



Vision for **water** technology

# **Broschüre für Chlordesinfektion**

**- Grundlagen und Systembeschreibung -**

**Produktmanagement  
Desinfektions-Systeme**

## Inhalt:

1.	Einleitung.....	3
2.	Verfahrenstechnik.....	3
2.1	Chemisch-Physikalische Eigenschaften von Chlorgas.....	3
2.2	Der kontrollierte und anwendungsspezifische Einsatz von Chlor.....	5
2.3	Die desinfizierende Wirkung von Chlor.....	7
2.4	Die elektrochemische Chlorbestimmung.....	10
2.5	Arten der Chlorung.....	14
3.	Aufbau von Chlorgassystemen.....	15
3.1	Kleinchlorsysteme – gasförmige Entnahme.....	17
3.1.1	Die Vakuumregler.....	18
3.1.2	Die Umschalter.....	22
3.1.3	Die Injektoren.....	23
3.2	Vorgehensweise bei der Installation und Inbetriebnahme eines Kleinchlorsystems.....	25
3.3	Die Chlormessung und Überschußregelung.....	26
3.3.1	Die Regelung mit einer Stellgröße.....	26
3.3.2	Die Regelung mit zwei Stellgrößen – Regelung mit Störwertaufschaltung –.....	27
4.	Grosschlorsysteme – flüssige Chlorentnahme.....	28
4.1	Systemaufbau - Grosschlor.....	29
4.1.1	Komponenten auf der Flüssigchlorseite.....	29
4.1.2	Systemkomponenten auf der Chlorgasseite.....	31
5.	Sicherheitsaspekte.....	32
	Abbildungsverzeichnis.....	33
	Literaturverzeichnis.....	34
	ANHANG.....	35
A1	.....	36
A2	.....	36
A3	.....	37
A4	.....	38
A5	.....	41

# 1. Einleitung

## Die Wasserdesinfektion mit Chlorgas

Wasser, unser wichtigstes Nahrungsmittel, ist durch Umwelt- und Zivilisationseinflüsse ständig Vermutungen in Form von Verkeimung oder Kontamination mit toxischen Stoffen ausgesetzt.

Die Reinhaltung des Wassers für unseren täglichen Gebrauch, muss daher mit besonderer Sorgfalt und spezieller hochentwickelter Technologie erfolgen.

Nicht nur im Trinkwasserbereich, dem ein besonderer Stellenwert zukommt, steht die Erfüllung hoher Qualitätsansprüche im Vordergrund. Auch in der Industrie, bei der Bereitstellung von Wasser zur Produktion bzw. als Prozessmedium in Form von z.B. Kühl- oder Reinigungswasser, sind die verfahrenstechnischen wie auch gesetzlichen Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit hoch. Die Beschaffenheit des eingesetzten Wassers, ist immer maßgeblich mit der Effizienz eines Prozesses und der Produktqualität verbunden. Beim Betrieb von Wärmetauscher- oder Klimaanlageanlagen, ist eine genaue Kontrolle der Wasserqualität und -konditionierung zur Vermeidung von Korrosion oder Biofilmbildung, unerlässlich. Eine Minimierung der Keimzahl von Reinigungs- bzw. Spülwässern und der zu behandelnden Oberflächen, ist im Industriebereich eine der wichtigsten Vorgaben.

Diese Brochure soll einen detaillierten Überblick vermitteln über die Technik der ALLDOS Chlor-Desinfektions-Systeme, den chemisch-physikalischen Eigenschaften von Chlor und der Anwendung der ALLDOS-Systeme anhand einiger Anwendungsfälle.

Die Anlagen- bzw. Systemkonzepte sollen hier Schritt für Schritt erläutert werden und dem Anwender oder interessierten Leser die Möglichkeit geben, die Projektierung und die Möglichkeiten, die sich mit ALLDOS-Komponenten in der Wasserdesinfektion bieten, zu verstehen.

## 2. Verfahrenstechnik

### 2.1 Chemisch-Physikalische Eigenschaften von Chlorgas

Allgemeines

Chlor (griechisch: "chloros" heißt grün) ist ein gelblich-grünes Gas von stechendem, die Schleimhaut reizendem Geruch. Im Periodensystem der Elemente gehört es neben Fluor, Brom und Iod zu der Gruppe der Halogene.

Chlor ( $\text{Cl}_2$ ) liegt "zweiatomig" vor und ist unter Normalbedingungen ( $20^\circ\text{C}$  ; 1 atm) gasförmig. Es kommt komprimiert, flüssig in Stahlbehältern (Flüssiggasflaschen oder Fässer) zum Einsatz.

In der Natur kommt Chlor zu einem großen Anteil gebunden als Natriumchlorid vor und wird in großem Maßstab bei der Elektrolyse von Natriumchloridlösungen gewonnen.

Die desinfizierende bzw. oxidierende Wirkung liegt daran, dass Chlor sehr reaktionsfreudig ist und bereits unter Normalbedingungen schnell und zuverlässig eine Entkeimung und Umsetzung toxischer Stoffe bewirkt.

Chlor ist mehr als doppelt so schwer wie Luft und sinkt daher beim Ausströmen nach unten. Bereits bei geringen Konzentrationen von 0,3 ppm ist der Geruchsschwellwert erreicht. Die Maximale Arbeitsplatzkonzentration liegt bei 1,5 mg/m<sup>3</sup> bzw. 0,5 ppm. Eine auch nur kurze Exposition bei 50 Vol. ppm (vpm) in der Raumluft, kann bereits tödlich sein.

Die Reinheit von industriell hergestelltem Chlor liegt bei mindestens 99,8 Gew %. Verunreinigt wird es im wesentlichen durch geringe Anteile an CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und Wasser.

Physikalische Daten zu Chlor:

Molare Masse (Cl <sub>2</sub> )	71	g/mol
Dichte (l), 20°C / 8,8 bar	1.420	kg/m <sup>3</sup>
Dichte (g), 20°C / 1,0 bar	2,9	kg/m <sup>3</sup>
Rel. Dichte (Luft = 1)	2,5	-
Siedepunkt (1 bar, abs.)	- 34	°C
Schmelzpunkt	- 101	°C
Dampfdruck, 20°C	6,8	bar
Wärmekapazität Cl <sub>2</sub> (g), 20°C	0,55	kJ/kg·K
Wärmekapazität Cl <sub>2</sub> (l), 20°C	0,97	kJ/kg·K
Verdampfungsenthalpie	252	kJ/kg
Wärmeleitfähigkeit Cl <sub>2</sub> (l)	0,11	W/m·K
Wärmeleitfähigkeit Cl <sub>2</sub> (g)	0,01	W/m·K
Krit. Temperatur (Ende DDK)	144	°C
Löslichkeit in Wasser (20°C, 1 bar)	7,2	g/l

Zur besseren Darstellung des Dichte [2] und Dampfdruckverlaufs [2] dient Abb.1 und Abb.2.

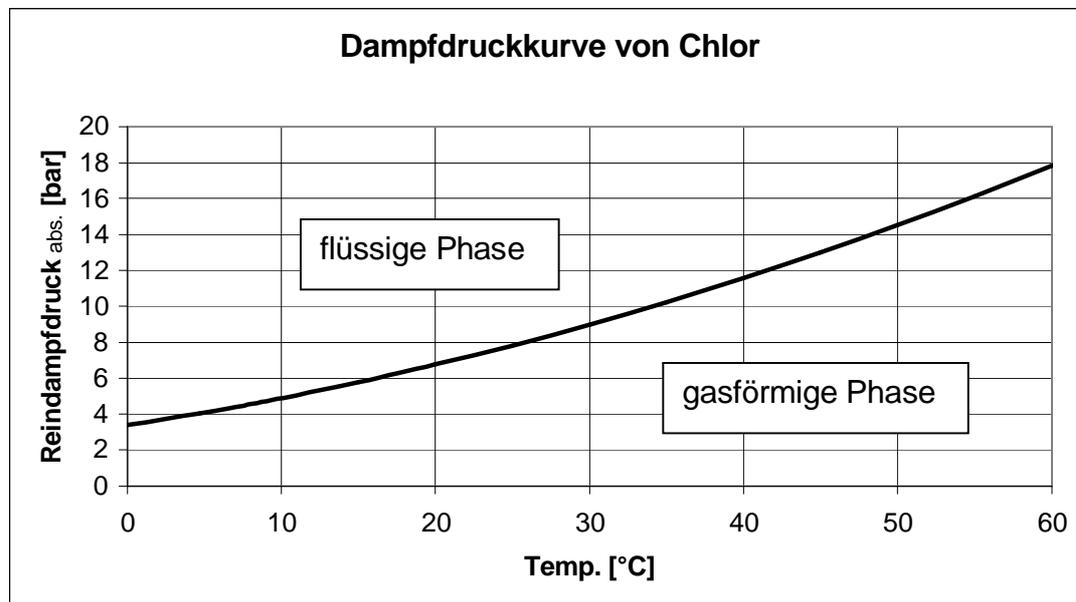


Abb. 1: DDK von Chlor

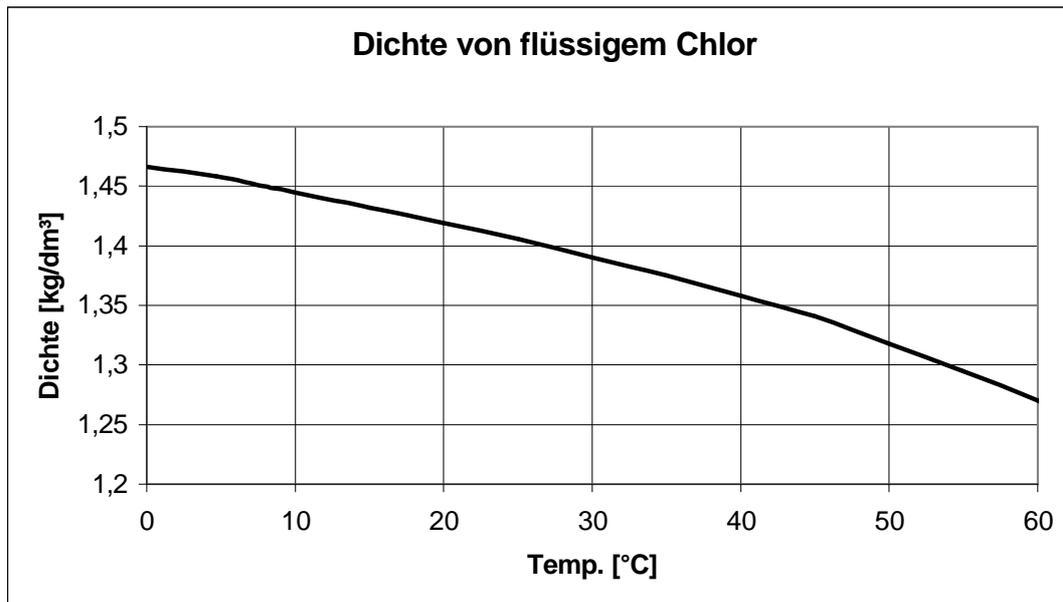


Abb. 2: Flüssig-Chlordichte

Chlor ist ein sehr starkes Oxidations- bzw. Desinfektionsmittel<sup>1</sup>. Weltweit ist der Anteil von Chlor im Vergleich mit allen anderen angewandten Desinfektionsmittel am größten. Die Entkeimung verläuft sehr schnell und bei fast allen Mikroorganismen nahezu vollständig. Chlor ist bereits bei geringen, für den Menschen unbedenklichen Konzentrationen – relativ zu anderen Bioziden – sehr effektiv.

## 2.2 Der kontrollierte und anwendungsspezifische Einsatz von Chlor

Die Einsatzgebiete der Chlordesinfektion sind sehr vielfältig und reichen weit über die Trinkwasseraufbereitung hinaus.

Weltweit ist die Chlordesinfektion im Badewasser in Schwimmbädern unerlässlich und gesetzlich vorgeschrieben.

Es gibt zusätzliche Möglichkeiten der Badewasseraufbereitung, wie die Desinfektion mit UV-Strahlung, Membranfiltration oder die Ozonbehandlung. Eine Langzeit-Desinfektionswirkung mit einer möglichst geringen Zudosierung von Bioziden und schneller Keimreduktion, lässt sich jedoch nur mit Chlor erreichen.

In der Industrie ist bei der Aufbereitung von Prozeß- oder Produktwasser, vor allem in hygienisch sensiblen Branchen, wie der Lebensmittel- oder der Pharmaindustrie, eine dauerhafte Desinfektionswirkung (nicht nur am Ort der Behandlung, wie z.B. mit UV) unerlässlich.

Die Kühlwasserbehandlung mit Chlor zielt auf die Vermeidung von Biofilmen ab. In den allermeisten Fällen lässt sich Biofilmbildung mit Chlorzugabe vermeiden oder zumindest minimieren.

In der Praxis werden verschiedene Begriffe zur Quantifizierung der Chlorzugabe benutzt.

1. Der **Chlorbedarf** beschreibt die Mindestmenge an wirksamen Chlor die dem Wasser zugegeben werden muss, um die erforderliche Wirkung (z.B. Desinfektion) zu erreichen.

<sup>1</sup> unter Desinfektion versteht man die (möglichst schnelle) Keimzahlreduktion um 5-log Stufen

Generell setzt sich der Chlorbedarf aus der Chlorzehrung und dem nötigen Chlorüberschuß zusammen.

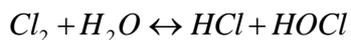
2. Die **Chlorzehrung** ist die Differenz aus Chlorzugabe und analytisch feststellbarer Chlorkonzentration. Hier ist zu beachten, dass die Verweilzeit zwischen Zugabe und Probenahme, einen großen Einfluss auf den Meßwert hat.

3. Der **Chlorüberschuß** ist die wirksame Chlormenge (freies Chlor) die nach Erreichen eines Reaktionsgleichgewichtes zwischen abgereagtem (gebundenes Chlor) und freiem Chlor zur Verfügung steht. Die Bemessung des Chlorüberschusses ist abhängig von der Wasserqualität, der Temperatur und der Verweilzeit des Wassers im Leitungsnetz bis zum Verbraucher.

4. Unter dem Begriff **freies Chlor** versteht man die Summe der Stoffkonzentrationen von elementarem Chlor  $Cl_2$ , der unterchlorigen Säure  $HOCl$  und von Hypochlorit  $OCl^-$ . Die Angaben erfolgen in  $[mg/l]$ ,  $[g/m^3]$  oder in Gewichts-ppm<sup>2</sup>.

Elementares Chlor ist jedoch nur im sauren Bereich ab  $pH < 3$  stabil. Bei üblichen pH-Werten, zwischen 6,5 und 8,5, liegt hauptsächlich die für die Desinfektion maßgebliche Komponente, unterchlorige Säure  $HOCl$ , vor.

Bei der Einleitung von Chlorgas in Wasser stellt sich folgendes Gleichgewicht ein.



Die entstehende Salzsäure wird im allgemeinen durch Wasserinhaltsstoffe wie Karbonate und Hydrogencarbonate (natürliche Alkalinität) neutralisiert.

5. Unter **gebundenem Chlor** versteht man den Chloranteil der z.B. mit Stickstoffverbindungen zu Chloraminen reagiert hat und der Desinfektion nicht mehr in vollem Maße zur Verfügung steht.

6. Als **Gesamt-Chlor** versteht man die Summe aller oxidierend wirkenden Chlorverbindungen einschließlich der evtl. vorliegenden Chloramine. Falls bei der Messung Chlordioxid vorliegen sollte, wird es auch meßtechnisch erfasst.

Zur quantitativen Erfassung der Chlorung wird im allgemeinen das freie Chlor gemessen. Bei hohen Chloramingehalten wird zusätzlich der Gesamtchlorgehalt gemessen um aus der Differenz den Gehalt an gebundenem Chlor zu ermitteln.

Generell ist zu bemerken, dass bei einer Chlordesinfektion darauf zu achten ist, die Ammoniak- bzw. Aminkonzentrationen und auch die Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen so gering wie nur irgendwie möglich zu halten, um die Bildung von geruchlich und geschmacklich unvorteilhaften Chloraminen und die Bildung von u.U. toxischen chlorierten Kohlenwasserstoffen zu minimieren.

---

<sup>2</sup> : gilt natürlich nur für verdünnte Lösungen mit wasserähnlicher Dichte  $\approx 1 \text{ kg/l}$ :  
ppm, parts per million =  $[mg/kg] = [10^{-3}g/10^3g] = 10^{-6} = [ppm]$

### 2.3 Die desinfizierende Wirkung von Chlor

Chlor wirkt auf die belebte und unbelebte Materie ein. Im Falle der Einwirkung auf die belebte Materie spricht man von Desinfektion, im Falle der Unbelebten von einer Oxidation. In beiden Fällen jedoch handelt es sich um eine Oxidation der mit Chlor reagierenden Stoffe.

Die Desinfektionswirkung beruht auf der Durchdringung und Degenerierung von Zellmembranen und der Störung oder Unterbrechung des Stoffwechsels der Mikroorganismen.

Die unterchlorige Säure ist das Hauptdesinfektionsmittel neben dem Hypochloritanion. Das Hypochloritanion ist mit einer Hydrathülle (Hülle bestehend aus Wassermolekülen) umgeben und somit deutlich größer, weniger fähig weiter oxidierend zu wirken (bei der Reaktion zu Chlorid  $\text{Cl}^-$ ) und auch deutlich schlechter permeabel durch Zellwände.

Die Wirkung einer Chlordesinfektion hängt stark vom pH-Wert des Wassers ab. Die unterchlorige Säure,  $\text{HOCl}$ , dissoziiert leicht in Wasser. Der Grad der Dissoziation ist gemäß folgender Gleichung vom pH-Wert bestimmt.



$$K_i = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OCl}^-)}{c(\text{HOCl})}$$

$K_i$  ist die Gleichgewichtskonstante bei einer bestimmten Temperatur<sup>3</sup>.

$c(x)$  ist die Konzentration der beteiligten Stoffe.

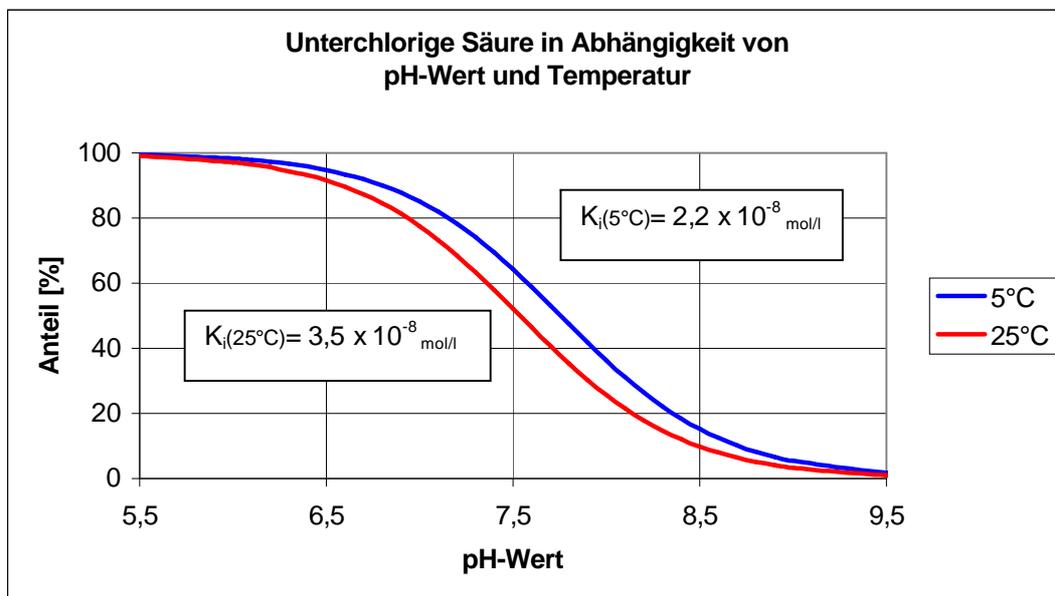


Abb. 3: Anteil von unterchloriger Säure

<sup>3</sup> : Zur Berechnung der K-Werte siehe Anhang Diagr. A1 (für Experten)

So wie der Anteil der unterchlorigen Säure abnimmt, nimmt der Hypochloritionenanteil zu. Das heißt bei z.B. 80% unterchlorige Säure liegen 20% Hypochlorit vor.

Für die effektiv lösliche Chlormenge pro Wasservolumen ist vorallem die Temperatur maßgeblich. Die Löslichkeit in Abhängigkeit von der Temperatur zeigt folgendes Diagramm.

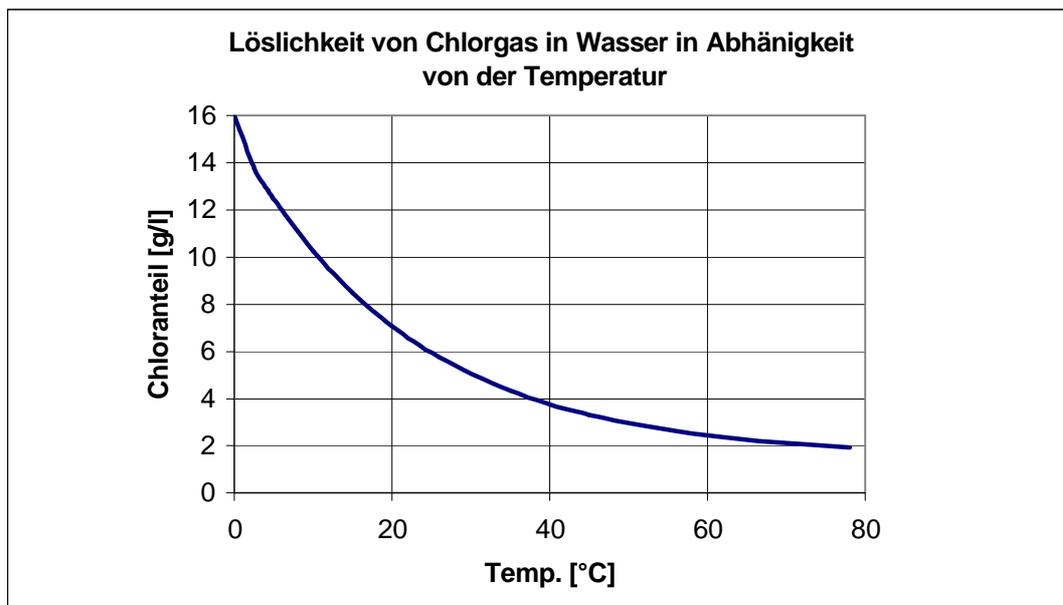


Abb. 4: Löslichkeit von Chlorgas

Bei obigen Diagrammen und denen im Anhang ist der Anteil von elementarem Chlor als  $\text{Cl}_2$  nicht berücksichtigt, weil er im allgemeinen<sup>4</sup> deutlich im ‰-Bereich liegt.

Eine komplette Darstellung der Verteilung der Chlordissoziate zeigt folgendes Diagramm, in dem auch das Verhalten der Stoffe bei pH-Werten, wie sie eher selten in der Wasseraufbereitung anzutreffen sind, aufgezeigt ist.

<sup>4</sup> : bei üblichen pH-Werten (6-9), Temp. (10 – 30°C) und Konz. bis maximal einige 10 ppm

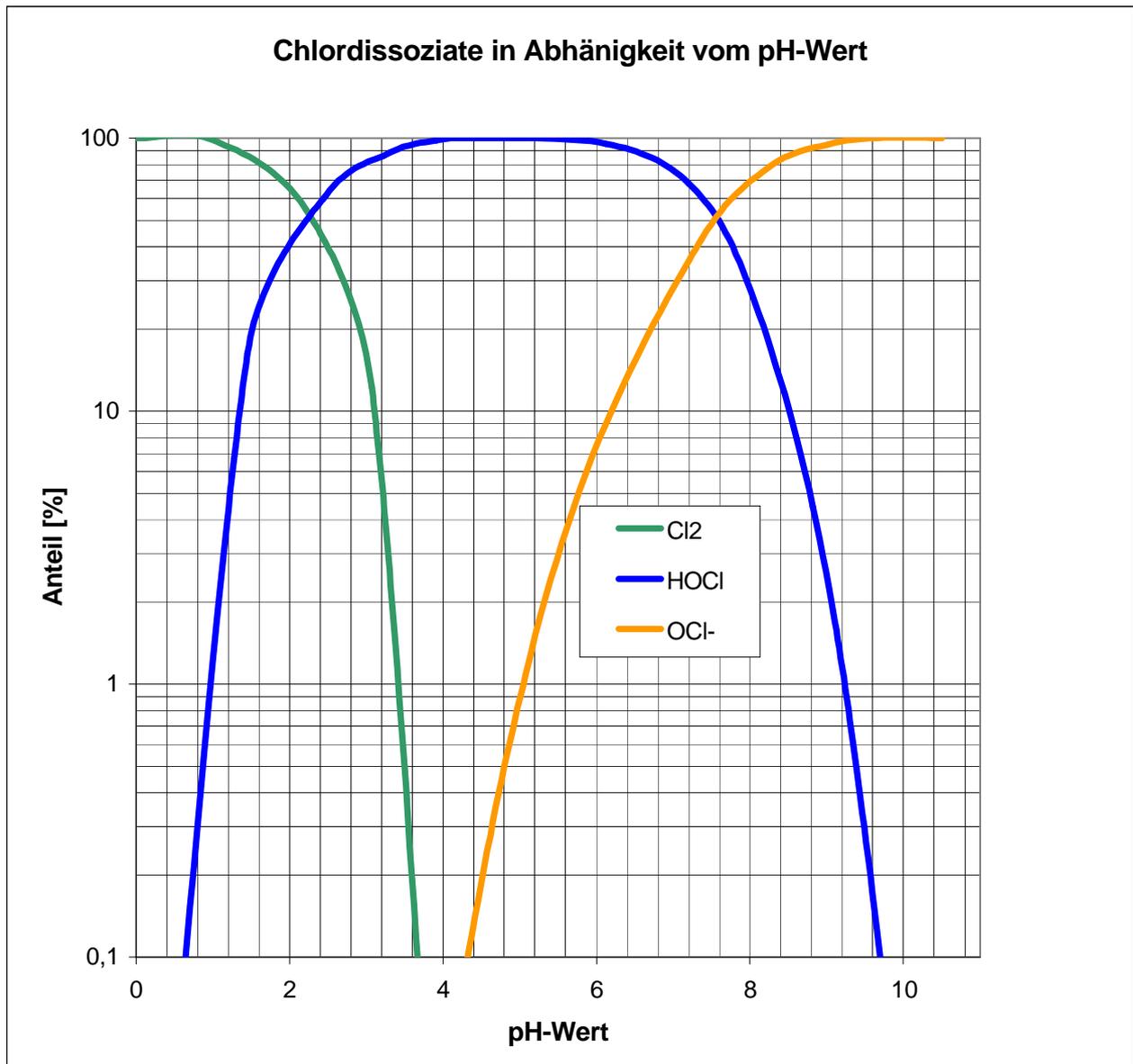


Abb. 5: Anteil der Chlordissoziante

Systembedingungen die eine hohe Konzentration an unterchloriger Säure ermöglichen, haben sich als besonders gut im Sinne einer schnellen und möglichst vollständigen Desinfektion erwiesen.

Für Escheria Coli Bakterien hat sich herausgestellt, das bei verschiedenen pH-Werten die unterchlorige Säure im Mittel 50mal<sup>5</sup> effektiver ist als Hypochlorit

<sup>5</sup> : einige Untersuchungen beziehen sich auf eine 80mal stärkere und andere Untersuchungen auf eine 20mal stärkere Desinfektionswirkung [1]

Die pH-Wertabhängigkeit der Wirksamkeit von Chlor auf die in bakteriologisch belasteten Wässern sehr häufig vorkommenden Keime von Escheria Coli zeigt folgendes Diagramm.

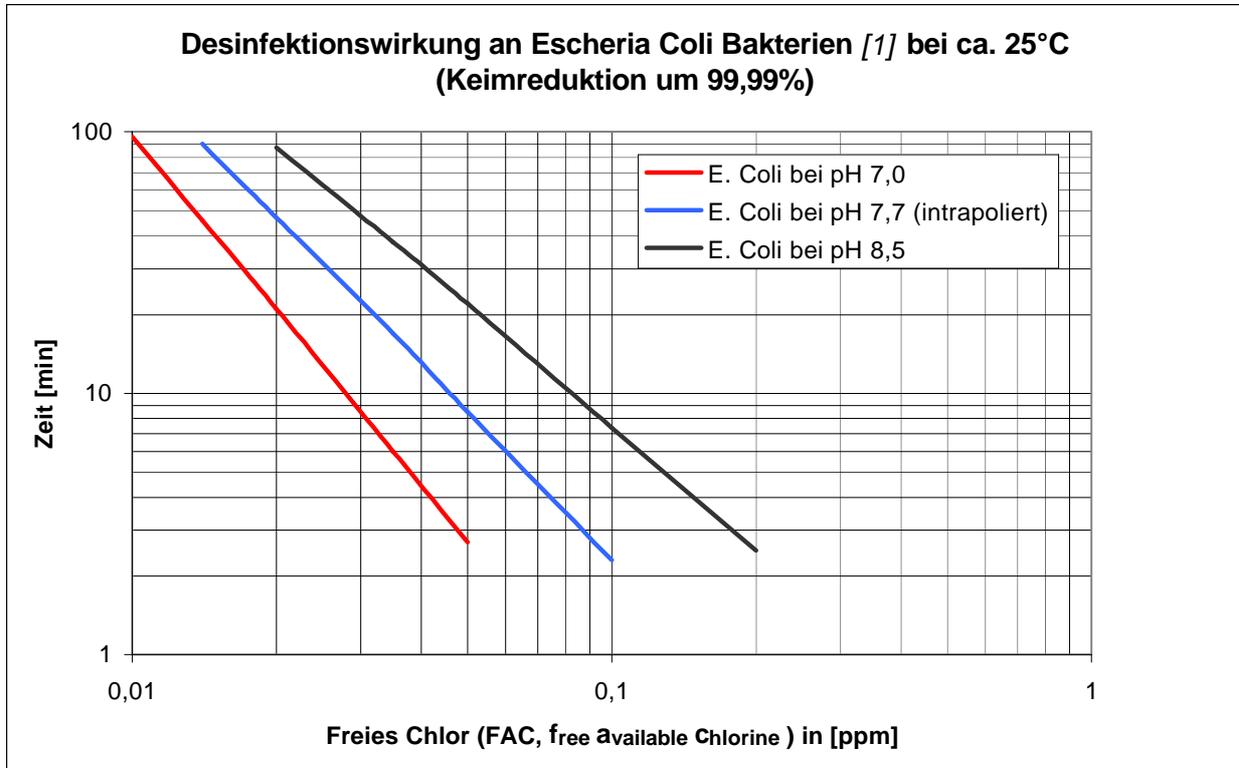


Abb. 6: Desinfektion an E.Coli

## 2.4 Die elektrochemische Chlorbestimmung

Grundsätzlich sollte man zwischen der gelegentlichen und der permanenten Chlormessung unterscheiden.

Die gelegentliche Messung erfolgt teilweise mit sehr einfachen, rel, ungenauen Mitteln wie Papiermeßstreifen oder im besten Falle mit kleinen Handphotometern.

Die photometrische Messung beruht auf der Intensitätsschwächung eines Lichtstrahles mit definierter Wellenlänge der durch eine Flüssigkeitsschicht tritt. Die Abschwächung der Intensität ist bei bekannter Ausgangsintensität ein Maß für die Konzentration des zubesimmenden Stoffes.

Die Grundlage hierfür ist das Lambert-Beer'sche Gesetz, in dem der Zusammenhang zwischen der durchstrahlten Schichtdicke, der Lichtabsorptions-Eigenschaft und der Konzentration der entsprechenden Stoffe dargestellt wird.

Lambert-Beersches Gesetz:

$$A = K \times c \times d$$

Mit:

A	Lichtabsorption [%]
K	Stoffspezifischer Absorptionskoeffizient, im allgem. angegeben in [l / (mol · cm)]
c	Konzentration [mg/l oder mol/l]
d	durchstrahlte Schichtdicke [cm]

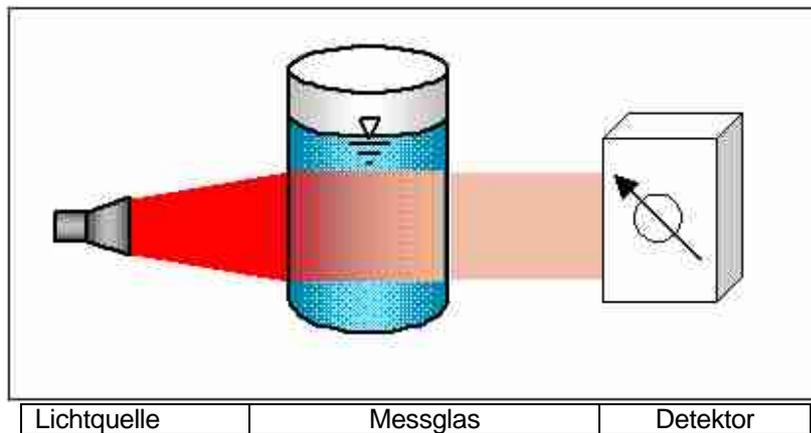


Abb. 7: Grundaufbau eines Photometers

Beim Alldos Handphotometer AllconTest, wird chemisch gebundenes und freies Chlor mit der DPD<sup>6</sup>-Methode gemessen. Bei Anwesenheit von Chlor tritt eine Rotfärbung auf, das sog "Wurster Rot".



Bei der kontinuierlichen Messung kommen hauptsächlich elektrochemische Verfahren zum Einsatz, bei denen die Konzentration des Desinfektionsmittels über eine elektrische Größe bestimmt wird. Hier unterscheidet man zwischen zwei Meßverfahren:

1. Amperometrisch
2. Potentiostatisch

<sup>6</sup> : DPD steht für für das Prüfereagenz N-Diäthyl-Paraphenyldiaminsulfat

Das amperometrische Meßverfahren beruht auf dem Prinzip einer galvanischen Zelle. Zwei Elektroden unterschiedlicher Metalle, stehen über die dazwischenliegende Meßlösung elektrochemisch miteinander in Kontakt. Aufgrund der unterschiedlichen Metalleigenschaften der Elektroden, bzgl. ihrer Neigung Lagungsträger – Elektronen – an die Lösung abzugeben, baut sich eine Spannung auf. Diese Spannung bewirkt einen Meßstrom im Nanoampere- bzw. Mikroamperebereich, der anschließend zur Signalverarbeitung verstärkt wird.

Eine weiterentwickelte Methode des amperometrischen Verfahrens, ist Messung über eine ionensensitive Membran. Hier wird die Messlösung mit einer chlordurchlässigen Membran in Kontakt gebracht. Auf der anderen Seite der Membran steht eine Salzlösung an, in die zwei Elektroden eingetaucht sind. Auf dieser Seite also der gleiche prinzipielle Aufbau wie beim oben beschriebenen Verfahren. Der Nachteil dieses Verfahrens ist die relativ kurze Standzeit der Membran bis zum ersten Wechsel (ca. 1 bis 2 Jahre).

Eine deutlich bessere und zuverlässigere Methode ist potentiostatische Messung.

Diese Meßanordnungen gibt es als Zwei- und Dreielektrodensysteme. Beim Alldos-Dreielektrodensystem steht die Messelektrode mit der Gegenelektrode über das Meßwasser in Kontakt. Über eine Referenz- oder Bezugslektrode wird mit Hilfe eines Potentiostaten eine konstante Spannung an der Messelektrode erzeugt.

Mit dieser Technik arbeitet das potentiostatische Meßsystem deutlich stabiler.

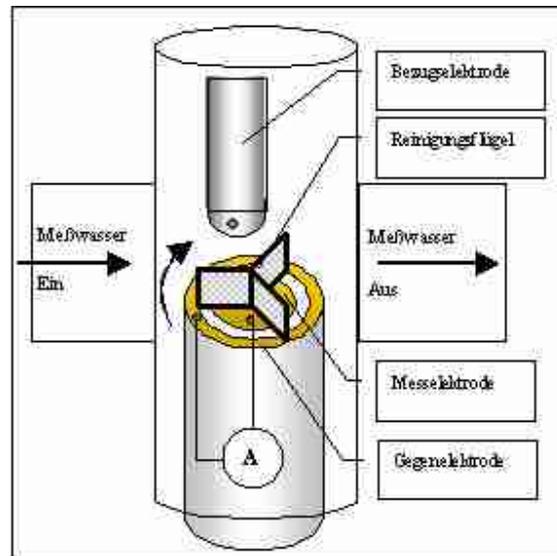


Abb. 8: Potentiostat. Meßaufbau

Neben der Konzentration eines Stoffes, ist auch das Redoxpotential verantwortlich für die Größe des Meßsignals.

Unterschiedliche Stoffe haben verschiedene Redoxpotentiale, d.h. ein unterschiedliches Bestreben unter gegebenen Bedingungen Elektronen aufzunehmen oder abzugeben.

Folgendes Diagramm zeigt die Stoffabhängigkeit vom Redoxpotential bei verschiedenen pH-Werten.

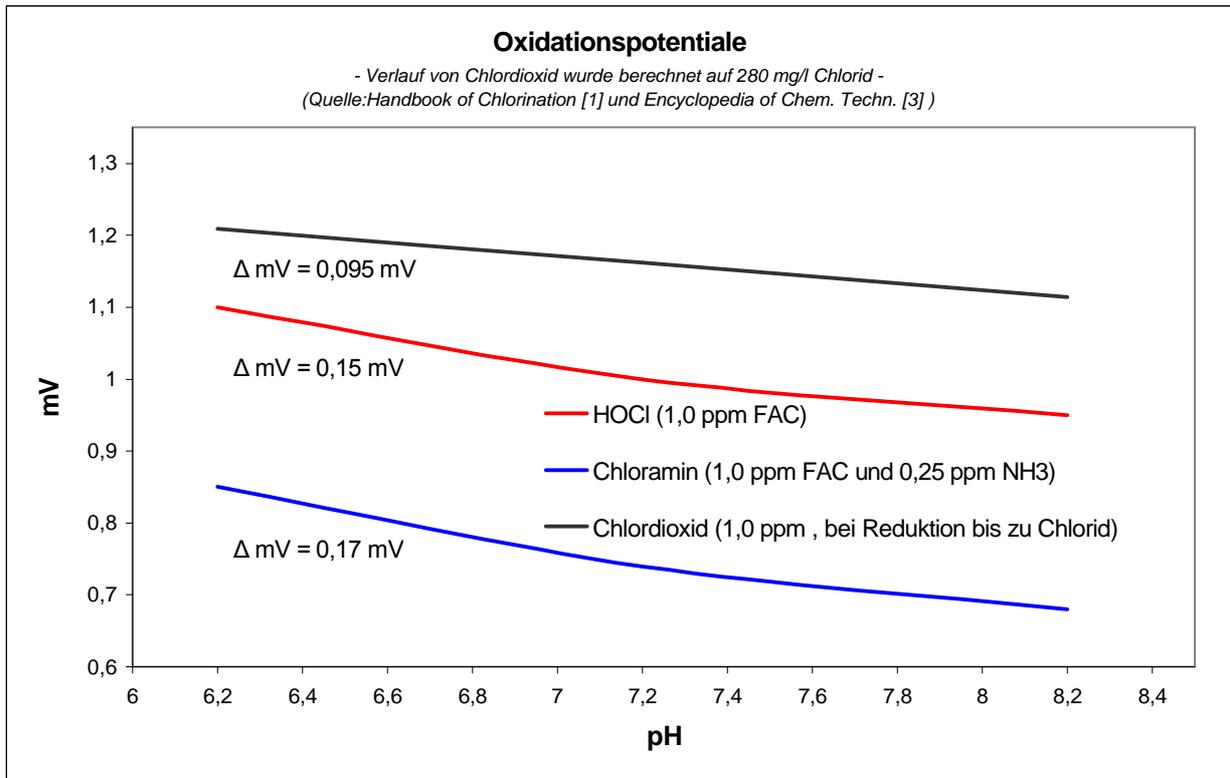
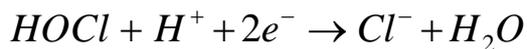


Abb. 9: Verschiedene Oxidationspotentiale

Die Gleichung die den pH-wertabhängigen Vorgang der Potentialmessung von Chlor beschreibt ist



Für die Abhängigkeit vom pH-Wert steht der  $\text{H}^+$ -Anteil und für das Potential das sich zwischen den Elektroden aufbaut steht die Elektronenaufnahme,  $\text{e}^-$ , (Reduktion) der unterchlorigen Säure auf der linken Seite der Gleichung.

Nach dieser relativ detaillierten Betrachtung der chemischen Zusammenhänge bei der Desinfektion und der dazugehörigen Messung, soll nun auf die in der Praxis durchgeführten Arten der Chlorung eingegangen werden.

## 2.5 Arten der Chlorung

### Die Vorchlorung,

wie der Name schon sagt, erfolgt vor allen anderen Aufbereitungsschritten. Sie dient als erster Entkeimungsschritt für die möglichst keimarme Weiterbehandlung des Wassers; bei der Trinkwasserbehandlung um z.B. die Filtereinheiten vor einer all zu großen Verkeimung zu bewahren oder bei der Abwasserbehandlung, um die biologische Stufe nicht zu sehr mit Fremdbakterien zu beladen.

### Die Nachchlorung

erfolgt als letzter Aufbereitungsschritt um einen Chlorüberschuß im Leitungsnetz zum Schutz gegen Wiederverkeimung zu haben.

### Die Hoch- oder Schockchlorung

wird eingesetzt um z.B. neue Rohrleitungssysteme bei der Inbetriebnahme schnell und sehr sicher zu desinfizieren oder im allgemeinen bei Systemen wo das Wasser einer ständigen Wiederverkeimung in offenen Kühlkreisläufen, Rohrleitungen mit Leckagen oder schwankender Wasserqualität, ausgesetzt ist. Diese Art der Chlorung erfolgt nicht dauerhaft sondern in Intervallen. Die Chlorzugabe ist für kurze Zeit und je nach Anwendung bis zu zehnmal so hoch wie die Permanentkonzentration. Die Dauer der Intervalle und die Konzentrationen sind von Fall zu Fall zu bestimmen.

### Die Knickpunktchlorung

ist eine besondere Art der Chlorzugabe die einen Zusammenhang herstellt, zwischen den chlorzehrenden Stickstoffverbindungen (Ammonium, Amine) und der benötigten Chlorzugabemenge.

Die Gruppe der Chlor-Stickstoffverbindungen hat die besondere Eigenschaft, eine nicht-lineare Abhängigkeit zu zeigen zwischen der Chlorzugabe und der Konzentration an freiem Chlor. Der Grund dafür liegt in der Bindung von freiem Chlor als Chloramin.

Chloramine treten als Mono-, Di- und Trichloramin auf. Hinzu kommt bei stetig steigender Chlorzugabe die Umwandlung von z.B. Monochloramin zu Dichloramin. Das bedeutet, dass bei stetiger Chlorzugabe unterschiedlich viel Chlor durch die Bindung bzw. Zehrung an Aminen, und bereits entstandenen Monochloraminen, verloren geht.

Die folgenden beiden Abbildungen veranschaulichen das Verhalten dieses Systems.

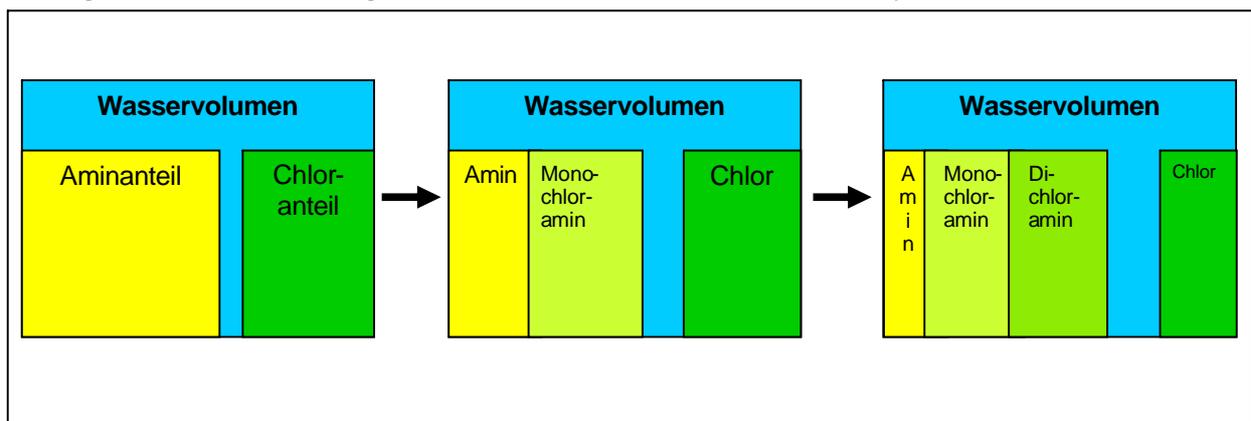


Abb. 10: Bildung von Chloraminen

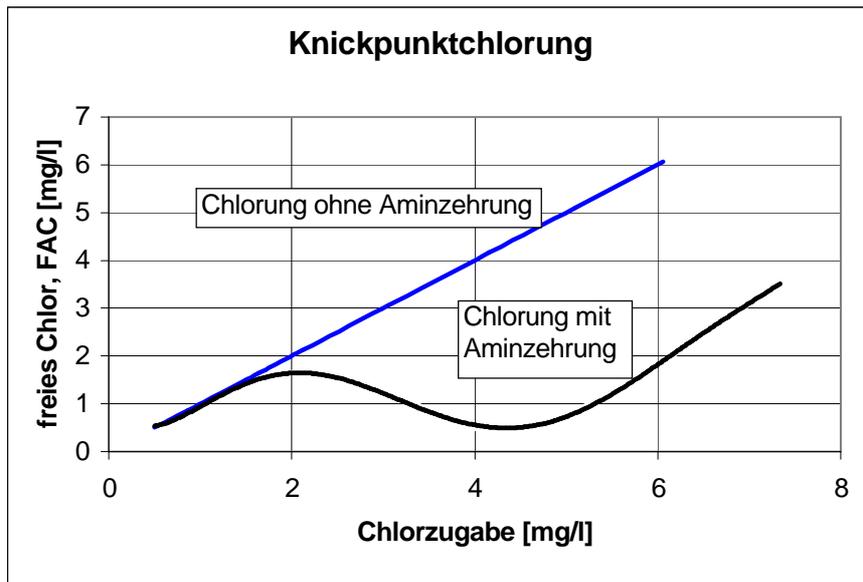


Abb. 11: Knickpunktchlorung<sup>7</sup>

### 3. Aufbau von Chlorgassystemen

Was den Gesamtaufbau der Chlorsysteme angeht, ist prinzipiell zu unterscheiden zwischen Systemen mit gasförmiger und flüssiger Chlorentnahme aus Gasflaschen oder Fässern.

Der Hintergrund für den unterschiedlichen Aufbau liegt in der benötigten Abnahmemenge. In der Praxis hat sich gezeigt, dass über einer 1%igen Abnahme<sup>8</sup> (in kg/h) bezogen auf das Füllgewicht der Flasche oder des Fasses, Chlor dazu neigt nicht mehr gasförmig entnommen werden zu können, sondern entweder der Druck abfällt oder im schlimmsten Falle flüssiges Chlor austritt.

An einem Beispiel gerechnet bedeutet das:

- Chlorflasche mit ca. 65 kg Füllgewicht

**Maximale Abnahmemenge:  $65 \times 0,01 \sim 0,65 \text{ kg/h}$**

- Chlorfass mit 1000 kg Füllgewicht

**Maximale Abnahmemenge:  $1000 \times 0,01 \sim 10 \text{ kg/h}$**

Weiterhin gilt die "Faustregel", dass für kurze Zeiten zwischen 20 und 30 Minuten (bei Fässern auch länger), das 2 – 3 fache der oben genannten Mengen entnommen werden kann.

Der Grund hierfür liegt am Phasenübergang von gasförmig zu flüssig. Bei einer zu schnellen Entnahme sinkt der Druck in der Chlorvorlage. Das Bestreben von Chlor wieder ein Gleichgewicht herzustellen zwischen der Gas- und Flüssigphase, führt zur raschen Verdampfung des flüssigen Chlors wodurch sich die Vorlage abkühlt (→ Verdunstungskälte bzw. Verdampfungsenthalpie). Je nach Intensität dieses Vorganges, kommt es zu einem weiteren Druckabfall der eine geregelte Dosierung beeinträchtigt bzw.

<sup>7</sup> : Der Knickpunkt ist überwunden bei einem Verhältnis von FAC zu Gesamtzugabe von 1:5

<sup>8</sup> : Technisch praktischer Richtwert

unmöglich macht oder es führt zur Entnahme von siedendem Flüssigchlor, das dann die Kunststoffdosier- und Regeleinrichtungen erheblich beschädigt.

Da die Dosierung und die Injektion immer mit gasförmigem Chlor geschieht, muss bei Systemen mit Flüssigchlor-entnahme dafür gesorgt werden, dass Chlor in die Gasphase übergeführt wird (→ Chlorverdampfung). Nach diesem Prozessschritt sind beide Systeme, für Großchlor- und Kleinchloranlagen, nahezu identisch. Die folgende Abbildung zeigt ein Funktionsschema des Chlorsystemaufbaus von der Entnahme bis zur Injektion.

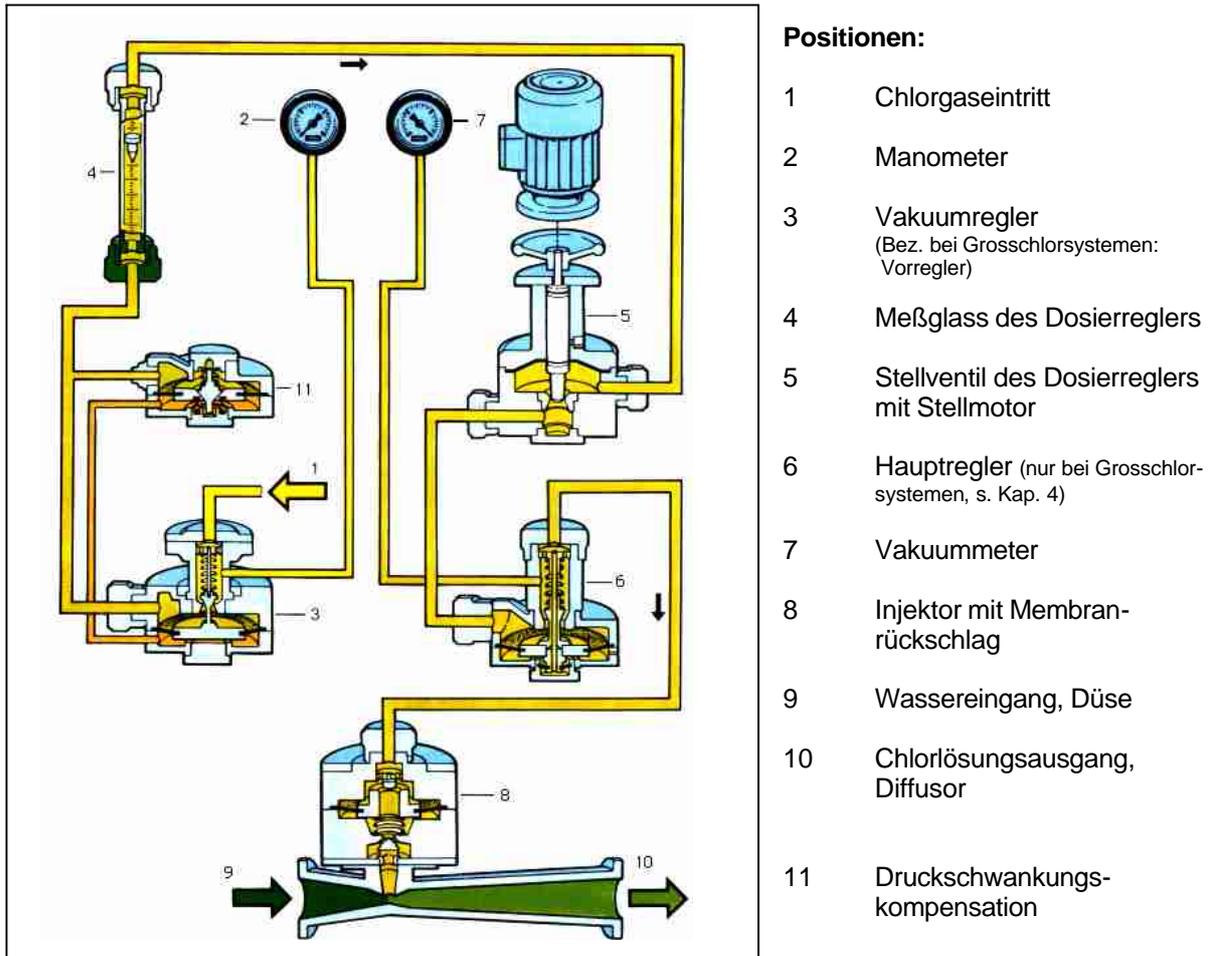


Abb. 12: Funktionsschema eines Chlorsystems

### 3.1 Kleinchlorsysteme – gasförmige Entnahme

Der Grundsätzliche Aufbau eines solchen Systems ist in der folgenden Abbildung gezeigt.

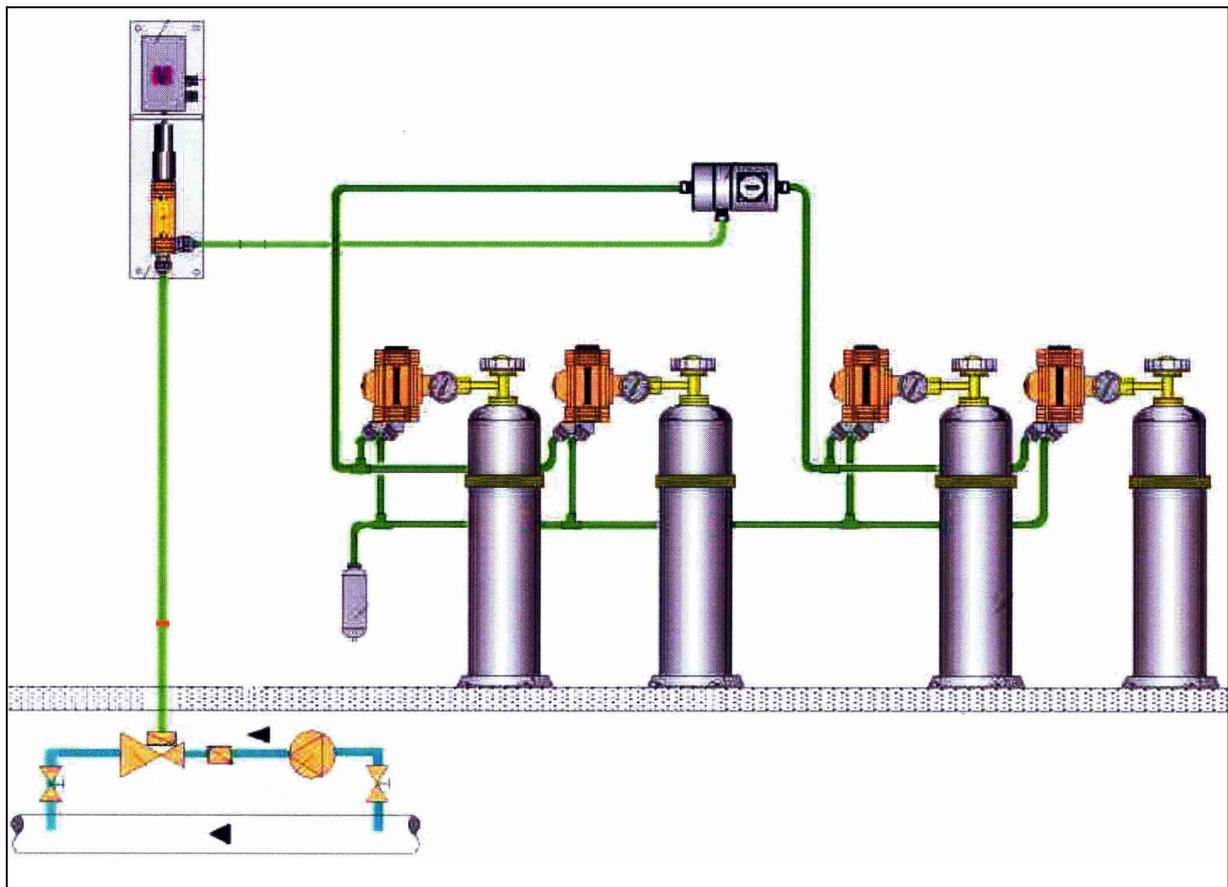


Abb. 13: Typische Kleinchloraufbau mit zwei Linien und autom. Umschalter

Beginnend bei der Chlorgasflasche und endend bei der Injektionsstelle besteht dieses System aus folgenden Komponenten:

- Flaschenhilfsventil (nur bei Sammelleitungen)
- Vakuumregler  
Ausstattung mit optionalen Komponenten wie:
  - Manometer
  - Flüssigfalle
  - Flaschenrestdrucksicherung
  - Kombierter Vakuumregler mit Dosierregler (GECO-Ausführung)
- Automatischer Vakuumumschalter  
Ausstattung mit optionalen Komponenten wie:
  - Ausgang eines Umschaltsignals (max. 230 V)

- **Aktivkohlefilter**  
zur Absorption für den Leckagefall am Regler
- **Dosierregler**  
Ausstattung mit optionalen Komponenten wie:
  - Druckschwankungskompensation, 2-Membransystem (im Gegensatz zum GECO-System)
  - Manuelle oder motorische Reglereinstellung
- **Injektorsystem**  
bestehend aus Membran- oder Kugelrückschlaginjektor, Filter und Absperrarmaturen  
Ausstattung mit optionalen Komponenten wie:
  - Zusätzlicher Doppelkugelrückschlag am Gasanschluss des Injektors

Systeme wie oben abgebildet, bezeichnet man als Vollvakuumssysteme, da ab der Chlorvorlage über einen bereits am Vakuumregler anstehenden Unterdruck (ca. 0,7 – 0,8 bar) die Entnahme geregelt wird. Dieser Aufbau steht den älteren Systemen mit Sammelleitungen gegenüber, wo am Ende der über die Sammelleitungen verbundenen Chlorvorlagen der Vakuumregler angebracht ist.

### 3.1.1 Die Vakuumregler

Die Grundkomponenten des Vakuumreglers sind:

- Gaseinlassventil
- Gasfilter
- Sicherheitsüberdruckventil
- Membranregler

Die metallischen Einlassventile aus einer besonders chlorresistenten Bronzelegierung gibt es mit vielen verschiedenen Anschlussausführungen. Eine Besonderheit ist die optionale Restdrucksicherung die in den Ventilkörper eingebaut werden kann. Sie dient zur Sicherstellung eines minimalen Restdruckes in der Chlorvorlage.

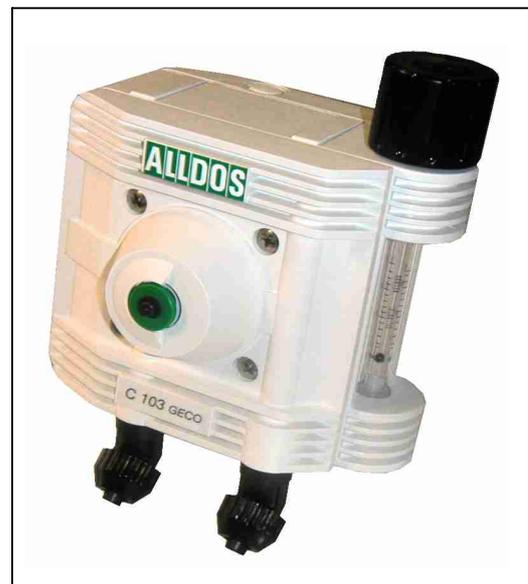


Abb. 14 :Kombi-Regler C 103 GECO  
Vakuum- und Dosierregler in einem Gerät

Zum einen wird dadurch verhindert, das die Chlorgasflasche auf das Betriebsvakuum entleert wird und bei Demontage des Vakuumreglers - wenn auch nur für kurze Zeit - feuchte Umgebungsluft zieht. Die eintretende Feuchte führt dann in der Flasche zu Korrosion.  
Zum anderen kann es bei vollständiger Entleerung bis auf Betriebsvakuum zum Schmutzeintrag aus der Flasche in den Vakuumregler kommen. Der "Chlorverlust" der dabei entsteht ist vernachlässig bar. Das in der Flasche verbleibende Chlor beträgt weniger als 1% der Gesamtfüllung (s. Anhang A2).

Die Restdrucksicherung erfolgt über ein Schließmechanismus mit einer Feder wobei über eine Anpressfläche das Ventil anschlossen wird wenn der Flaschendruck unter 2 bar absinkt.

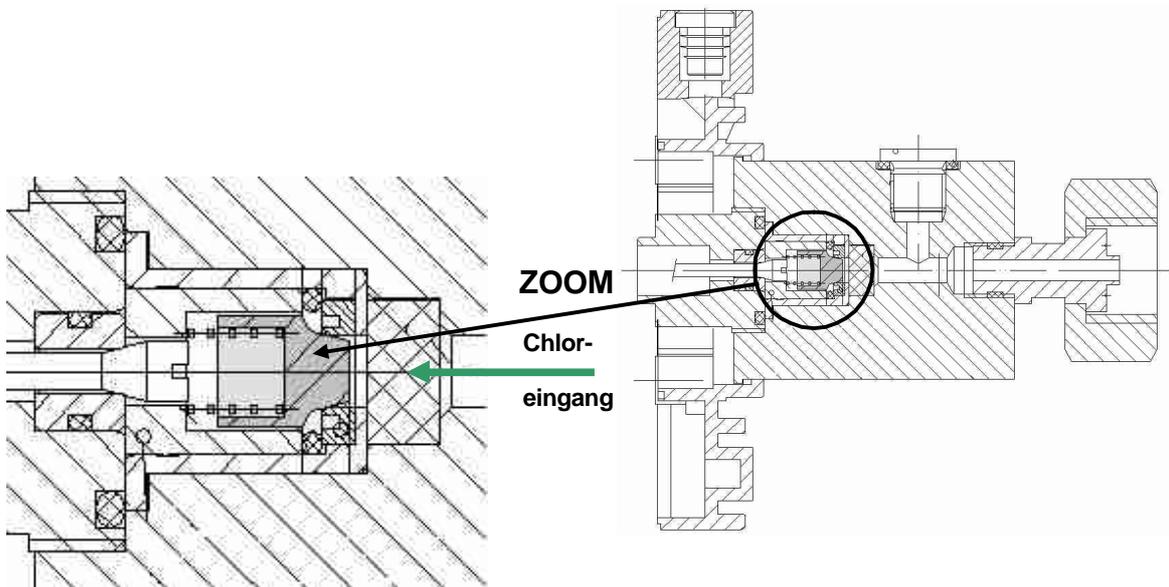


Abb. 15: Restdrucksicherung

Zur Funktionskontrolle und Sicherheit können wahlweise ein Manometer und eine Flüssigfalle (Liquifilt) am Einlassventil angebracht werden. Das Risiko flüssiges Chlor ins Einlassventil zu bekommen ist immer dann gegeben wenn die Temperatur in der Vorlage oder im Gasraum sinkt oder die Abnahmemengen schwanken und dann die "1%-Regel" (s.o.) verletzt wird. Der Liquifilt ist als koaxiales Rohr aufgebaut. Im Innenrohr strömt Chlor mit einem evtl. flüssigen Anteil über einen Filter zu und wird dann über das beheizte Außenrohr dem Vakuumregler zugeführt.

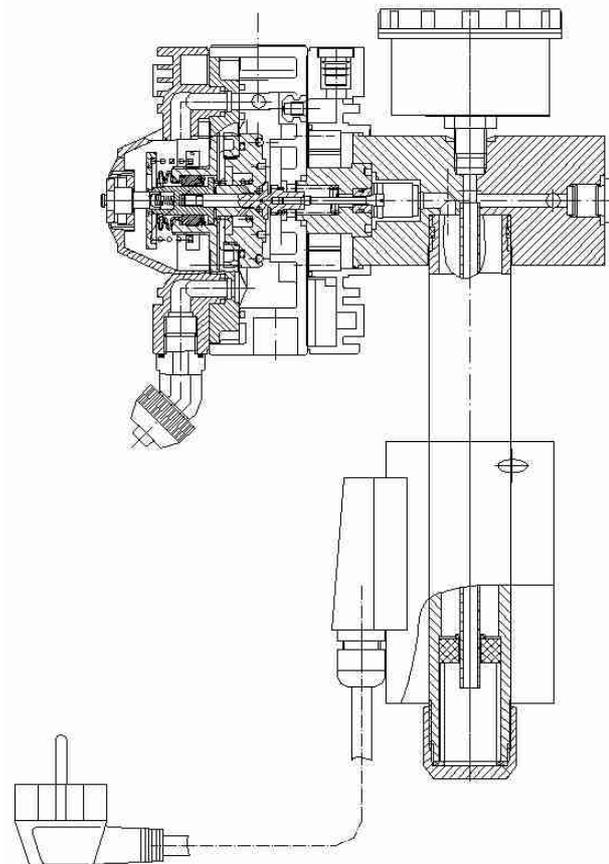
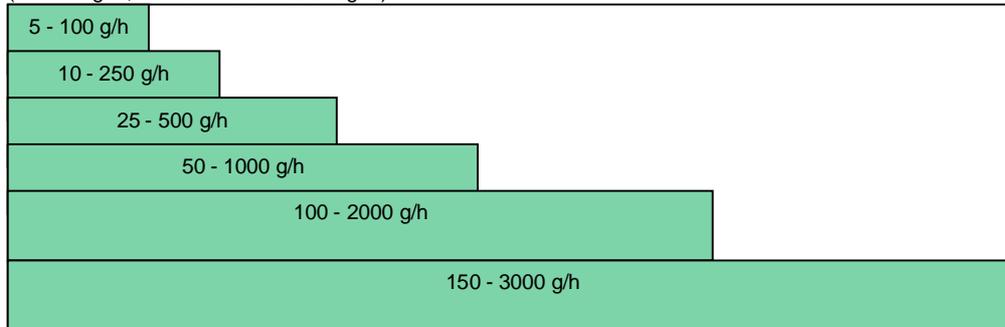


Abb. 16: Vakuumregler mit Manometer und Flüssigfalle

Diese Bauart der Vakuumregler gibt es bis zu einer Kapazität von 4000 g/h in folgenden Abstufungen.

### GECO Serie C103

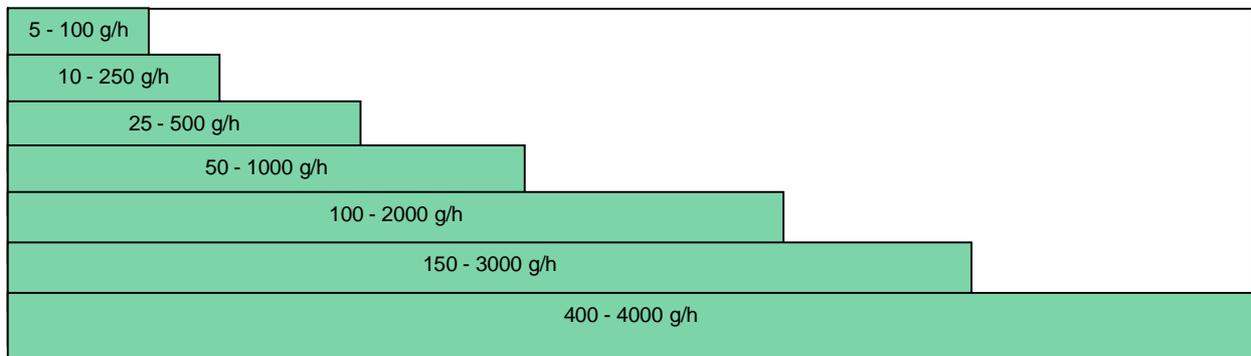
(Kombiregler, Vakkum- und Dosierregler)



Die Regler der GECO-Serie bezeichnet man als "1-Membransysteme" ohne Druckschwankungskompensation. Das bedeutet zum einen, dass die kombinierten Vakuum-/Dosierregler **in einem Gerät** nur über **eine** Regelmembran, durch einen anstehenden Unterdruck, den Chlordurchfluss ermöglichen. Geregelt wird über eine manuelle Einstellung an der seitlichen Dosiereinheit. Zum anderen gibt es die Möglichkeit bei diesem "1-Membransystem" den Vakuumregler getrennt vom Dosierregler (C 113-110) auszuwählen, wenn z.B. die Regelung der Dosierung nicht an der Chlorvorlage direkt geschehen soll. Eventuelle Schwankungen im Chlordurchfluss werden jedoch auch bei einem getrennten Aufbau nicht kompensiert.

### C111

(Aufbau mit Druckschwankungskompensation als "2-Membransystem" mit Dosierregler C 113 )



Die Vakuumregler C 103 GECO und C 111 unterscheiden sich zum einen durch die Kapazitätsstufen und zum anderen durch die verfügbaren Anschlüsse. Bei beiden ist der Anschluss von Manometern und Flüssigfallen möglich. Der Hauptunterschied ist eine zusätzliche Regelmembran im Dosierregler. Diese Membran ermöglicht eine konstante Dosierleistung<sup>9</sup> auch bei Druckschwankungen, die von einer leicht variierenden Treibwassermenge am Injektor ausgehen können oder von der am Dosierregler eingestellten Gasmenge.

<sup>9</sup> : Zusammenhang ohne Druckschwankungskompensation:  
 Vordruck am Injektor nimmt kurzzeitig zu → Druck in der Dosierleitung nimmt schlagartig ab (Vakuum wird größer) → Dosiermenge steigt kurzfristig → Gesamtsystem neigt zu ständigen Schankungen bzgl. der Chlorkonzentration.  
 Dieses Verhalten ist abhängig vom Druck in der Dosierleitung vom Dosierregler zum Injektor.

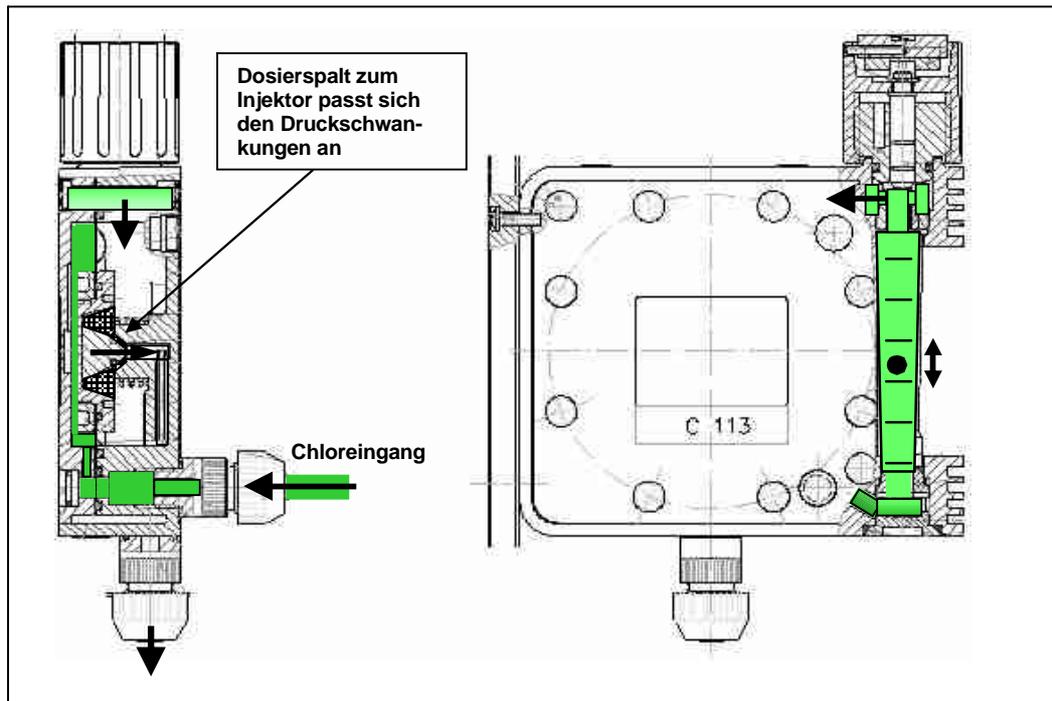


Abb. 17: Dosierregler C 113 mit Membranventil zur Druckschwankungskompensation

Für höhere Kapazitäten bis zu 10 kg/h steht das GECO-System mit dem Dosierregler C 117 und dem Vakuumregler GS 146 zur Verfügung.

Auch hier handelt es sich um ein "1-Membransystem" mit der Membran im Vakuumregler. Die Dosiereinheiten können manuell wie auch mit Stellmotor ausgestattet werden.



Abb. 18: GECO-System C117 / GS 146

### 3.1.2 Die Umschalter

Zur Sicherstellung einer unterbrechungsfreien Chlorversorgung, für den Fall das die Chlorvorlage der aktiven Dosierleitung entleert wurde, werden automatische Vakuum-Umschalter (189-xxx) eingesetzt. Die Funktionsweise beruht auf dem Druckabfall in der entleerten Leitung und dem Umschalten zu einer bisher nicht aktiven, jedoch angeschlossenen Dosierleitung. Der Mechanismus besteht aus einem genau auf die Betriebsdrücke abgestimmten Feder-Membranventil-System. Optional ist die Ausstattung, mit einem elektrischen Schaltsignal beim Umschalten von einer Chlorgaslinie zur Anderen.



Abb. 19: Autom. Vakuumumschalter U 198-010

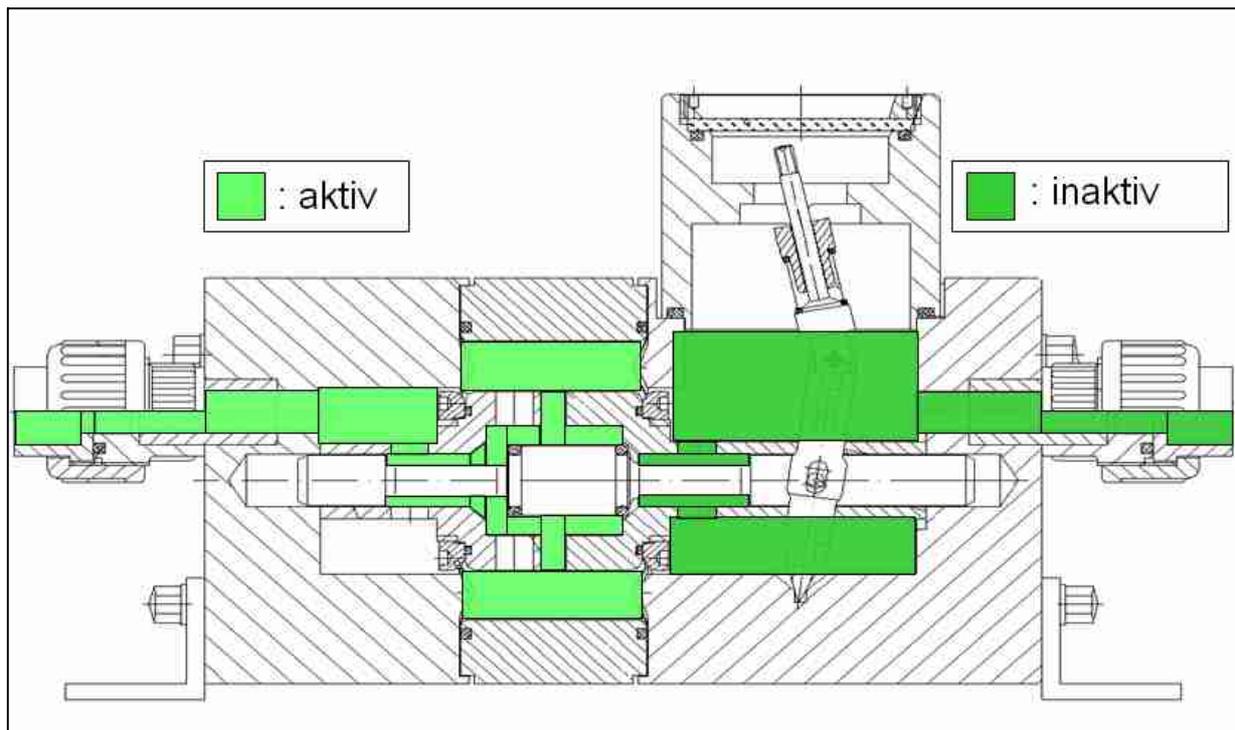


Abb. 20: Aufbauzeichnung U 189-010

Die Umschaltung erfolgt wenn ein Unterdruck von ca. 0,3 bar in der Dosierleitung erreicht wurde. Um Missverständnisse zu vermeiden, ist hier zu bemerken, dass die Restdrucksicherung bei einem Flaschendruck von 2 bar nicht im Widerspruch zum Umschaltdruck steht. Da die Druckverhältnisse in der Flasche nicht direkt mit denen in der Dosierleitung vergleichbar sind.

### 3.1.3 Die Injektoren

Die ALLDOS Injektoren arbeiten nach dem Prinzip einer Wasserstrahlpumpe. Der Grundaufbau besteht aus einem Injektorkörper mit vorgesteckter Düse und nachfolgendem Diffusor.

Zwischen Düse und Diffusor ist ein schmaler Ringspalt durch den Chlorgas aus der Dosierleitung durch den Injektorkopf gesaugt wird.



Abb. 21a: Injektor 545- xxx

Für die unterschiedlichsten Volumenstrom- und Druckverhältnisse stellt ALLDOS eine Serie von Injektoren zur Verfügung. Grundsätzlich ist zu bemerken, dass alle Injektoren nicht nur für Chlorgas sondern auch für Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) verwendet werden können<sup>10</sup>.

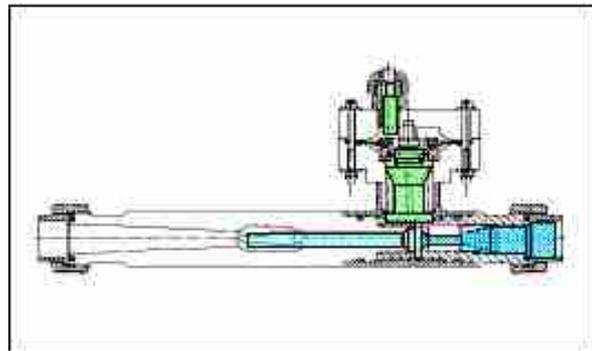


Abb. 21b: Injektor-Querschnitt

Eine Besonderheit der ALLDOS Injektorsysteme ist die mechanisch/hydraulisch bewirkte Schließung der Gasdosierleitung von der Wasserseite. Dies geschieht entweder durch Membran- oder Kugelrückschlagventile im Injektorkopf.

Weitere Grundmerkmale zur Unterscheidung der Injektortypen sind:

- Druckbereich (Normaldruck, max. 16 bar und Hochdruck max. 40 bar)
- Material: PVC , Stahl (gummiert)

<sup>10</sup> : unter Berücksichtigung anderer Dichtungsmaterialien

Tabellen im Anhang A4 vermitteln einen Überblick über die große Auswahl der ALLDOS-Injektoren und deren Einsatzbereiche.

Desweiteren besteht eine ozonresistente Injektorreihe, zur Injektion von Ozonluftgemischen. Wobei die Betriebspunkte den eingesetzten Ozongeneratoren individuell angepasst werden müssen.

Eine Besonderheit stellen die GECO-Injektoren dar. Die Installation dieser Injektoren erfolgt stets mit den entsprechenden GECO-Vakuumreglern bzw. Dosierreglern ohne Druckschwankungskompensation. Die Treibwassermengen sind hier verglichen mit anderen Injektoren gleicher Gaskapazität und gleichen Druckverhältnissen höher. Die Datentabellen zu dieser großen Gerätereihe soll hier nicht aufgeführt werden, da sich die Einsatzbereiche und Betriebspunkte – mit Ausnahme der größeren Treibwassermengen – mit den obigen teilweise decken. Generell decken diese Injektoren einen Gasleistungsbereich von 0,5 bis 10 kg/h bei Treibwassermengen von 1,2 bis 8 m<sup>3</sup>/h ab.

Die Wirkungsweise aller Injektoren ist folgende:

Durch die Treibwasser bzw. By-Passwasserströmung, vorbei am Ringspalt zwischen Düse und Diffusor, wird ein Unterdruck erzeugt<sup>11</sup>. Mit diesem Unterdruck wird das Ventil im Injektorkopf geöffnet und die Vakuumleitung auf einen Druck von, in der Regel 0,2 -0,8 bar (abs.) - in Abhängigkeit von der Gasmenge - evakuiert.

Wenn kein Treibwasser mehr fließt und das Vakuum zusammenbricht, schließt das Ventil wieder.

Die Injektoren werden im allgemeinen in Baugruppen mit manuellen Absperrarmaturen , Magnetventil, Wasserfilter und Druckerhöhungpumpe installiert. Zumindest ein Manometer vor dem Injektor- zur Kontrolle des Vordrucks von der Druckerhöhungspumpe – ist empfehlenswert.

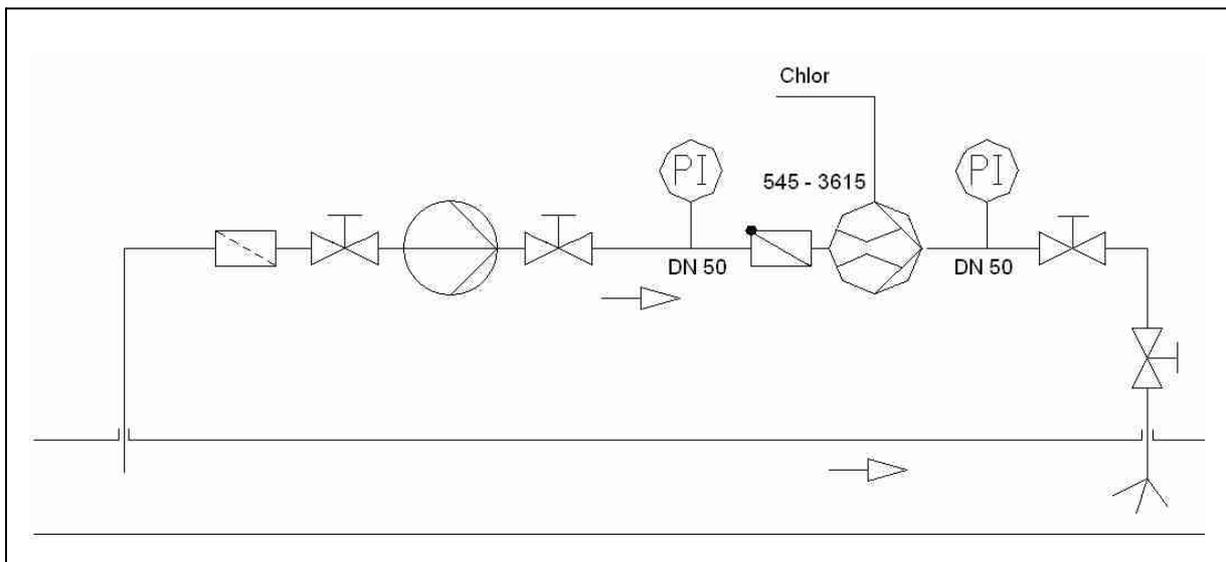


Abb 22: Injektorsystem

Mit der Beschreibung der Injektoren bzw. der Injektorsysteme, als letztes Glied im Systemaufbau von der Entnahme bis zur Injektion, soll die Beschreibung der Kleinchloranlagen hiermit schließen.

<sup>11</sup> : Grundlage hierfür ist der Energieerhaltungssatz und die Bernoulli-Gleichung, siehe Anhang A3

### 3.2 Vorgehensweise bei der Installation und Inbetriebnahme eines Kleinchlorsystems

Die verwendeten Materialien bei Kleinchlorsystemen (wie auch bei Grosschlorsystemen auf der Gasseite) sind Polyethylenschläuche, PVC-Rohre, dem Standarddichtwerkstoff Viton und Silikonfett. Auf der Metallseite wird chemisch vernickeltes Kupferrohr und ebenfalls Baustahl (ST37) bei Systemen mit Sammelleitungen eingesetzt.

Die Dimensionen und der grundlegende Aufbau ist den beiden folgenden Bildern zu entnehmen.



Abb. 23a: Vollvakuumsystem



Abb. 23b: System mit Sammelleitung

Die Arbeitsschritte zur Sicherstellung einer korrekt installierten Anlage sind im Folgenden aufgeführt.

- Grundsätzlich ist die Chlorzufuhr bei den ersten Prüfschritten geschlossen !
- Spätestens vor dem Test mit Chlorgas muss sichergestellt sein, dass die Anlage trocken ist !

#### Das Injektorsystem mit Druckerhöhungspumpe

wird zunächst gespült und von Materialresten von der Installation gereinigt. Hier kann bei installierten Manometern geprüft werden ob sich die erwarteten Druckverhältnisse einstellen oder ob – nach einer Reperatur eines bereits bestehenden Systems – die Pumpe noch die nötige Leistung erbringt. Danach sollte der Injektor nochmal ausgebaut werden um sichzustellen, dass sich keine Partikel in der Düse angesammelt haben.

Dannach wird die Injektorfunktion getestet in dem das Saugverhalten am offenen Gasanschluss durch kurzzeitigen Verschluss mit dem Finger geprüft wird.

#### Der Vakuumtest des Gesamtsystems

geschieht mit geschlossenen Chlorflaschen und laufender Druckerhöhungspumpe. Über den Injektor wird die Vakuumleitung evakuiert. Der Dosierregler wird auf 50% Öffnung gestellt und so lange Luft aus der Leitung gesaugt bis der Schwebekörper im Messglas auf Nullniveau gefallen ist.

#### Der Test mit Chlor

erfolgt mit etwa 20%ig geöffnetem Dosierregler und laufender Pumpe. Nach vorsichtigem Aufdrehen des Flaschenventils wird beim Vakuumregler die Verbindungsstelle mit Ammoniakdampf aus einer Ammoniakflasche geprüft. Wenn sich ein weißer Nebel aus Ammoniumchlorid bildet wird die Gaszufuhr sofort wieder abgestellt und die Verbindungsstelle nachgearbeitet und erneut abgedichtet.

#### Der Funktionstest

wird als letzter Schritt bei 100% Chlorkapazität gemacht. Hierbei wird die Funktion und die korrekte Auslegung des Dosiersystems und der Druckerhöhungspumpe getestet.

### 3.3 Die Chlormessung und Überschußregelung

#### 3.3.1 Die Regelung mit einer Stellgröße

Um eine permante und ausreichende Desinfektionswirkung zu gewährleisten wird mit den ALLDOS-Meßsystemen der Chlorgehalt im Hauptwasserstrom elektrochemisch ermittelt (s. Kap. 2.4). Das Meßsignal der Chlormesszelle wird über einen Meßverstärker an einen Regler geleitet. Alle ALLDOS-Produkte aus dem MSR<sup>12</sup>-Bereich, vom einfachsten Conex Ultra bis zum Aquaserver, beinhalten diese beiden Komponenten eines Regelkreises.

Nach dem Vergleich des voreingestellten Sollwertes mit dem Istwert (Meßwert) der Chlorkonzentration im Wasser, gibt der Regler ein Ausgangssignal an ein Stellglied (z.B.: Stellmotor des Dosierreglers, s. Abb.17). Neben der Chlorkonzentration kann auch der Wasserdurchfluss als Führungsgröße dienen. Davon ausgehend, dass die Wasserqualität gleichbleibend ist und die Chlormenge nur in Abhängigkeit vom Wasservolumenstrom gefahren werden kann, funktioniert die sog. volumenproportionale Steuerung genau so zuverlässig wie die Regelung nach der Chlorkonzentration.

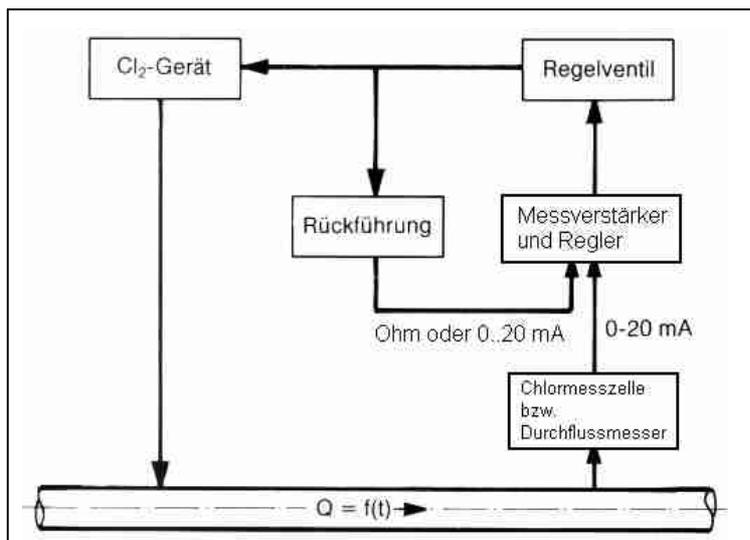


Abb. 24: Einfacher Regelkreis über Chlorkonz. bzw. Durchflussmessung als Regelgröße (hier mit Regelrückführung)

Eine kleine Besonderheit stellt die sog. Rückführung der Stellung des Regelventils dar. Die Ventilposition wird hier dem Regler über ein Strom- oder Widerstandssignal gemeldet. Damit ist eine "sanftere" Regelung möglich, so wird z.B. bei einem Chlormangel der Regler nicht sofort das Ventil komplett auffahren, sondern in Abhängigkeit von der Soll-/Istwertdifferenz, eine "angepasste" Regelung realisieren.

<sup>12</sup> : MSR: messen, steuern, regeln

### 3.3.2 Die Regelung mit zwei Stellgrößen – Regelung mit Störwertaufschaltung –

Hier unterscheidet man zwischen einer Stellgröße als Führungswert und einer zweiten als Störwert. Bei diesem Meßverfahren müssen der Durchfluss und die Chlorkonzentration zur Verarbeitung als Stromsignal an den Regler weitergegeben werden. D.h., der Durchfluss muss mit einem IDM (induk./mag. Durchflussmesser) erfasst werden.

Die Führungsgröße ist hier der Durchfluss und die Chlorkonzentration ist die Störgröße. Diese Regelmethode hat den Vorteil, dass kein Chlor zugegeben wird wenn kein Wasser fließt. Eine Chlorzehrung in Abhängigkeit von der Zeit und der Wasserqualität bewirkt hier keine weitere Chlorinjektion. Dies kann je nach Gesamtsystem und Betriebsweise ein Vorteil oder ein Nachteil sein.

Nach einer ersten Desinfektion bei stehendem Wasser, kann bei hoher Chlorzehrung durch organische Inhaltsstoffe, Ammoniak oder Amine (s. Kap. 2.5), der gesamte Chlorgehalt verloren gehen. Eine weitere Chlorinjektion würde das Desinfektionsergebnis nicht bessern, sondern nur den Gehalt an z.B. Chloraminen erhöhen.

Auf der anderen Seite, bei nicht vollständiger/ausreichender Desinfektion bei stehendem Wasser, würde ein Stopp der Chlordosierung u. U. eine weitere Verkeimung bedeuten.

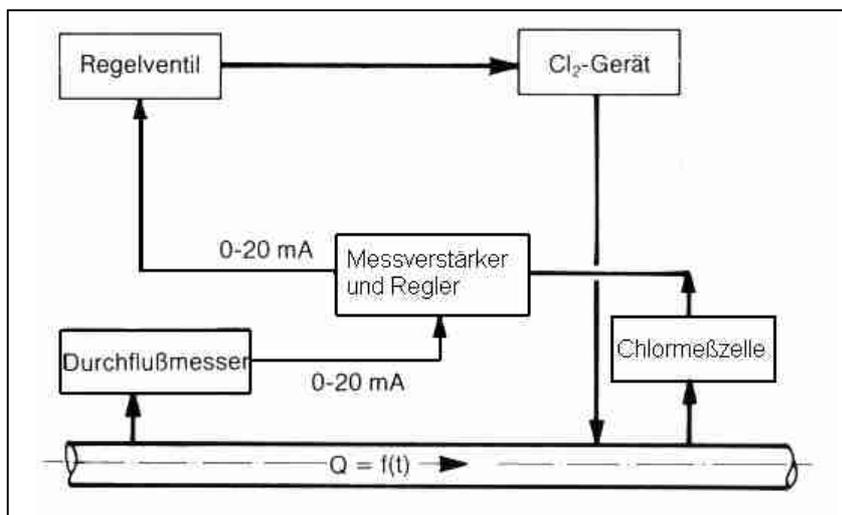


Abb. 25: Regelkreis mit Störgrößenaufschaltung

## 4. Grosschlorsysteme – flüssige Chlorentnahme

Das Prinzip der Regelung und Dosierung ist das gleiche wie bei den Kleinchloranlagen. Der große Unterschied bzw. die zusätzliche Komponente, ist die Chlorverdampfung.

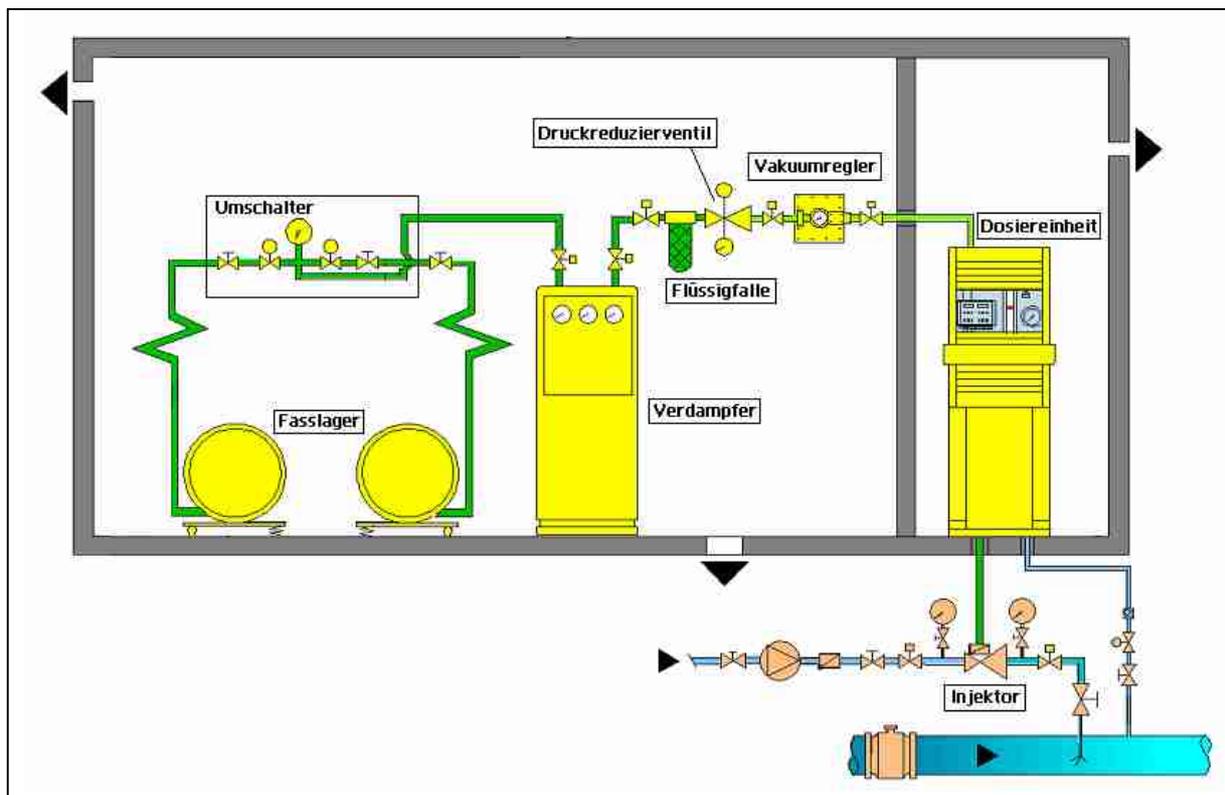


Abb. 26: Reduzierter Grosschloraufbau (eine Ausführliche Anlagenskizze befindet sich im Anhang A5)

Die großen Abnahmemengen von mehr als 10 kg/h machen die Nutzung von Flaschen unsinnig, daher dienen Fässer als Vorlage die über einen automatischen Umschalter mit dem Verdampfer (bei Entnahme von Flüssigchlor) verbunden sind. Die Bevorratung der Fässer geschieht in feuerfesten und klimatisierten Räumen bei einer Maximaltemperatur von 50°C.

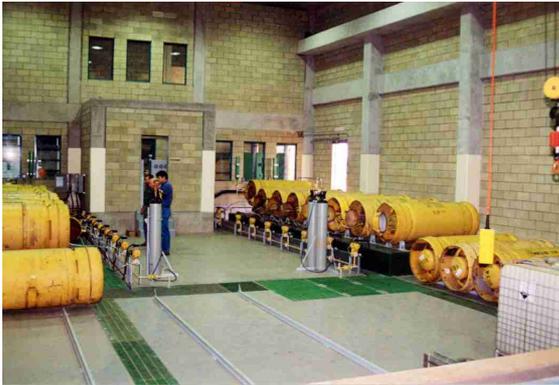
## 4.1 Systemaufbau - Grosschlor

Bei einer dauerhaften Chlorentnahme von mehr als 30 kg/h, ist der Einsatz eines Chlorverdampfer sehr zu empfehlen. Größere Entnahmemengen als die die unter Kapitel 3 aufgeführt sind, führen zu einer raschen Abkühlung der Chlorvorlage und somit zu einer Druckabsenkung die die Dosierung unmöglich macht. Ein nachgeschaltetes Druckreduzierventil regelt den Chlordruck nach dem Verdampfer auf 2-3 bar. Damit ist auch bei Temperaturschwankungen über die Betriebszeit hinweg und entlang der Leitung<sup>13</sup> bis zum Vakuumregler sichergestellt, dass es zu keiner Rückverflüssigung kommt. Als zusätzliche Sicherheit gegen Rückverflüssigung wird nach dem Verdampfer noch eine Flüssigfalle mit Gasfilter eingebaut.

### 4.1.1 Komponenten auf der Flüssigchlorseite

Zusammenfassend, hier nochmals die wichtigsten zusätzlichen Komponenten zur Flüssigchlorverdampfung in systematischer Reihenfolge:

- Fasslager (Fässer auf Waagen)



- Automatischer Umschalter mit Manometer (betätigt durch Grenzkontaktsignal vom Manometer)



<sup>13</sup> : Leitungsabschnitte in kühleren Räumen oder im Freien



- Verdampfer RV 171 (Ölbad) oder RV171W (Wasserkreislauf)  
(Indirekter Wärmetauscher mit Wärmeträger, Betriebsüberwachung über Temperatur- und Druckmessaufnehmer, Sicherheitsabschaltung)

- Sicherheitsflüssigfalle Liquifilt 524 elektr. beheizt (grün, rechts im Bild)

- Druckreduzierventil 544 (grün, links im Bild)  
(hier mit separatem Schliessventil, gelb, mit Rückkopplung zum Verdampfer: Öffnet wenn der Verdampfer seinen Betriebszustand erreicht hat und schließt bei evtl. Stromausfall um zu vermeiden das flüssiges Chlor in die Dosierleitung gelangt)



Die Vermeidung der Rückverflüssigung ist ein besonders wichtiger Aspekt weil flüssiges Chlor in der Dosierleitung nach dem Druckreduzierventil, PVC-Leitungen und Armaturen zerstört.

Bem.: Im Gegensatz zu den Leitungen bei Chlorgas, werden auf der Flüssigchlorseite chemisch ST37 Baustahlleitungen<sup>14</sup> verlegt.

<sup>14</sup> : Hochlegierte Edelmehle können aufgrund von Lochfrass-Korrosion nicht verwendet werden

#### 4.1.2 Systemkomponenten auf der Chlorgasseite

Wie bereits erwähnt, sind sich die Grundkomponenten bei Klein- und Grosschloranlagen auf der Dosierseite sehr ähnlich. Die große Chlorkapazität macht hier und da einen etwas anderen Aufbau nötig.

Angefangen beim Vakuumregler (auch Vorregler genannt) mit Kapazitäten von 10 – 200 kg/h besteht Möglichkeit zur Dosierung und Regelung mit Einzelgeräten oder Kompaktanlagen (GS140).



Abb. 27a: Einzelgeräte, Vakuumregler GS146 – 148 für 10 – 200 kg/h



Abb. 27b: Einzelgeräte, Vakuumregler (l.) mit Dosierregler C117 (m.,r.) 0,5 – 10 kg/h

Die Kompaktanlagen bilden eine Ausnahme in der Chlorproduktpalette, da in diesen Geräten eine Einheit aus Dosierregler (Differenzdruckregler), Stellventil mit Messglas, Vakuummeter, Anschluss an den Injektor und optionaler Messtechnik realisiert ist.



Abb. 28a: GS140



Abb. 28b: GS140 ohne Haube

Die GS Komplettsysteme beinhalten:

- Dosierregler (mit Druckschwankungskompensation)
- Einstellventil (manuell/motorisch) und Meßglas
- Ausgangsseitiger Hauptregler mit Vakuummeter
- Anschluss zum Injektor

Der Stellmotor am Durchflussmesser kann entweder nur proportional, vom IDM gesteuert, oder auch mit sog. Störwertaufschaltung von der Chlormessung angesteuert werden.

Da die Großsysteme auch häufig Anwendung außerhalb der Trinkwasserdesinfektion bei deutlich höheren Konzentrationen finden, bis zu 20 g/m<sup>3</sup> bei Kühlwasser-Stossdesinfektionen oder Abwasserbehandlungen, soll folgendes Diagramm zur schnellen Findung der Anlagenkapazität dienen.

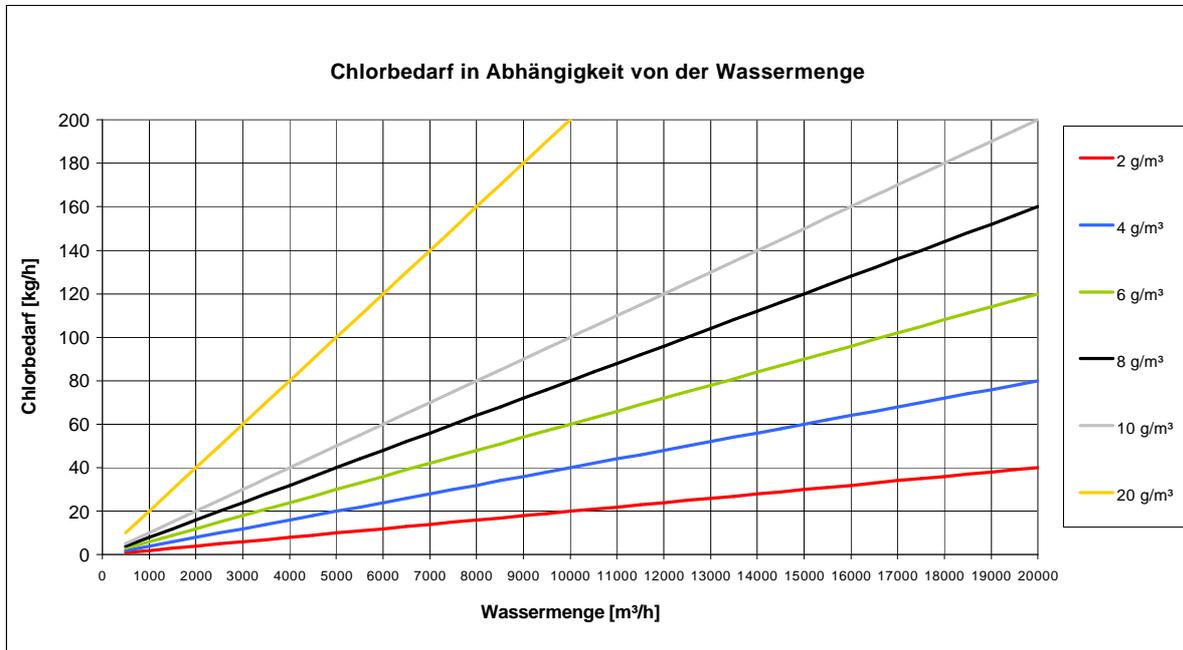


Abb.29: Ermittlung der Chlormengen

## 5. Sicherheitsaspekte

Zur Schadensminimierung bei einem Unfall, sind die Orte der Chlorklagerung und der Dosierung räumlich getrennt. Die Räume müssen ebenerdig, trocken und klimatisiert sein. Da Chlor schwerer als Luft ist, müssen geeignete Absaugeinrichtungen mit nachgeschalteten Absorptionsanlagen<sup>15</sup> vorgesehen werden. Chlorräume zur Dosierung und zur Lagerung, müssen von außen durch Schilder kenntlich gemacht werden. Für den Notfall ist außerhalb der Chlorräume eine Schutzausrüstung bestehend aus einem Atemmaske mit Chlorgasfilter und bei Grosschlورانlagen zusätzlich ein Beatmungsgerät mit Vollschutzanzug vorzusehen.

Ganz im allgemeinen ist die Unfallverhütungsvorschrift (UVV) 8.15 bzw. GUV-V D5<sup>16</sup> "Chlorung von Wasser" nicht nur in Deutschland vorgeschrieben sondern auch für alle anderen Länder eine gute Richtlinie.

<sup>15</sup> : Anlage zur chem. Absorption nach dem Wasserstrahlpumpen-Prinzip mit verdünnter Natronlauge

<sup>16</sup> : Analog zur GUV-R 2110

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: DDK von Chlor .....	4
Abb. 2: Flüssig-Chlordichte .....	5
Abb. 3: Anteil von unterchloriger Säure.....	7
Abb. 4: Löslichkeit von Chlorgas.....	8
Abb. 5: Anteil der Chlordissoziate.....	9
Abb. 6: Desinfektion an E.Coli .....	10
Abb. 7: Grundaufbau eines Photometers.....	11
Abb. 8: Potentiostat. Meßaufbau .....	12
Abb. 9: Verschiedene Oxidationspotentiale .....	13
Abb. 10: Bildung von Chloraminen .....	14
Abb. 11: Knickpunktchlorung.....	15
Abb. 12: Funktionsschema eines Chlorsystems.....	16
Abb. 13: Typische Kleinchloraufbau mit zwei Linien und autom. Umschalter .....	17
Abb. 14 :Kombi-Regler C 103 GECO                      Vakuum- und Dosierregler in einem Gerät .....	18
Abb. 16: Vakuumregler mit Manometer und Flüssigfalle .....	19
Abb. 17: Dosierregler C 113 mit Membranventil zur Druckschwankungskompensation .....	21
Abb. 18: GECO-System C117 / GS 146 .....	21
Abb. 19: Autom. Vakuumumschalter U 198-010 .....	22
Abb. 20: Aufbauzeichnung U 189-010.....	22
Abb. 21a: Injektor 545- xxx.....	23
Abb. 21b: Injektor-Querschnitt .....	23
Abb 22: Injektorsystem .....	24
Abb. 23a: Vollvakuumsystem.....	25
Abb. 23b: System mit Sammelleitung.....	25
Abb. 24: Einfacher Regelkreis über Chlorkonz. bzw. Druchflussmessung als Regelgröße (hier mit Regelrückführung) .....	26
Abb. 26: Reduzierter Grosschloraufbau (eine Ausführliche Anlagenskizze bfindet sich im Anhang A5)....	28
Abb. 27a: Einzelgeräte, Vakuumregler GS146 – 148 .....	31
Abb. 27b: Einzelgeräte, Vakuumregler mit Dosierregler C117.....	31
Abb. 28a: GS140.....	31
Abb. 28b: GS140 ohne Haube.....	31
Abb.29: Ermittlung der Chlormengen .....	32

## Literaturverzeichnis

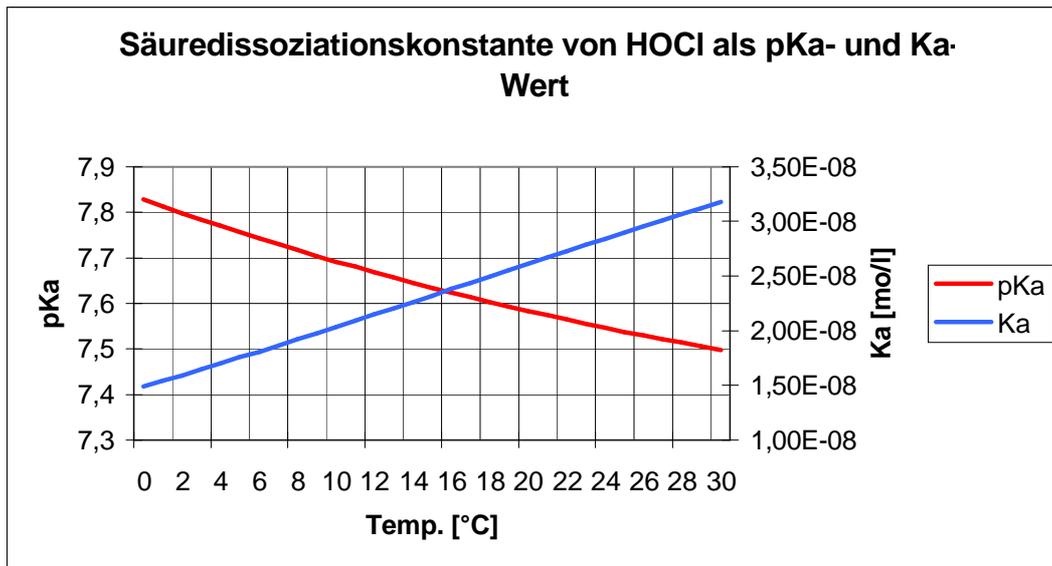
- [1]: Handbook of Chlorination and alternative disinfectants; 1999 ; fourth edition; Geoffrey Clifford White; ISBN 0-471-29207-9; John Wiley&Sons
- [2]: Science and Technology; McGraw-Hill Encyclopedia; Volume 3, Page 627  
entnommen von: Diamond Shamrock Corp.; Chlorine Handbook, 1976
- [3]: Encyclopedia of Chemical Technology, Vol 5, vierte Auflage, Seite 970  
Kapitel: "Chlorine Oxygen Acids and Salts"
- [4]: Fachheft: " ALLDOS Grosschloranlagen"; 1985

## **ANHANG**

## A1

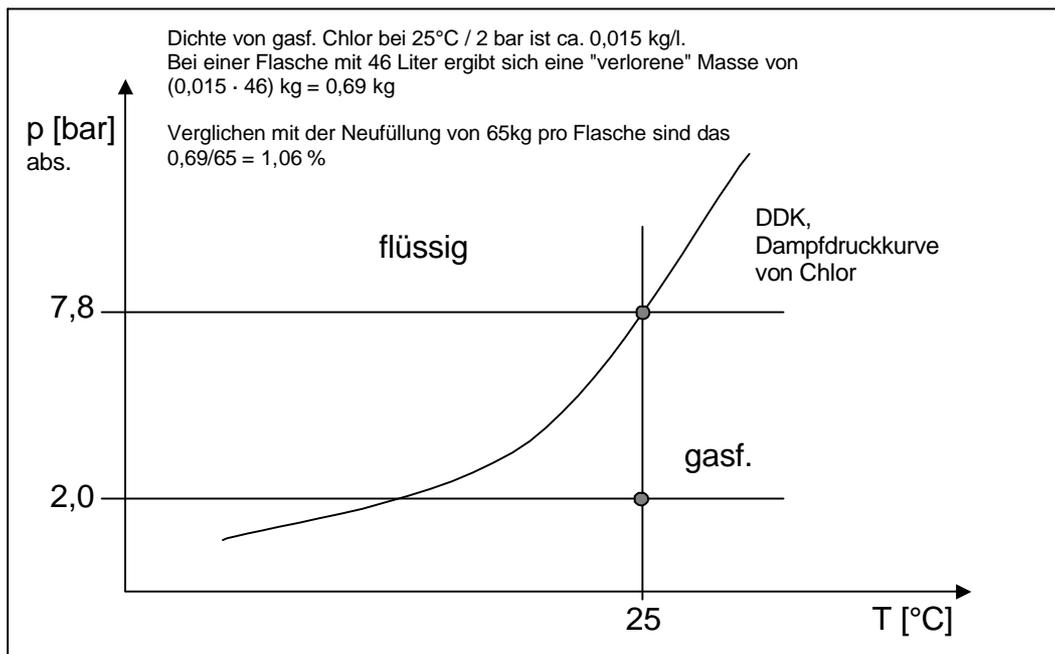
Diagr. A1: Die Berechnung der  $K_a$ -Werte ergibt sich aus folgender Gleichung [1].

$$pK_a = 3000/T [K] - 10,0686 + 0,0253 T[K]$$



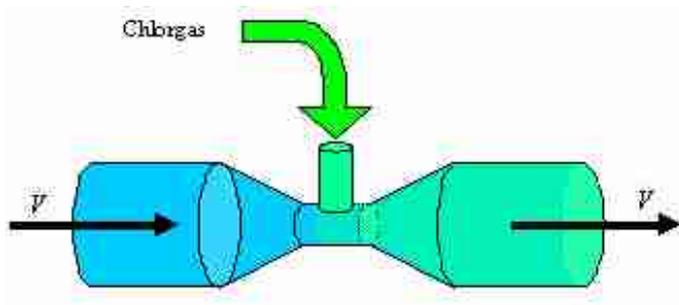
## A2

Bei Normalbedingungen (25°C = 77°F) besteht ein Druck von 7,8 bar. Bei 2 bar ist kein flüssigen Chlor mehr in der Vorlage.



## A3

Erzeugung eines Unterdruckes im Ringspalt des Injektors



Wassereingang	Injektor	Chlorwasser- ausgang
Druck $p_1$ Querschnittsfläche $A_1$	Druck $p_2$ Querschnittsfläche $A_2$	Druck $p_1$ Querschnittsfläche $A_1$

Bernoulli-Gleichung:

$$\frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2 + p_2 \quad \text{mit} \quad \rho: \text{spez. Dichte [kg/m}^3] \quad \text{und} \\ v: \text{Fließgeschwindigkeit [m/s]}$$

Da das Wasser in diesen Druckbereichen (bis max. 16 bar) nahezu unkompressibel ist, also eine konstante Dichte hat, und der Zusammenhang zwischen der Fließgeschwindigkeit und Querschnittsfläche über

$$v = \frac{\dot{V}}{A} \quad \text{mit } \dot{V}: \text{Volumenstrom} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \text{ besteht,}$$

muss um die Bernoulli-Gleichung zu erfüllen, der Druck bei kleinerer Querschnittsfläche abnehmen.

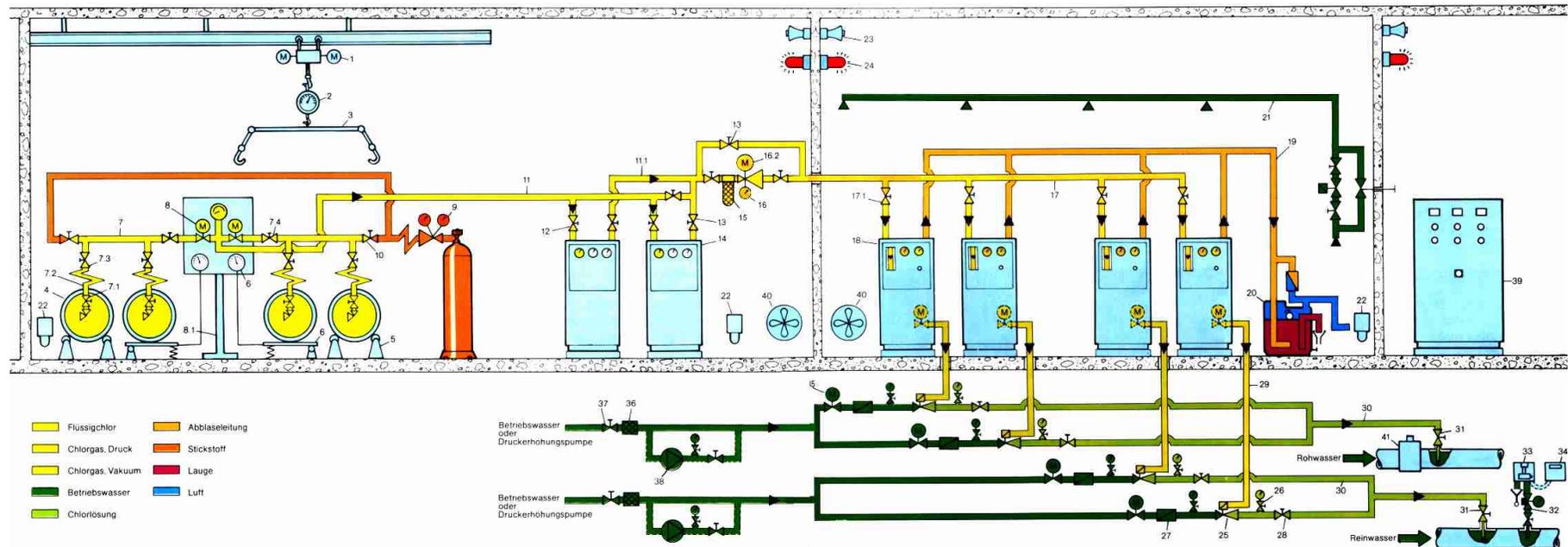
## A4

Injektortyp / -Serie	Max. Gaskapazität [kg/h]	Gegendruck [bar]	Vordruck [bar]	Treibwasser [m <sup>3</sup> /h]
<b>PVC-Injektoren, Serie GECO mit Membranrückschlag (kleine Auswahl)</b>				
545-11	500	0	2	0,35
		1	4	0,45
		2	6	0,55
		4	10	0,625
545-12	1000	1	4	0,75
		2	6	0,875
		3	8	0,85
		4	10	0,95
545-13	2000	0,5	3,5	1,15
		1	4,5	1,2
		2,5	6,5	1,45
545-14	4000	4,5	10	1,8
		0,5	3	2,2
		1	4	2,4
		3	8	3,2
		5	12	4,0
<b>PVC-Injektoren, Serie 10 mit Membranrückschlag</b>				
545-0518 / 545-1519	10	0,5	3	3,5
		1	4	4
		1,5	5	4,5
		2	6	4,8
		2,5	7	5,1
		3	8	5,5
545-3518 / 545-4519		3,5	9	3,5
		4	10	3,7
		4,5	11	3,9
		5	12	4
		5,5	13	4,2
		6	14	4,3
		6,5	15	4,4
		7	16	4,5

Injektortyp / -Serie	Max. Gaskapazität [kg/h]	Gegendruck [bar]	Vordruck [bar]	Treibwasser [m³/h]
<b>PVC-Injektoren, Serie 20 mit Membranrückschlag</b>				
545-0615	20	0,5	3	7
		1,2	4	8
		1,8	5	9
		2,3	6	9,6
		2,8	7	10,2
		3,3	8	11
545-3615		3,5	9	7,7
		4,2	10	8,3
		4,7	11	8,8
		5,3	12	9,3
		5,8	13	9,7
		6,3	14	10,1
		6,8	15	10,7
		7,3	16	11,3
<b>PVC-Injektoren, Serie 40 mit Membranrückschlag</b>				
545-0715	40	0,5	3	13,2
		1,2	4	15,2
		1,8	5	16,8
		2,3	6	18,3
		2,8	7	19,7
		3,3	8	21
545-3715		3,5	9	15
		4,2	10	15,7
		4,7	11	16,5
		5,3	12	17,2
		5,8	13	18
		6,3	14	18,5
		6,8	15	19,2
		7,3	16	20
<b>PVC-Injektoren, Serie 70 mit Membranrückschlag</b>				
545-2816	70	0,5	3	23
		1,2	4	26,5
		1,8	5	29,5
		2,3	6	32
		2,8	7	34,5
		3,3	8	37
545-5816		3,5	9	26
		4,2	10	27,5
		4,7	11	29
		5,3	12	30
		5,8	13	31,5
		6,3	14	32,5
		6,8	15	33,5
		7,3	16	35

Injektortyp / -Serie	Max. Gaskapazität [kg/h]	Gegendruck [bar]	Vordruck [bar]	Treibwasser [m³/h]
<b>PVC-Injektoren, Serie 120 mit Membranrückschlag</b>				
545-2916	120	0,5	3	40
		1,2	4	45
		1,8	5	50
		2,3	6	55
		2,8	7	59
		3,3	8	63
545-5916		3,5	9	45
		4,2	10	47
		4,7	11	49
		5,3	12	52
		5,8	13	54
		6,3	14	56
	6,8	15	58	
7,3	16	60		
<b>PVC-Injektoren, Serie 200 mit Membranrückschlag</b>				
545-2016	200	0,5	3	80
		1,2	4	91
		1,8	5	100
		2,3	6	110
		2,8	7	118
		3,3	8	125
545-5016		3,5	9	89
		4,2	10	94
		4,7	11	100
		5,3	12	105
		5,8	13	110
		6,3	14	115
	6,8	15	120	
7,3	16	125		
<b>Hochdruck Stahl-Injektoren (Düse aus PVC) mit Kugelrückschlag</b>				
545-1380	0,5	> 16 bar	10 – 40	2,8 – 5,5
545-1381	1,0			
545-1382	2,0			
545-1380.1	0,5	< 16 bar		
545-1381.1	1,0			
545-1382.1	2,0			
			Unterteilung in 2 bar Stufen	Unterteilung in ca. 0,2 m³/h Stufen

# A5



1. Elektrokettenzug	10. Anschlussventil für N <sub>2</sub>	21. Berieselungsanlage	34. Messverstärker/Regler
2. Kranwaage	11. C-Stahlrohr ½ "	22. Messzelle des Gaswarngerätes	35. Autom. Ventil
3. Krantraverse	11.1 C-Stahlrohr 1 "	23. Alarmhupe	36. Schmutzfänger
4. Chlorfass <sup>17</sup>	12. Kolbenventil ½ "	24. Warnblinkleuchte	37. Absperrventil
5. Fasslager	13. Kolbenventil 1 "	25. Injektor	38. Druckerhöhungspumpe
6. Chlorfasswaage	14. Cl <sub>2</sub> -Verdampfer	26. Manometer	39. Schaltschrank
7. Chlorfass-Sammelleitung	15. Chlorfilter mit Flüssigfalle	27. Rückschlagventil	40. Ventilator
7.1 Fassanschlussventil	16. Reduzier-/Absperrventil	28. Absperrventil	41. Wasserdurchflussmesser
7.2 Flexibel Kupferleitung	16.2 Elektroantrieb	29. Vakuum-Dosierleitung	<u>Zusätzlich:</u> Außerhalb in einem Schrank angebrachte Sicherheitseinrichtungen wie Vollsichtmaske mit Schraubfilter B2P3, Pressluftatmergerät, Lungenautomat, Trage und Pressluftflasche
7.3 Eckventil (Hastelloy <sup>18</sup> )	17. Chlorsammelleitung, C-Stahl	30. Leitung für Chlorlösung (PVC)	
7.4 Kolbenventil (Hastelloy)	18. Kompl.-Dosieranlage(GS-Reihe)	31. Impfstelle	
8. Chlorumschalteinrichtung	19. Abblaseleitung (PVC)	32. Messwasserentnahme-Armatur	
9. Stickstoffspüleinrichtung	20. Absorptionsvorrichtung	33. Chlormesszelle	

<sup>17</sup> : jedes Chlorfass hat zwei Anschlussventile, eines für gasseitige Entnahme (oben) und eines für Flüssigchlorentnahme (unten) !

<sup>18</sup> :oder chlorresistent Sonderbronze für chlorberührte Teile

