	10,3	80,3	9,4	Keine Explosion
	8	10,9	79,7	9,4	Explosion

Die Versuchsergebnisse sind in vorstehender graphischen Darstellung zusammengefasst:

Bei der Schwierigkeit, der im vorstehenden beschriebenen Versuche, die naturgemäss sehr viel Zeit in Anspruch nahmen, erschien es angezeigt, sich mit der Prüfung des Verhaltens dreier Gase: Wasserstoff, Kohlenoxyd und Methan, zu begnügen, um so mehr, als die Resultate bei der graphischen Darstellung wiederum zu geraden Begrenzungslinien der Explosionsbereiche führten. Auch diese Resultate sind unter denselben Gesichtspunkten zu betrachten, wie die der vorhergehenden Versuchsreihen, und die dort gegebenen allgemeinen Ausführungen gelten auch hier. Hinzuzufügen wäre nur noch, dafs bei den Wasserdampfversuchen eine gröfsere Anzahl von Grenzpunkten ermittelt worden ist, und da diese thatsächlich sehr nahe gerade Linien definieren, so dürfen die erhaltenen Resultate wohl als Material zum Nachweis der allgemeinen Gültigkeit des Le Chatelierschen Gesetzes gelten.

W 45° C
Explosionen 71,22

Keine Explosion
Keine Explosion
Keine Explosion
Keine Explosion

Wasserdampf in Vol.-%

0,4	0,4
0,4	0,4
0,4	0,4
0,4	0,4
0,4	0,4
0,4	0,4
0,4	0,4
0,4	0,4

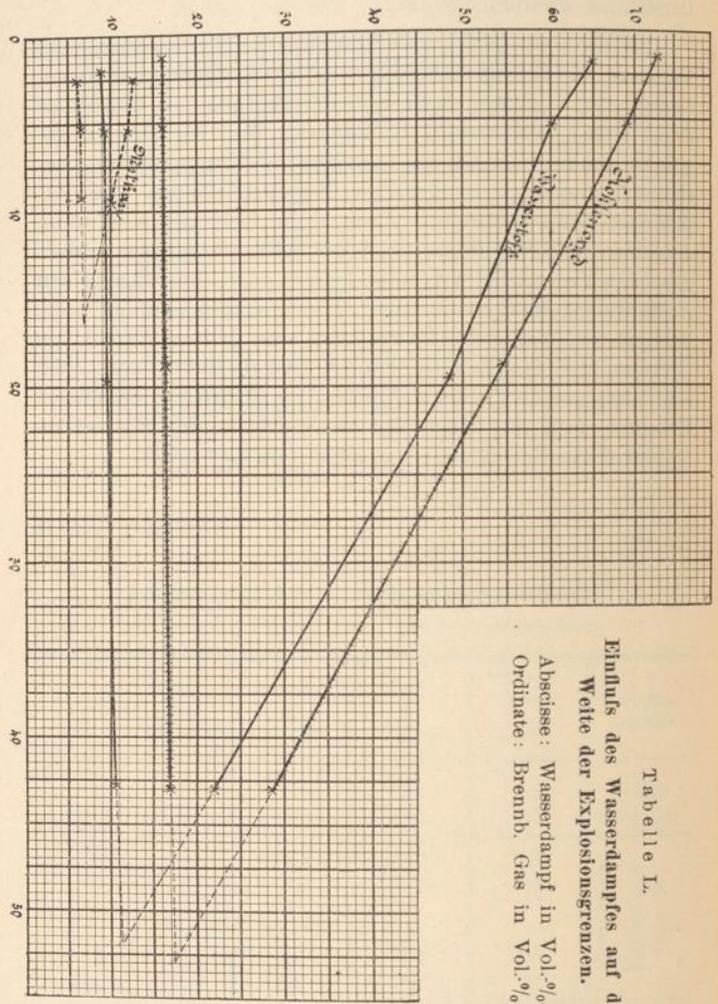


Tabelle I.
Einfluß des Wasserdampfes auf die
Weite der Explosionsgrenzen.
Abscisse: Wasserdampf in Vol.-%.
Ordinate: Brennb. Gas in Vol.-%.

Die Explosion
grenzen Resultate
an Gemischungen
mit jenen inerte G
verhältnissen. P
weist, welcher ge
mischt.

Auf Grund d
Explosion der
Explosion beschne
kommen inerte
mische Gemisc
nicht Material
e werden daher
bei den Versu
eine Werte zu er
die nicht -Luft
Luftgew. d. h.
zu Verhinderung
mischelt.

Die Explosio
stoff, Stickst
er den Versu
an Gasen in
In Zusammen
die durch An
reitet über Que
richtungen mit
die einige Trop
Die Versu
zu erhalten.