



„Viel Grün“ in der Werkstatt

Eine Werkstatt gehört nach wie vor zum Standard eines augenoptischen Fachgeschäftes. Trotz des sich ausbreitenden Trends zur Fernformrandung – immerhin werden 15 Prozent der Brillengläser heute ferngerandet (Quelle: ZVA) – sind Bröckeln, Schleifen, Lötten und andere Werkstattarbeiten auch heute fester Bestandteil der Ausbildung und des Alltages der Branche. Sei es in der Werkstatt vor Ort oder in der Zentralwerkstatt werden Kunststoffe bearbeitet, hier und da treten Staub- oder Geruchsbelästigungen auf. Gibt es überhaupt gesundheitsgefährdende Schadstoffe in der augenoptischen Werkstatt? Die gute Nachricht ist: Die Dosierungen liegen weit unter den offiziellen Grenzwerten.

Grundsätzlich wird ein Stoff als „schädlich“ definiert, wenn durch seine Wirkung ein Ökosystem negativ beeinflusst wird. Schadstoffe sind nicht auf einen Aggregatzustand begrenzt. Stäube können nach chemischer Substanz, nach Partikelgröße oder -form als Schadstoffe klassifiziert sein. Chemisch-thermische Prozesse emittieren Aerosole in Form von Rauch. Gase und Dämpfe stehen per se in einem schlechten Image. Wässrige Lösungen, Emulsionen und Biofilme können in natürlichen Wasserkreisläufen Schäden verursachen. Wie zeigen sich unter dieser Betrachtung Schadstoffe einer augenoptischen Werkstatt? Sind typische Schleifgerüche etwa schädlich?

Was geschieht mit Stäuben beim Polieren, mit Gasen beim Lötten? Die folgende Darstellung stellt exemplarisch dar, wie Stäube, Rauche, Gase und letztlich Emissionen in Form von Abwässern aus augenoptischen Betrieben vom Ökosystem aufgenommen werden.

Augenoptiker werden heute beispielsweise mit Raumluft-Umwälzanlagen für ihre Werkstatt beworben. Diese haben

durchaus ein Legitimation: Jeder wird den an faule Eier erinnernden Schwefelwasserstoff-Geruch beim Randen hochbrechender Kunststoffgläser kennen – wenn gleichzeitig Kundenkontakt gegeben ist, keine angenehme Atmosphäre. Luftreinigungen arbeiten auf der Basis von Aktivkohlefiltern, die unangenehme Gerüche herausfiltern. HEPA-Systeme filtern Mikroorganismen aus oder elektrostatische Filter werden zur Minimierung von Feinstaub eingesetzt. Ein bekannter Anbieter standardisiert Raumgesundheit der Läden. [1] Demgegenüber werden in Zentraleinschleifwerkstätten u. U. nur die Fenster geöffnet. Reicht dies als Abhilfe bei den heutigen strengen Regeln von Arbeiterschutz?

Staub und Feinstaub – eine neue Klassifizierung

Bis in die 90er Jahre galten Stäube allgemein als Schwebeteilchen. Seit der Grenzwertfestlegung 2005 wird zwischen Staub und Feinstaub unterscheiden. Feststoff-Schwebepartikel mit einer



Größe von etwa 0,5 mm bis herab auf 0,01 mm werden als Staub bezeichnet. Partikelgrößen unter 10 Mikrometer sind Feinstäube. Die Differenzierung der Partikel erfolgte nach deren Fähigkeit oder Unfähigkeit, beim Einatmen Lungenbläschen zu erreichen (häufig auch als Alveolengängigkeit bezeichnet). Feinstäube können bis tief in die Lunge gelangen, Stäube unter normalen Umständen nicht. Bei der Klassifikation der Staubfraktion ist in der allgemeinen – die Branche weit überschreitenden – Diskussion insbesondere unverbrannter Dieselruß in die Kritik geraten; ebenso wie Asbeststaub, der schwere gesundheitliche Schäden hervorruft.

Doch zurück zu Augenoptik: Eine augenoptische Werkstatt erzeugt mehr Staub als ein gepflegtes Wohnzimmer. Sichtbar sind allerdings nur (Grob-) Stäube. Feinstäube, die ebenso anfallen, nicht. Die in augenoptischen Werkstätten anfallenden Feinstaub gehören zu den „allgemeinen Stäuben“ wie sie in der TRGS 900 (TRGS = Technische Regeln Gefahrstoffe) aufgeführt sind (Tab. 1).

Die Exposition von Staub wurde 2001 in 13 deutschen Augenoptikerwerkstätten mit angeschlossenen Ladengeschäften, Zentralwerkstätten und einer Lehrwerkstatt untersucht. Hierbei wurde eine Belastung durch alveolengängige Staubfraktionen in Höhe von max. 0,38 mg/m³ ermittelt und durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) veröffentlicht. [2] Die Stäube und Feinstäube werden erzeugt durch textile Fasern (Schwabbeln) aber auch Poliermittel; die Messwerte liegen weit unterhalb der allgemeinen Staubgrenzwerte (vergleiche mit Tab. 1). Das Poliermittel ist chemisch eine in technischen Fetten und Wachsen eingegebene Feinkörnung aus Al₂O₃ und SiO₂. Laut Sicherheitsdatenblatt setzen Poliermittel keine gesundheitsgefährdenden Stoffe frei. [3]

Flüchtige Aerosole und Moleküle – beim Löten ...

Beim Löten mit Butan und Propan entsteht unter Wärmeabgabe lediglich Wasserdampf und Kohlendioxid. Acetylen gaslöten ist ebenso unproblematisch; die Flamme ist bei richtig dosierter Sauerstoffzufuhr (neutral eingestellt) rußfrei. Allerdings entsteht als Abgas immer CO₂

(neben H₂O), das bei hoher Konzentration in geschlossenen Räumen zur Erstickung führen kann. [4] (Tab. 1).

Beim Löten mit dem Gasgenerator (auch Hydrozon) wird hauptsächlich ein Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff gezündet, das über einen Gasmischer eine verdunstete Methanol-Borax-Mischung erhält. Letztere kühlt die 5.000 °C heiße Wasserstoffflamme auf ca. 2.000 °C. Die Abgase sind hauptsächlich Wasserdampf, während Methanol auch geringfügig CO₂ erzeugt.

Flussmittel für Hartlote ist Degussa-h, auch als „Braze-Tec“ bezeichnet. Chemisch ist diese wasserlösliche Substanz Kaliumhydroxofluorborat, ein mindergiftiges (beim Verschlucken), wasserlösliches Komplexsalz. Die entstehenden Dämpfe sind nicht ganz ungefährlich: Es ist Fluorwasserstoffbildung möglich, [5] deshalb der geringe MAK-Wert laut Tab. 1. Das Problem ist, dass Fluorwasserstoff (HF) theoretisch in den Atemorganen zu Fluorwasserstoffäure aquarisieren kann. Konzentrierte Fluorwasserstoffäure wird dabei allerdings nicht entstehen, da das Gas HF bereits in der Luft molekular verdünnt auftritt und die schwach saure wässrige Lösung daraus lediglich Atemorgane reizen kann. [5, 6] Das Sicherheitsdatenblatt empfiehlt

gute Lüftung als ausreichende Maßnahme. Bei den durch die BAuA gemachten Veröffentlichungen sind die Werte am Arbeitsplatz einer Lehrwerkstatt (hier wird relativ viel gelötet) so gering, dass Atemschutz nicht notwendig ist.

Das Lot selbst ist eine Legierung aus 56 % Ag (Silber), 22 % Cu (Kupfer), 17 % Zn (Zink) und 5 % Sn (Zinn). Da keines der Legierungsmetalle beim Löten (Arbeitstemperatur ca. 650 °C) den Siedebereich erreicht, ist keine Gefahr durch Metalldämpfe zu erwarten, die eingeatmet werden können. [7]

... und bei sonstigen Werkstattarbeiten

Die Belastung durch Lösungsmitteldämpfe in einer Augenoptikerwerkstatt sind laut BAuA hauptsächlich verdunstetes Aceton und Ethanol. Aceton ist ein Dehydrationsprodukt des Propanol II (oder Isopropylalkohol). Die Siedetemperatur liegt bei 50 °C, folglich ist die Verdunstungsrate bei Raumtemperatur relativ hoch. Ethanol, auch als „Weingeist“ bezeichnet, ist in Form von Brennspiritus vergällt, d. h. mithilfe von Bitterstoffen ungenießbar gemacht. Aceton und Ethanol sind beide leicht entzündlich. ▶

Gefahrstoff / Chemikalie	Grenzwert in ppm	Grenzwert in mg/m ³
Kohlendioxid (CO ₂)	5000	9100
Propan (C ₃ H ₈)	1000	1800
Aceton (CH ₃ COCH ₃)	500	1200
Ethanol (CH ₃ CH ₂ OH)	500	960
Methanol (CH ₃ OH)	200	270
Hydrosulfid* (H ₂ S)	5	7,1
allgem. Staubgrenzwerte E**		10
allgem. Staubgrenzwerte A***		3
Fluorwasserstoff (HF)	3	2,5

* Hydrosulfid bis 2006 10 ppm, heute 5 ppm; ** Stäube, die eingeatmet werden können; *** alveolengängige Stäube

Tab. 1: Auszug aus der TRGS 900, Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz. Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) erstellt die technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS). Die TRGS 900 tabelliert Arbeitsplatzgrenzwerte der Raumluft. Die bis vor kurzem verwendeten MAK-Werte (maximale Arbeitsplatzkonzentration) sind in vielen Sicherheitsdatenblättern von Chemikalien nach wie vor gebräuchlich und decken sich weitestgehend mit den Angaben der Arbeitsplatzgrenzwerte, sofern nicht strengere Richtlinien erlassen wurden. Die Differenzen zwischen den Angaben in ppm (parts per million) und mg/m³ ergeben sich aus den unterschiedlichen Molekülmassen der Stoffe.



Abb. 1: Klärwerk, Foto mit freundlicher Genehmigung der Stadt Erfurt.

Die Belastung durch Lösungsmitteldämpfe bei den durch die BAuA gesammelten Studien lag in allen Fällen unterhalb der Grenzwerte der TRGS. [2]

Über die Gerüche des Hydrogensulfid (faule Eier) beim Randalen hochbrechender Gläser ist bereits viel geschrieben worden: der Schadstoffanteil beträgt max.

1 ppm in der Raumluft. [8] Auch hier gilt Entwarnung lt. TRGS (vergl. mit Tab. 1).

Aufbewahrung von Gefahrstoffen

Methanol sollte im Gefahrstoffschrank aufbewahrt werden. In der Gefahrenbezeichnung wird dieser Alkohol als giftig (beim Einatmen und Verschlucken) [9] und leicht entzündlich bezeichnet. Die Giftigkeit beruht auf mögliche Dehydratation zum Formaldehyd durch körpereigene Enzyme. [6] Ethanol sollte ebenso im Gefahrstoffschrank aufbewahrt werden, allein schon wegen der leichten Entflammbarkeit.

Die Stoffe zum Erneuern der Elektrolytflüssigkeit des Gasgenerators (Hydrozon-Lötgerät) sind unbrennbar. Sie werden geliefert entweder als fertige Kalilauge (chem. KOH_{aq}), oder als Kaliumhydroxid (KOH), das in Tablettenform bereitgestellt wird. Während die Kalilauge stark basisch ist (Ätzwirkung), ist das Komplexsalz hydrophil und kann bereits mit Luftfeuchtigkeit reagieren. Verbrauchte Elektrolytflüssigkeit sollte einer Schadstoffsammelstelle zur Entsorgung gegeben werden.

Eine Aufbewahrung von Propan- und Butangasflaschen im Keller ist unzweckmäßig, da diese Gase (unter Druck flüssig) schwerer sind als Luft und in ruhiger Atmosphäre freigelassen immer den tiefsten Raum einnehmen. Sollten kleine Leckagen an den Flaschenventilen vorhanden sein, können bei Lagerung der Flaschen in höher gelegenen Räumen diese Gase entweichen. Acetylen (Ethin) ist gleichschwer wie Luft.

Biofouling kontra Frischwasserverbrauch

Beim Randalen von Gläsern werden nach wie vor wasserkühlende Bearbeitungsverfahren angewendet. Die Kühlung bei Glas ist unausweichlich, um eine Graphitisierung der Diamanten zu verhindern. Kunststoffgläser benötigen nicht unbedingt eine Kühlung, allerdings werden entstehende Stäube mithilfe Wasser gebunden. Gäbe es nur Kunststoffgläser, würde die Industrie der Randbearbeitungsautomaten wahrscheinlich HSS-Frästechnologie anbieten. [10] Da nach wie vor Silikatgläser auf dem Markt angeboten werden und organische wie anorganische Gläser mit den gleichen Systeme-

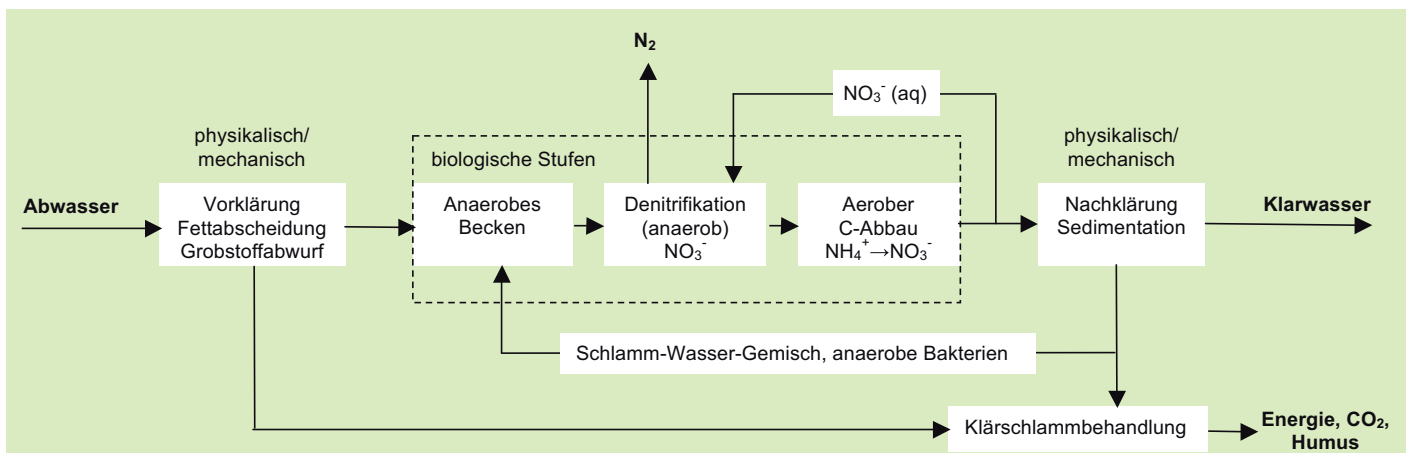


Abb. 2: Das zufließende Rohabwasser passiert nach Grobstoffentfernung die Vorklärung; Schwebstoffe werden abgesetzt. In der ersten biologischen Stufe werden anaerobe Bakterien (Mikroorganismen, die ohne Sauerstoff leben) eingesetzt, die ein rückgeführtes Schlamm-Wasser-Gemisch aus der Nachklärung liefert. Anaerobe Biofilme ernähren sich von Phosphat- und Schwefel-Ionen (letztere entstehen u. a. durch Schleifen hochbrechender Kunststoffgläser) und eliminieren schwer lösliche Salze. Die zweite Stufe – ebenso anoxisch betrieben – dient als Denitrifikation, dem Freimachen von Stickstoff aus Salzen der Salpetersäure (aquarisierte Nitrat-Anionen NO_3^-), ebenso durch anaerobe Bakterien. Das so entstandene Gas N_2 ist Bestandteil der Luft. In der dritten Bio-Stufe findet eine gründliche Durchmischung mit Luft statt, wobei der Luftsauerstoff durch Bildung aerober Biofilme und deren Bakterien dem Schmutzwasser die organischen Verunreinigungen entzieht und sie in die Biofilme ableitet (aerober C-Abbau). Gleichzeitig oxidieren diese sauerstofflebenden Bakterien Ammonium-Kationen (NH_4^+ , aus dem Harnstoff-Anteil des Abwassers) zu Nitrat-Anionen, die als wäßrige NO_3^- -Anionen der Denitrifikation rückgeführt werden. Der in der physikalisch-mechanischen Nachklärung anfallende Flockenschlamm-Überschuss ist eine Art anfallendes „Biofouling“ der Bio-Gesamtanlage, der durch Sedimentation ausgefällt, und zusammen mit dem Schlamm aus Vorklärung getrocknet und verbrannt wird. Das entstandene Klarwasser wird dem natürlichen Wasserkreislauf übergeben (Quelle [3,11]).

men bearbeitet werden, ist Wasser nötig. Die heute üblichen Kühlwasserkreislaufsysteme haben den Vorteil, sparsam mit Wasser umzugehen.

Allerdings entsteht beim Schleifen anorganischer Gläser feingranuliertes Siliciumdioxid (SiO_2), welches im Wasser geringfügig Kieselsäure hinterlässt. Die wassergebundenen Stäube der organischen Gläser hinterlassen suspendierte Stoffe, die eine Trübung des Kühlwassers entstehen lassen. Die suspendierten und mitunter kolloidalen Partikel (kleinste Teilchen in der Wasserschwebel) von hochbrechenden Kunststoffgläsern (z. B. MR8) erzeugen mithilfe Wasser chemische Wechselwirkungen, was zu Sulfaten führen kann. Ebenso wird bei den hochbrechenden Kunststoffen Hydrogensulfid erzeugt, [8] welches zum Teil im Wasser gelöst wird. Eine Reihe weiterer Prozesse chemischer Wechselwirkungen zwischen Wasser mit organischem wie anorganischem Glasabrieb führt zu einer Nährstoffansammlung, die eine Art Biofilm entstehen lässt.

Biofilme entstehen an Grenzflächen zwischen Wasser und Festkörper oder Wasser und Luft. Hier konzentrieren sich Nährstoffe, auf denen sich Mikroorganismen ansiedeln. Nachdem sich die ersten Bakterien auf diesem Film festgesetzt haben, fangen sie einerseits an, die absorbierten organischen Verbindungen zu verwerten, andererseits scheiden sie selbst organische Verbindungen aus; die „Reifung“ eines Biofilms nimmt seinen Lauf. [11] Nach einigen Wochen und je nach Bestandteilen des Glasabriebs treten im Kühlwasser Biofilme auf, die weich und organisch dominant sind, bis hin zu solchen, die harte Krusten bilden.

Um solche unerwünschten Biofilme – die in technischen Wassersystemen als Biofouling [11] bezeichnet werden – zu vermeiden, wäre täglicher Wasserwechsel erforderlich. Noch sauberer ist Frischwasseranschluss. Allerdings werden hierbei 20 Liter Frischwasser pro Gläserpaar in den Abfluss gegeben. Bei einer solchen Anlage ist es sinnvoll, einen Feststoffabscheider vor der Einleitung ins hauseigene Kanalnetz zu installieren. Es soll bereits vorgekommen sein, dass Glaskrümel im Abwasser – die wie Sand wirken – das Kanalsystem verstopfen haben und einen aufwendigen Kanalaufbruch erforderlich machten.

Flüssige Emissionen und Behandlung von Abwässern

Abgeschüttetes, abgestandenes Kühlwasser der Randbearbeitung beinhaltet organische und anorganische Schwebstoffe, Schaum und gelöste Salze. Kühlwasser aus direkter Frischwasserzufuhr beinhaltet das Dispergens aus fein verteiltem Glasabrieb. Technische Alkohole, Ketone (z. B. Aceton) und Carbonsäuren der Werkstatt, die in kleinen Mengen weggeschüttet werden (dürfen), sind ebenso flüssige Emissionen wie Schmutzwasser aus Ultraschallausguss und weiteren Reinigungsprozessen, bis hin zur Toiletenspülung. Selbst kleinste Mengen verbrauchter Kontaktlinsenpflegemittel (z. B. Poloxamine) beinhalten fettgelöste Tensidkolloide, hydrophile Alkohole und Benetzungsmittel.

Zusammen mit den Abwässern einer ganzen Stadt würde das ungereinigte Rohabwasser die Gewässer – selbst bei hohen Verdünnungsverhältnissen durch Niederschlagswasser – nachhaltig schädigen und belasten.

Das wesentliche Prinzip einer modernen Kläranlage ist die gezielte Sammlung und Züchtung von Bakterien, die den dort entstehenden Biofilmen die Nährstoffe entziehen. Das Ziel ist ein nährstoffarmes, sauerstoffreiches Klarwasser, während der kohlenstoffreiche Bakterienabfall zur Stromerzeugung verbrannt wird (siehe hierzu Abb. 1 und 2).

Zusammenfassung

Im Augentoptikerhandwerk werden amtliche Luftgrenzwerte dauerhaft sicher eingehalten, jedoch sind Raumluftverbesserungen mitunter nützlich. Gelagerte Salze, Flüssigkeiten und Gase verhalten sich entsprechend ihrer chemisch-physika-

lischen Gesetzmäßigkeiten, eine zweckentsprechende Lagerung ist sinnvoll. In Kühlwasserkreisläufen bilden sich Biofilme, die zu Biofouling anwachsen können. Die Abwässer augenoptischer Betriebe sind am Sammelnetz kommunaler Schmutzwasserableitungen angeschlossen. Hierzu zählen anteilmäßig auch die Abwässer aus neutralisierten Lötgeräte-Laugen, sofern diese einer Schadstoffsammelstelle zur nachhaltigen Entsorgung übergeben wurden. Die Abwässer werden in modernen Kläranlagen zu sauerstoffreichem, nährstoffarmen Klarwasser geklärt und schließlich dem natürlichen Wasserkreislauf übergeben. ■

**Johannes Schweinem,
HFAKöln**

Literatur

- [1] Jarck R. Green-DOZ 03/2012:43
- [2] Bundesanstalt Arbeitssicherheit und Arbeitsmedizin (BAuA). Dortmund 2006
- [3] Sicherheitsdatenblatt Polierpaste 480 W. Menzerna-Werke. Ötigheim 2001
- [4] Asselborn W, Jäckel M, Risch KT, Förster R. Chemie heute. Westermann, Schroedel, Diesterweg. Braunschweig 2009
- [5] Sicherheitsdatenblatt Hartlotflussmittel. Braze Tec GmbH. Hanau 2005
- [6] Christen HR. Chemie. Aargau/Schweiz 1984
- [7] Sicherheitsdatenblatt Hartlote Degussa 5600. Degussa-Hüls-AG. Hanau 2001
- [8] Schweinem J. Gedanken zur Nachhaltigkeit optischer Gläser Teil 2. Green-DOZ 12/2012:46-47
- [9] Sicherheitsdatenblatt Methanol. Arge ApoChem. Hilden 1994
- [10] Info durch Weco Optikmaschinen. Düsseldorf 2010
- [11] Grohmann AN, Grohmann A, Jekel M, Szewzyk R, Szewzyk U. Wasser – Chemie, Biologie und nachhaltige Nutzung. De Gruyter Berlin 2011

Anzeige



**Arbeits Taschen
für Augenoptiker**

Klarsicht-Tasche für Brillen und Kontaktlinsen für Format DIN A5 und DIN A6.
Auf Wunsch auch andere Formate und Sonderanfertigungen möglich. Bitte fordern Sie Unterlagen und kostenlose Muster an.

just

Bassermannstr. 7, 70563 Stuttgart
Fon: 0711-7352144 · Fax: 0711-7356100
www.just-products.de · Mail: info@just-products.de