



Sicherheitshinweise zur Vermeidung von Chlorgasfreisetzung

Chlorgas ist ein wichtiger Baustein zum Schutz vor Infektionskrankheiten, die durch Mikroorganismen übertragen werden. Im Verlauf von über 100 Jahren Einsatz von Chlorgasdosieranlagen in der Wasseraufbereitung ist die Chlorgasanwendung ständig verbessert worden und hat mit der aktuellen Norm DIN 19606 ein sehr hohes Sicherheitsniveau erreicht.

Sollte es dennoch zu einer Freisetzung von Chlorgas kommen, sind die Ursachen dafür im Betrieb der Chlorgasdosieranlage zu suchen. Die nachfolgende Auflistung möglicher Ursachen beruht auf Jahrzehnte



Autoren:

Ulrich Klatte, SBF Wasser und Umwelt,
NL der GHC Gerling, Holz & Co., Hamburg, sowie
Dipl.-Chemiker Dr. Frank Hülshorst,
DR. HÜLSHORST Schwimmbadsicherheit, Wesel

langer Erfahrung der Autoren im Umgang mit Chlor im Schwimmbad- und Trinkwasserbereich, sie erhebt jedoch keinesfalls Anspruch auf Vollständigkeit.



Ursachen von Chlorgasfreisetzung

Undichte Schraubverbindungen und nicht festsitzende Verschlussmuttern

An undichten Schraubverbindungen (siehe Abbildung 1) – bspw. bei Überwurfmutter, Chlorentnahmeventilen, Flaschenanschlussgewinden, Drucksicherheitsventilen oder Ventilschlussmuttern – besteht die Gefahr, dass Chlorgas schleichend austritt. Das gilt auch und insbesondere für (rest-)entleerte Chlorflaschen. Die Verschlussmutter muss bei vollen sowie bei entleerten Chlorflaschen fest und sicher angezogen werden, sonst kommt es zu Korrosion (siehe Abbildung 2).



Zudem kann Feuchtigkeit aus der Luft durch die Undichtigkeit in den Dosierbereich eintreten (bspw. durch den Vakuumregler angesaugt werden) und zu großen Schäden führen (siehe dazu Abschnitt „Schäden durch



1 | Undichte Schraubverbindung,
Foto: Tricura GmbH & Co. KG

2 | Korrosion durch nicht ordnungsgemäß
festgeschraubte Verschlussmutter,
Foto: GHC Gerling, Holz & Co. Handels GmbH

Bildung von Chlorreaktionsprodukten“). Zeigen sich Undichtigkeiten, dann ist die entsprechende Verbindung nochmals anzuziehen. Falls dadurch keine dichte Anschlussverbindung hergestellt werden kann, ist der Vakuumregler mit einer neuen Dichtung an den Chlorgasbehälter anzuschließen.



Prüfen Sie Schraubverbindungen mit ganz besonderer Sorgfalt!

Die Verwendung nicht geeigneter, alter, feuchter oder verunreinigter Dichtungen

Es sollten bei der Arbeit mit dem Medium Chlor Dichtungen zum Einsatz kommen, die sowohl gegen Chlor beständig sind als auch einen hohen Anpressdruck ohne nennenswerte Verformung aushalten. Gut geeignet sind Dichtungen aus dem faserbasierten Material Aramid. In der Praxis hat sich bspw. die Dichtung Klingsil® C-4400 aufgrund ihrer ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften bewährt (siehe Abbildung 3).

Die Dichtungen müssen trocken, staub- und schmutzfrei gelagert werden. Bei jedem Behälterwechsel muss eine neue, saubere und unbeschädigte Dichtung verwendet werden. Sollte aufgrund eines „schief sitzenden“ Ventils die Überwurfmutter gelöst werden oder die neue Dichtung versehentlich auf den Boden fallen, ist ebenfalls zwingend die Dichtung durch eine neue einwandfreie Dichtung zu ersetzen.

Dichtungen aus dem Werkstoff PTFE (bspw. Teflon®) sind ebenfalls chlorbeständig. Sie sind jedoch aufgrund ihrer



3 | Klingsil®-C-4400 Dichtung, Foto: Klinger GmbH

4 | Zerschlissene Bleidichtung (Fass), Foto: GHC Gerling, Holz & Co. Handels GmbH

mechanischen Eigenschaften gegenüber dem Anpressdruck empfindlicher. Sie neigen dazu, sich bei höherem Anpressdruck leichter zu verformen (zu „fließen“).

Bleidichtungen (siehe Abbildung 4) sind ungeeignet. Diese wurden – insbesondere bei Fassbetrieb – bis in die 1990er-Jahre hinein verwendet. Diese Dichtungen waren wiederverwendbar, was von einigen „sparsamen“ Anwender:innen auch weidlich ausgenutzt wurde. Uns

sind Bleidichtungen bekannt, die nach Jahren der Nutzung so dünn wie Pergamentpapier waren. Eine derart abgenutzte Bleidichtung führte in der Vergangenheit zu einem großen Feuerwehreinsatz in einem Wasserwerk. Heutzutage sind Bleidichtungen aufgrund verschiedener Verordnungen und Erlasse zur Verwendung von Blei nicht mehr statthaft.

Defekte, rissige Treibwasserleitung

Gleich hinter dem Chlorgasinjektor bis zur Impfstelle in der zu chlorenden Wasserleitung (z. B. Filtrat- oder Trinkwasserleitung) ist das Wasser am stärksten mit Chlor gesättigt. Tritt durch ein Leck aus der Treibwasserleitung mit Chlor angereichertes Wasser aus, so wird das nicht wie bei einer Chlorgasfreisetzung im Chlorgasraum unmittelbar bemerkt, sondern erst beim Aufenthalt von Mitarbeiter:innen im Technikraum oder bei Kontrollgängen.



Unbedingt an geeigneter Stelle einen oder ggf. mehrere Chlordetektoren im Technikraum installieren. Auch wenn Chlordetektoren im Technikraum nicht durch Regelwerke vorgeschrieben oder empfohlen werden, kann sich jedoch leicht über eine Gefährdungsbeurteilung der Chlorgasdosieranlage ableiten lassen, dass als Risikominderungsmaßnahme eine Chlorgasüberwachung des Technikraums sinnvoll, wenn nicht gar erforderlich ist. Das gilt insbesondere für lange Treibwasserstrecken. Es wird empfohlen, dickwandige Rohrleitungen zu verwenden und diese spätestens nach zehn Jahren zu erneuern.



5 | *Angegriffenes Vakuumregelventil, Foto: GHC Gerling, Holz & Co. Handels GmbH*

Defekte Anlagenteile

Anlagenteile wie bspw. das Vakuumregelventil, das Drucksicherheitsventil, das Sicherheitsabblaseventil oder das Sicherheitssperrventil können durch Reaktionsprodukte des Chlors (Chloraerosole, Salzsäure) angegriffen und zerstört werden (siehe Abbildung 5).



Die Bildung von Chlorreaktionsprodukten

Nicht vollständig geöffnete Chlorventile

Wird das Chlorventil zur Entnahme von Chlor nur einen Spalt geöffnet, wird sich das Chlorgas direkt hinter dem Spalt entspannen. Der Umgebung wird schlagartig Energie entzogen, das Chlorgas kühlt ab. Das Ventil arbeitet dadurch wie ein Expansionsventil in einer Kältemaschine mit fatalen Folgen für die Chlorentnahme. Es kommt zur Kondensation des gasförmigen Chlors unter Bildung von Chloraerosolen, also mikroskopisch kleinen flüssigen Chlorgaströpfchen.



Das Handrad des Ventils muss zur Chlorentnahme immer vollständig aufgedreht und eine viertel bis halbe Umdrehung zurückgedreht werden. Das leichte Zurückdrehen verhindert ein Blockieren des Ventils in der Endlage. Das Handrad darf nur mit einem Drehmoment von max. 7 Nm, also mittels Handkraft und ohne zur Hilfenahme eines Werkzeugs, geöffnet werden. Sollte sich das Chlorbehälterventil nicht mit der Hand öffnen lassen, ist der Chlorbehälter vom Lieferanten durch einen Neuen zu ersetzen.

Schwankende Temperaturen im Chlorgasraum

Bei einem negativen Temperaturgefälle – bspw. wenn der Chlorgasbehälter wärmer als das Chlorgasentnahmeventil ist – kann es zur Kondensation gasförmigen Chlors kommen. Es bildet sich ein hochreaktiver Chlornebel (mikroskopisch kleine Tröpfchen flüssigen Chlors im Chlorgasstrom, siehe oben). Dieses Chloraerosol greift Werkstoffe, die gegenüber gasförmigem Chlor beständig

sind, an und führt zu Chlorreaktionsprodukten (Chlorbutter) in den Ventileinheiten. Besonders betroffen sind Vakuumregler, Manometer, Drucksicherheitsventile, Sicherheitssperrventile, Sicherheitsabblaseventile im Chlorgasraum und Chlorregelventile im Technikkeller.

Im Chlorraum ist daher dauerhaft für eine konstante Temperatur von mindestens 20 °C zu sorgen, um der Anforderung der minimalen Oberflächentemperatur des Chlorbehälters von 15 °C gemäß DIN 19606 nachkommen zu können. Die Heizung sollte vorzugsweise in Höhe des Vakuumregelventils montiert sein. Eine Heizung unterhalb der Regler im Bodenbereich kann zu erheblichen Problemen führen.

Eine frisch gelieferte Chlorflasche muss sich erst der Temperatur im Chlorraum vollständig anpassen, bevor sie an die Chloranlage angeschlossen werden darf. Zudem kann beim Transport durch die Bewegungen der Chlorbehälter flüssiges Chlor vor die Ventilöffnung im Inneren des Behälters gelangen, das erst wieder verdampfen muss.

Die Temperatur des Vakuumregelventils muss immer höher sein als die Temperatur der Chlorflasche.



Vorsicht: Kleine Massen (Regel-einheit, auch abhängig vom Material des Ventils) kühlen schneller aus als große Massen (Chlorflasche). Dies ist beim „Lüften“ des Chlorraums unbedingt zu berücksichtigen.

Eindringen von Luftfeuchtigkeit in den Entnahmebereich

Eindringende Feuchtigkeit aus der Luft reagiert umgehend mit Chlor und Metall und bildet Reaktionsprodukte (Chlorbutter). Durch die entstehende Salzsäure kommt es zusätzlich zu Korrosion an verschiedenen Materialien.

Das Einsaugen und Eindringen von Raumluft, insbesondere feuchter Raumluft, in die Vakuumregelventile sowie die Chlorgassammelleitung samt darin verbauter Chlorgaseinrichtungen muss auf jeden Fall verhindert werden.

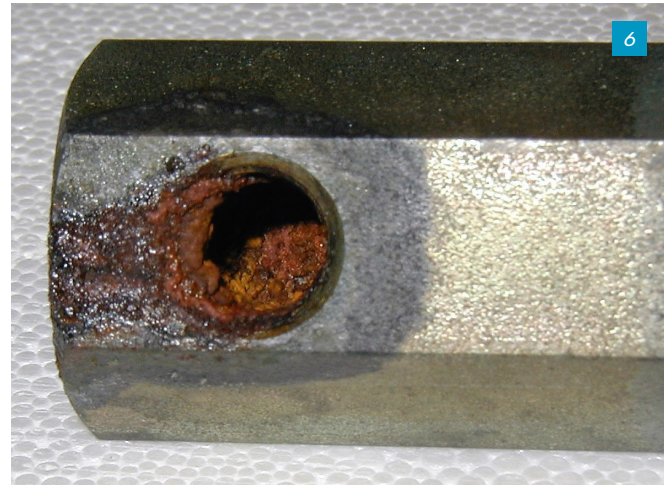


Grundsätzlich sind offenstehende Anschlüsse sowohl auf der Druck- als auch auf der Vakuumseite umgehend mit Verschlussstopfen o. ä. abzudichten. Bitte keine Leitungen über den Winter offenstehen lassen! Vakuumregler sind, mit oder ohne Restdrucksicherung, beim Flaschenwechsel immer an der Wandhalterung oder mit einer Verschlussverschraubung abzudichten.

Zudem muss sichergestellt werden, dass entleerte Chlorgasbehälter gemäß TRGS 745/ TRBS 3145 mit einem Restdruck > 1 bar an den Lieferanten zurückgegeben werden, damit ein Eindringen von Fremdstoffen und Feuchtigkeit in die Behälter verhindert werden kann.

Die Verwendung von Fett oder Silikonfett als Trennmittel für Dichtungen

Sowohl Fett als auch Silikonfett reagieren mit Chlor und bilden voluminöse Verunreinigungen. Das Reaktionsprodukt aus Silikonfett und Chlor sieht z. B. wie grauer Bauschaum aus. Dieses schaumige Material findet sich dann im seitlichen Abgang des Ventils oder in der Vakuumregeleinheit. Auf den Einsatz von Fett ist daher zu verzichten. Selbst der Gebrauch von hochwertigem Silikonöl oder Silikon Spray ist problematisch und sollte, wenn überhaupt, nur hauchdünn erfolgen.



Schäden durch Bildung von Chlorreaktionsprodukten

Reaktionsprodukte des Chlors mit Stahl, Messing, Schmierstoffen und sonstigen Werkstoffen

Diese Reaktionsprodukte (Chlorbutter, *siehe Abbildungen 6 bis 8*) sind ursächlich für die Verstopfung von Anlagenteilen und setzen sich bspw. auf der Ventilkugel oder auf dem Ventilkegel des Vakuumregelventils ab, sodass ein vollständiges Schließen des Ventils verhindert wird. Es kann zu einem unkontrollierten Abblasen des Chlorbehälterinhalts kommen. Das Chlor tritt spätestens über den (dann gesättigten) Aktivkohlefilter aus und löst einen Chloralarm aus.

Chloraerosole führen aufgrund ihrer enormen Aggressivität zu vielfältigen Zerstörungen.

Selbst Kunststoffe oder sogar Edelmetalle sind gegenüber Chloraerosolen nicht beständig. Anlagenteile – wie z. B. die Gehäuse, Membranen, Federn etc. der Vakuumregelventile – werden durch Chloraerosole heftig angegriffen (*siehe Abbildungen 9 und 10*).

Leckrate des Ventils und festsitzende Handräder

Chlorventile weisen aufgrund ihrer technischen Ausführung grundsätzlich eine Leckrate auf. Diese darf nach DIN EN ISO 10297 $6 \text{ cm}^3/\text{h}$ nicht überschreiten. Daher steht bei geschlossenem Ventil immer eine gewisse Menge gasförmigen Chlors im Ventilkörper. Diese Chlormenge ist abhängig von der Standzeit und dem Verschleiß des Ventils.

Je nach Alter und mechanischer Beanspruchung durch den/die Anwender:in befinden sich hinter der Verschlussmutter nur wenige Moleküle Chlor bis hin zu einem Über-



druck, der sich durch einen „Zischer“ beim Öffnen der Verschlussmutter bemerkbar macht.

Eindringende Luftfeuchtigkeit führt unter Bildung von Salzsäure zur Korrosion im Ventilbereich. Korrosion wiederum kann „festsitzende Ventile“ verursachen. Das Handrad lässt sich dann unter normalen Umständen nicht mehr bewegen. Bereits an der Chlordosieranlage angeschlossene Chlorgasflaschen oder -fässer sollten aus Sicherheitsgründen möglichst „leer gefahren“ werden, bevor sie von der Dosieranlage genommen werden und nur im äußersten Notfall von der Anlage getrennt und dann wieder angeschlossen werden.

Wartungsarbeiten sind unerlässliche Routinearbeiten, stellen aber keinen Notfall dar. Es bietet sich daher eine Wartung zum Zeitpunkt des Flaschen-/Fasswechsels an.

- 6 | Chlorreaktionsprodukt mit Feuchtigkeit und Stahl
- 7 | Chlorreaktionsprodukt mit Feuchtigkeit und Eisen
- 8 | Chlorreaktionsprodukt mit Feuchtigkeit und Messing,
Fotos: GHC Gerling, Holz & Co. Handels GmbH

Nicht selten ist bei Wasserwerken über einen längeren Zeitraum keine Chlorung nötig. Chlor wird nur kurzfristig für wenige Tage/Wochen bei Nichteinhaltung der Wasserparameter, bspw. bei Hochwasser und Starkregen, in unregelmäßigen Abständen entnommen. Bei langen Standzeiten empfiehlt sich eine regelmäßige Entnahme von sehr kleinen Mengen Chlor, um Korrosion und die dadurch bedingte Bildung von Korrosionsprodukten zu verhindern. Unterbleibt diese Maßnahme, so ist auch hier mit festsitzenden Handrädern zu rechnen.



-
- 9 | Durch Chloraerosole angegriffenes Vakuumregelventil
- 10 | Durch ausgetretenes Chlor und Luftfeuchtigkeit angegriffenes Vakuumregelventil,
Fotos: DR. HÜLSHORST Schwimmbadsicherheit

Der Umgang mit Anbrüchen

Das Umsetzen von Chlorgasflaschen am Ende der Freibadsaison vom Freibad ins Hallenbad ist aus vorgeannten Gründen ausschließlich für volle, versiegelte Chlorgasbehälter möglich. Anbrüche müssen sicher und ordnungsgemäß verschlossen an den Füllbetrieb zur sicheren Entleerung zurückgegeben werden.

Unsachgemäß hohe Chlorentnahme

Die gasförmige Chlorentnahme darf bei Chlorflaschen (bei 15 °C) maximal 1 % der ursprünglichen Füllmenge pro Stunde betragen. Bei 65-kg-Flaschen darf die Menge zur dauerhaften Entnahme 650 g pro Stunde nicht überschreiten. Eine kurzzeitige Entnahme von 2 % der ursprünglichen Füllmenge ist gemäß DIN 19606 stundenweise möglich.

Bei Chlorfässern darf lediglich 0,7 % der ursprünglichen Füllmenge pro Stunde entnommen werden. Bei 1000-kg-Fässern also maximal 7,0 kg pro Stunde und bei 500-kg-Fässern maximal 3,5 kg pro Stunde.

Bei anhaltender überhöhter Entnahme kommt es zur Vereisung und Raureifbildung am Flaschen-/Fassventil und dadurch zur Kondensation des Chlors im Vakuumregelventil.

Bei einer unterdimensioniert ausgelegten Chlorgasanlage mit einer zu geringen Anzahl an Chlorbehältern ist unter ungünstigen Bedingungen, wie hohem Besucheraufkommen an heißen Sonnentagen, eine Überschreitung der kurzfristigen Überentnahme zu erwarten. Das kann leicht durch eine Abkühlung der Chlorgasbehälteroberflächen unter 15 °C und der Kondensation der Luftfeuchtigkeit oder gar der Vereisung an den Behältern festgestellt werden.

Gleiches gilt, wenn nicht alle Ventile der angeschlossenen Chlorgasflaschen zur Entleerung geöffnet sind oder wenn einzelne Flaschen sich nur langsam oder gar nicht entleeren lassen und damit aus den übrigen Flaschen mehr entnommen wird, also keine gleichmäßige Entnahme aus allen Chlorgasbehältern gegeben ist.

Feuchtigkeitseintrag durch die Wassersprühanlage

Grundsätzlich ist der Eintrag von Feuchtigkeit in den Chlorgasraum zu vermeiden. Eine Wassersprühanlage ist gemäß DIN 19606 eine mögliche Chlorgasbeseitigungseinrichtung einer Chloranlage. In der aktuellen Fassung befindet sich die Wassersprühanlage wieder über der Chlorentnahmeeinheit. Die DIN 19606 geht von einem Sprühnebel im gesamten Raum aus, damit mögliche Undichtigkeiten des Raumes mit geschützt werden können.

Sollte bei einer Chlorgasfreisetzung die Wassersprühanlage ausgelöst werden, so handelt es sich nicht nur um einen Feuchtigkeitseintrag, sondern es werden erhebliche Wassermengen von ca. 2 m³ pro Stunde und Düse freigesetzt. Der direkte Kontakt der Armaturen mit Wasser ist daher unvermeidlich.

Es sollten Lösungen gefunden werden, die Anlagenteile und Ventile vor direkter Beaufschlagung mit Wasser so gut wie möglich zu schützen. Hier gilt es dringend, die in der Praxis umgesetzten Lösungsansätze wie die Positionierung und Anzahl der Düsen oder die Montage von Blechen und Vorhängen einer systematischen Untersuchung hinsichtlich ihrer Wirksamkeiten und ggf. zusätzlich auftretender Gefährdungen, wie z. B. Stoßkanten oder die eingeschränkte Sicht auf die Behälter und Ventile, zu überprüfen und zu verbessern.

Grundsätzlich lässt es sich jedoch nicht vermeiden, dass sich im gesamten Chlorgasraum eine hohe Luftfeuchtigkeit bildet. Korrosion bis hin zur völligen Zerstörung der metallischen Anlagenteile und Ventile sind die Folge.

Nicht nur wegen der Berieselung der Anlage, sondern auch vor dem Hintergrund der Problematik im Umgang mit dem kontaminierten Berieselungswasser stehen Betreiber:innen alternative Chlorgasbeseitigungsanlagen in Form von Chlorgaswäschern oder Chlorgas-Festbettabsorbieren zur Verfügung.

Funktionstests der Chlorgasbeseitigungseinrichtung sind halbjährlich durchzuführen. Bei Freibädern ist dies zweckmäßigerweise vor Inbetriebnahme der Chlorungsanlage bei leerem Chlorgasraum durchzuführen. Die



Funktionskontrolle dient der Überprüfung des Magnetventils, der Sprühdüsen und des Bodenablaufs. Des Weiteren darf kein Berieselungswasser unter der Tür austreten. In der Praxis hat es sich bewährt, wenn direkt unter die Düsen ein Rohr geschoben wird, welches das Wasser direkt zum Bodenablauf abführt. Damit ist jedoch weder eine Überprüfung der Düsen noch die Kontrolle des Bodenablaufs und des Nichtaustritts von Niederschlagswasser unter der Chlorgasraumtür möglich. Daher muss der Funktionstest unter Abdeckung aller Komponenten der Chlorgasdosieranlage mit Decken/Handtüchern und Plastikfolien erfolgen. Nach dem Test ist die Raumluft durch ausreichende Lüftung auszutauschen. Anschließend sind alle Anlagenteile gründlich zu trocknen. Jeder unnötige Funktionstest sollte unbedingt vermieden werden.

Mangelhafte Wartung und Instandhaltung der Chloranlage

Zur Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit einer Chlorgasdosieranlage ist die regelmäßige und ordnungsgemäße Durchführung der Instandhaltungsmaßnahmen zwingend erforderlich. Die Instandhaltungsarbeiten sind grundsätzlich von dazu befähigtem Instandhaltungspersonal mit entsprechender Qualifikation durchzuführen. Fachfirmen und Herstellerfirmen verfügen über diese Qualifikationen. Umfang, Art und Intervalle der Instandhaltungstätigkeiten sind durch den/die Betreiber:in nach Herstellerangaben (Betriebsanleitung) und nach Maßgabe der BetrSichV sowie der DGUV Regel 107-001 festzulegen, wobei mindestens eine jährliche Instandhaltung und gemäß DIN 19643-1 eine halbjährliche vorbeugende Instandhaltung durchzuführen ist.

Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an der Chlorgasdosieranlage sind mit Ausführ-/Prüfdatum zu dokumentieren, aus dem ersichtlich ist, wie lange die Anlage oder einzelne Komponenten sicher verwendbar sind.

Achten Sie bei der Werkstattwartung ihrer Wartungsfirma darauf, dass Sie Ihre Komponenten nach erfolgter Instandhaltung wieder zurückerhalten. Dazu ist die Erstellung eines Inventarverzeichnisses mit Seriennummern oder eindeutiger Kennzeichnung und Fotos Ihrer Komponenten sinnvoll. Lassen sie sich ggf. Ersatzteile und ersetzte Verschleißteile zeigen und entsorgen sie diese selbst.

Lassen Sie Ihre Chlorungsanlage nur von einer kompetenten Fachfirma warten. Fragen Sie im Zweifel nach und lassen sich alles ganz genau erklären.

Die Wartungsfirma bescheinigt dem/der Betreiber:in, dass die Anlage am Tag der Inbetriebnahme nach erfolgter Instandhaltung in einem einwandfreien, betriebs-sicheren Zustand ist oder Mängel aufweist, die einer Inbetriebnahme entgegenstehen und vor Inbetriebnahme behoben werden müssen. Nur so kann sichergestellt werden, dass die gesamte Anlage tatsächlich einwandfrei und sicher funktioniert.

Normen und Vorschriften (Auszug)

- DGUV Regel 107-001
- DGUV Information 203-086
- DGUV Information 213-040
- DIN 19606
- DIN 19643
- TRGS 745/TRBS 3145
- DIN EN ISO 10297.

