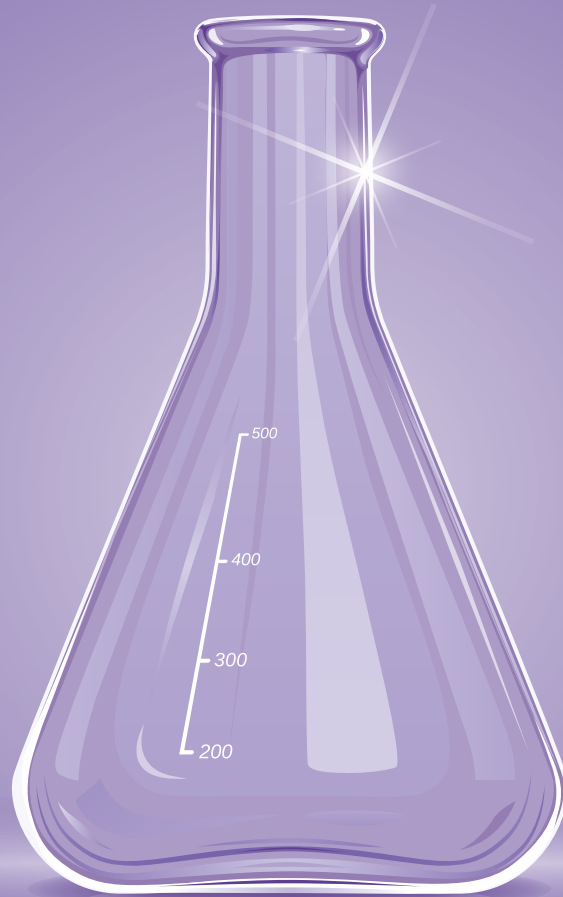




Laborglasaufbereitung

Laborglas sicher und rückstandsfrei aufbereiten

Vorwort

Gerade weil die meisten Prozesse im Labor geregelt und dokumentiert sind, verwundert es, dass der Laborglasaufbereitung bisher sowohl in der Literatur als auch in der Normungsarbeit ungenügend Beachtung geschenkt wurde. Dies mag daran liegen, dass für die optimale Aufbereitung von Laborglas Fachwissen unterschiedlicher Disziplinen notwendig ist. Die vorliegende Broschüre des **Arbeitskreises Laborglasaufbereitung** fasst erstmals das gesammelte Fachwissen führender Hersteller von Laborglas, Prozesschemikalien, Reinigungs- und Desinfektionsautomaten sowie von Experten der Qualitätssicherung und Anwendern zusammen.

Anhand einfacher Beispiele werden die Wirkungsmechanismen und Einflussfaktoren, die bei der Aufbereitung von Laborglas zu beachten sind, erklärt.

Die zur Verfügung gestellten Informationen und Checklisten sollen den Anwendern Sicherheit bei der Gestaltung ihres Laborglasaufbereitungsprozesses und bei der Auswahl der Prozesschemikalien sowie des einzusetzenden Laborglases und der Laborutensilien geben.

Es gilt die einfache Regel: Genaue Mess- und Analyseergebnisse lassen sich nur dann ermitteln, wenn die Reinheit der eingesetzten Hilfsmittel festgelegt und sichergestellt ist.

Hierzu möchte der Arbeitskreis seinen Beitrag leisten. Wir wünschen Ihnen allzeit saubere Ergebnisse.

AK LAB



Der Arbeitskreis Labor (AK LAB) setzt sich aus folgenden Mitgliedern zusammen:

Kompetenzfeld Laborglas

Dr. Susanne Zangi
c / o DWK Life Sciences GmbH
Hattenbergstr. 10
D-55122 Mainz
Tel.: +49 (0) 6131-1445-4410

Dr. Christel Schmidt
c / o DWK Life Sciences GmbH
Hattenbergstr. 10
D-55122 Mainz
Tel.: +49 (0) 6131-1445-4412

Kathrin Steinmann
c / o DWK Life Sciences GmbH
Hattenbergstr. 10
D-55122 Mainz
Tel.: +49 (0) 6131-1445-4326

Kompetenzfeld Prozesschemikalien

German Beck
c / o Chemische Fabrik Dr. Weigert GmbH & Co. KG
Mühlenhagen 85
D-20539 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40-789 60-166

Linda Ertl
c / o Chemische Fabrik Dr. Weigert GmbH & Co. KG
Mühlenhagen 85
D-20539 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40-789 60-153

Beate Zielonka
c / o Chemische Fabrik Dr. Weigert GmbH & Co. KG
Mühlenhagen 85
D-20539 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40-789 60-187

Kompetenzfeld Reinigungs- und Desinfektions- automaten sowie Sterilisatoren

Marion Anacker
c / o Miele Inc.
9 Independence Way
Princeton NJ 08540
Vereinigte Staaten von Amerika
Tel. +1 609 672 4921

Dr. Roy Schneider
c / o Miele & Cie. KG
Carl-Miele-Straße 29
D-33332 Gütersloh
Tel.: +49 (0) 5241-89-1496

Michael Sedlag
c / o Miele & Cie. KG
Carl-Miele-Straße 29
D-33332 Gütersloh
Tel.: +49 (0) 5241-89-1461

Als Gastautoren haben mitgewirkt:

Bereich Laborplanung

Dr. Christoph Heinekamp
c / o dr. heinekamp Labor- und Institutsplanung GmbH
D-85757 Karlsfeld b. München

1 Werkstoffauswahl

	Glas, Kunststoff, Metall, Laborporzellan und deren Konstruktionsauslegung	8–11
1.1	Werkstoffauswahl, Temperaturbeständigkeit, chemische Beständigkeit	8–10
1.2	Konstruktionsauslegung	10–11
1.3	Anwendungsspezifische Auswahlhilfen / Fazit	11

2 Prozesschemikalien

		12–21
2.1	Arten von Prozesschemikalien	12–13
2.2	Eigenschaften und Bewertung der Inhaltsstoffe	13
2.3	Rückstandsfreie Reinigung	14
2.4	Dosierung und Dosiertechnik	14–16
2.5	Anwendungsspezifische Auswahlhilfen	16–19
2.6	Lagerung	19–21
2.6.1	Rechtliche Grundlagen	19
2.6.2	Grundsätze für die Lagerung von Gefahrstoffen	20
2.6.3	Lagerung von Prozesschemikalien	20–21

3 Wasser

		22–30
3.1	Funktion des Wassers beim Aufbereitungsprozess	22
3.2	Inhaltsstoffe von Trinkwasser	22–25
3.3	Allgemeine Verfahren zur Wasseraufbereitung	25–27
3.4	Anwendungsspezifische Auswahlhilfen	27–30
3.4.1	Manuelle Vorbereitung	27–28
3.4.2	Maschinelle Aufbereitung: Vorspülung, Reinigung und Neutralisation	28
3.4.3	Maschinelle Aufbereitung: Spülung und Nachspülung	28–29
3.4.4	Maschinelle Aufbereitung: Desinfektion	30
3.4.5	Sterilisation	30

4 Reinigungs- und Desinfektionsautomaten

		31–36
4.1	Allgemeine Funktionen	31–32
4.2	Ausstattung und Beladungsträger	32–35
4.3	Anwendungsspezifische Auswahlhilfen und Hinweise	35–36

5	Vorbereitung vor der maschinellen Aufbereitung	37–41
5.1	Neue Laborgläser	37
5.2	Kontamination: Biologische Arbeitsstoffe	37
5.3	Kontamination: Sonstige	38–41
6	Maschinelle Aufbereitung	42–55
6.1	Positionierung des Laborglases und der Laborutensilien	43–44
6.2	Sinnerscher Kreis	45–47
6.3	Aufbereitungsprozess	47–53
6.3.1	Reinigung	48
6.3.2	Neutralisation	48–49
6.3.3	Spülung	49
6.3.4	Desinfektion	49–50
6.3.5	Trocknung	50
6.3.6	Beispiele Temperatur- / Zeitdiagramme	51–53
6.4	Anwendungsspezifische Auswahlhilfen	54–55
7	Kontrollen	56–57
7.1	Entnahme der Laborgläser sowie der Laborutensilien und visuelle Endkontrolle nach der maschinellen Aufbereitung	56
7.2	Visuelle Sichtkontrolle vor dem Gebrauch von Laborglas	56–57
8	Sterilisation von Laborgläsern und Laborutensilien	58–59
9	Lagerung aufbereiteter Laborgläser	60–61
10	Aufbereitungsräume in Laborgebäuden	62–66
	Glossar	68–71
	Literaturhinweise	72
	AK LAB Verkaufsbedingungen	73

1 Werkstoffauswahl:

Glas, Kunststoff, Metall, Laborporzellan und deren Konstruktionsauslegung

Im Labor kommen verschiedene Werkstoffe mit jeweils unterschiedlichen Eigenschaften zum Einsatz. Dabei obliegt es entweder der Entscheidung des qualifizierten Laborpersonals, welcher Werkstoff für welchen Prozess gewählt wird, oder die Werkstoffvorgabe ist in einer Arbeitsanweisung oder SOP (Standard Operating Procedure) durch den Qualitätsverantwortlichen dokumentiert und verbindlich geregelt.

Generell unterscheidet man zwischen Laborgläsern und Laborutensilien, wobei letztgenannte eine Gruppe an Gefäßen und Hilfsmitteln darstellen, die aus unterschiedlichen Werkstoffen, wie z.B. Kunststoff, Porzellan oder Metall, bestehen und für die dementsprechend abweichende Reinigungsempfehlungen gelten. Die vorliegende Broschüre beschäftigt sich vorwiegend mit dem maschinellen Aufbereitungsprozess von Laborglas. Nachfolgend werden – der Vollständigkeit halber – alle gängigen im Labor zum Einsatz kommenden Werkstoffe näher beschrieben.

1.1 Werkstoffauswahl, Temperaturbeständigkeit, chemische Beständigkeit

Das nach DIN ISO 3585 genormte Borosilikatglas 3.3 kommt im Labor immer dann zum Einsatz, wenn bei Analyse- oder Reaktionsprozessen hohe chemische Resistenz und hohe thermische Widerstandsfähigkeit eines Reaktions- oder Vorratsgefäßes gefordert sind. Gerade in der chemischen Analytik werden vorwiegend Laborgläser aus Borosilikatglas 3.3 eingesetzt, da die Anwender auf die hohe Transparenz des Werkstoffes angewiesen sind, um z.B. Farbumschläge oder sonstige Veränderungen eines Analysengutes beobachten zu können. Aufgrund der minimalen Wärmeausdehnung des Werkstoffes werden außerdem die meisten Geräte für die Volumenbestimmung (z.B. Messkolben, Messzylinder) aus Borosilikatglas 3.3 gefertigt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Borosilikatglas 3.3 aufgrund seiner hohen Inertheit, seiner mechanischen und thermischen Widerstandsfähigkeit zum Universalwerkstoff für viele Anwendungen im Labor geworden ist. Diese Eigenschaften kommen den Gefäßen auch beim Aufbereitungsprozess zu Gute. Laborgläser aus Borosilikatglas 3.3 lassen sich bei richtiger Anwendung beliebig oft aufbereiten und leisten damit einen



Erlenmeyerkolben aus Borosilikatglas 3.3



Standflasche aus Kalk-Natron-Glas



Quarztiegel

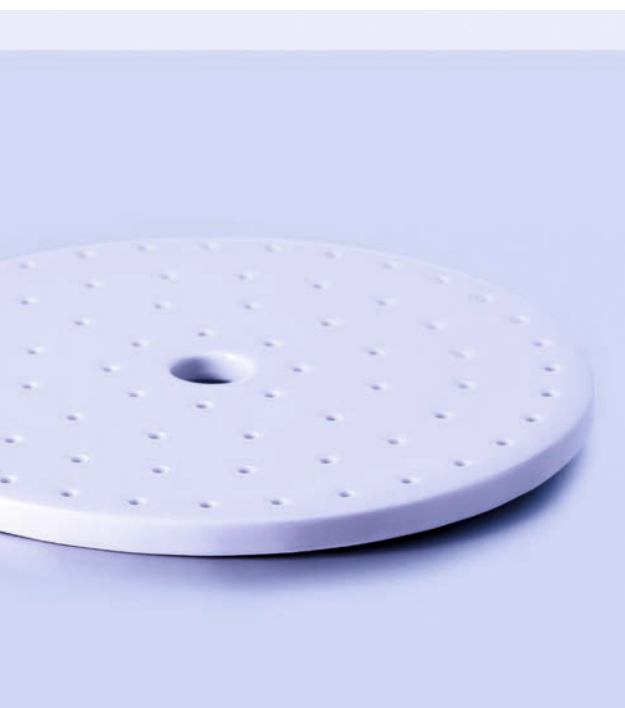
wichtigen Beitrag zum wirtschaftlichen und nachhaltigen Laborbetrieb. Neben Borosilikatglas 3.3 gibt es zahlreiche andere Glassorten für den Einsatz im Labor, die unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Kalk-Natron-Gläser werden im Labor zum Beispiel zur Aufbewahrung von Pulvern und Feststoffen benutzt. Des Weiteren wird Kalk-Natron-Glas als Material für Pipetten verwendet. Wegen der – im Vergleich zu Borosilikatglas 3.3 – hohen Wärmeausdehnung von Kalk-Natron-Glas ist die Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel, auch während des maschinellen Aufbereitungsprozesses, jedoch gering. Deshalb ist vom Gebrauch von Kalk-Natron-Glas bei Arbeiten unter Temperaturzufuhr oder beim Einfüllen heißer Flüssigkeiten generell abzuraten. Kalk-Natron-Glasgefäße stellen mitunter für kurzfristige Aufbewahrungsaufgaben eine wirtschaftliche Alternative zum Borosilikatglas 3.3 dar.

Gelegentlich kommt in Laboratorien das Quarzglas zum Einsatz. Es zeichnet sich durch eine hervorragend geringe Wärmeausdehnung, die hohe Temperaturbelastbarkeit (bis 1000 °C) und eine extrem hohe UV-Durchlässigkeit aus. Bei Artikeln aus Quarzglas handelt es sich häufig um Küvetten, kleine Becher, Erlenmeyerkolben, Tiegel oder individuelle Sonderanfertigungen. Aufgrund des hohen Anschaffungspreises kommen aus Quarzglas hergestellte Laborglasartikel eher selten zum Einsatz.

Neben Laborglas hat sich Laborkunststoff als Werkstoff für Gefäße und Zubehör durchgesetzt. Dies vor allen Dingen, weil es den Universalwerkstoff, der allen Anforderungen der Laborarbeit gerecht wird, nicht gibt. Die Entscheidung für den Einsatz von Glas oder Kunststoff richtet sich nach dem Anwendungszweck und der Produktgestaltung unter Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften dieser Werkstoffe und wirtschaftlicher Aspekte. Bei den Laborkunststoffprodukten unterscheidet man zwischen den Einwegartikeln (Disposables) und den Mehrwegartikeln (Reusables). Auf Einwegartikel wird im Folgenden nicht näher eingegangen, da diese für den Einsatz im Labor nicht aufbereitet werden.



Messzylinder aus Kunststoff



Exsikkator-Einsatz aus Porzellan

Laborkunststoffe können sehr unterschiedliche Eigenschaften haben. Die Variationsbreite des Materials ist dabei wesentlich größer als etwa bei den verschiedenen Glassorten. Wegen der deutlich geringeren Bruchgefahr und des erheblich niedrigeren Gewichtes werden Kunststoffe vor allem als Transportbehälter dem Glas vorgezogen.

Viele Kunststoffe sind im Gegensatz zu Metallen aufgrund ihrer organischen Natur beständig gegenüber anorganischen Medien. Dies schließt Mineralsäuren, Laugen sowie wässrige Salzlösungen ein. Im Gegensatz zu Metallen reagieren sie allerdings oft empfindlich auf organische Lösungsmittel. Anders als bei Glas, das nahezu universell einsetzbar ist, ist beim Einsatz von Laborkunststoffen stets auf die individuellen Eigenschaften der einzelnen Kunststofftypen zu achten.

Neben den bereits aufgeführten Werkstoffen kommt Laborporzellan nach DIN EN 60672-3, Typ C110 zum Einsatz. Gefäße und Zubehör aus Hartporzellan zeichnen sich durch eine hervorragende Formbeständigkeit (bis 1000 °C), Korrosionsbeständigkeit, mechanische Festigkeit und Härte aus. Aus Laborporzellan gefertigte Produkte werden häufig als Hilfsmittel bei analytischen und präparativen Arbeiten eingesetzt.

1.2 Konstruktionsauslegung

Um den Bedürfnissen der Anwender bestmöglich zu entsprechen, ist die Produktpalette an Laborgläsern sehr umfangreich. So unterscheiden sich diese nicht nur in Form und Funktion, sondern auch in ihrem Volumen. Laborgläser werden in den Volumenbereichen 5 ml bis 50.000 ml angeboten. Laborglasartikel, die aufgrund ihrer Abmessung und Geometrie nicht maschinell aufbereitet werden können, müssen manuell gereinigt werden.

Generell unterscheidet man:

- **Reaktionsgefäße**, wie z.B. Bechergläser, Erlenmeyerkolben, Rundkolben und Reagenzgläser

- **Behälter zur Aufbewahrung, Lagerung und Transport**, wie z.B. Laborflaschen, Steilbrustflaschen, Kulturröhrchen, die sich durch einen Verschluss (Glasstopfen oder Gewindekappe) auszeichnen
- **Volumenmessgeräte**, wie z.B. Messkolben, Messzylinder, Messpipetten und Büretten, die mit genauen Skalen / Graduierungen versehen sind
- **Glasfiltergeräte**, wie z.B. Filternutschen
- **Schliffbauteile**, wie z.B. Kühler und Mehrhalskolben, die zum Aufbau von Apparaturen eingesetzt werden

Allein durch die stark unterschiedlichen Volumina der Laborgläser und Laborutensilien, die im Labor zum Einsatz kommen, ist eine universelle Reinigungsanleitung nicht möglich.

Folgende Hinweise dienen der Orientierung:

Schon bei der Auswahl des Laborglases muss auf die angemessene Volumengröße geachtet werden. Für kleine Probenmengen werden Laborgläser mit entsprechend kleinem Volumen benutzt. Der Einsatz von Laborgläsern mit aufwendigen Geometrien, z.B. Hinterschneidungen, Toträumen etc., ist zu vermeiden, da diese bei der Reinigung mehr Aufwand verursachen. Bei der maschinellen Aufbereitung sollten Beladungsträger (Wagen, Körbe und Einsätze) genutzt werden, die von Herstellern von Reinigungs- und Desinfektionsautomaten auf unterschiedliche Produkte angepasst angeboten werden.

1.3 Anwendungsspezifische Auswahlhilfen / Fazit

Die Auswahl des für die Anwendung idealen Werkstoffes und damit die Auswahl der richtigen Aufbereitungsmethode sollte kritisch getroffen werden. Laborglas aus Borosilikatglas 3.3 kann universell und mit wenigen Ausnahmen uneingeschränkt eingesetzt werden. Die meisten Laborgläser sind international genormt und millionenfach bewährt und lassen sich, im Vergleich zu anderen Werkstoffen, relativ einfach aufbereiten. Hersteller von Reinigungs- und Desinfektionsautomaten bieten eine breite Palette an Beladungsträgern an, um optimale Aufbereitungsergebnisse von Laborgläsern unterschiedlicher Geometrie zu erreichen.^[1]

2 Prozesschemikalien

Prozesschemikalien sind chemische Formulierungen, die für die manuelle und maschinelle Aufbereitung von Laborgläsern und Laborutensilien eingesetzt werden.

In dieser Broschüre werden die Prozesschemikalien im Allgemeinen als „Prozesschemikalie“ und im Speziellen als z.B. „Reinigungsmittel“ bezeichnet.

2.1 Arten von Prozesschemikalien

Reinigungsmittel:

Reinigungsmittel bewirken eine Auf- und Ablösung der Anschmutzung von der Oberfläche der Laborgläser und der Laborutensilien. Eine weitere Funktion der Reinigungsmittel ist, die erneute Abscheidung der auf- und abgelösten Anschmutzungen auf den Laborgläsern, Laborutensilien und im Reinigungs- und Desinfektionsautomaten zu verhindern.

Allgemein kann man die Reinigungsmittel unterscheiden in:

- Hochalkalische Reinigungsmittel
- Mildalkalische und alkalische Reinigungsmittel
- Mildalkalische und alkalische Reinigungsmittel mit Tensiden
- Mildalkalische und alkalische Reinigungsmittel mit Oxidationsmitteln
- Neutrale Reinigungsmittel mit Tensiden
- Saure Reinigungsmittel
- Saure Reinigungsmittel mit Tensiden

Neutralisationsmittel:

Neutralisationsmittel sind sauer eingestellt auf der Basis anorganischer oder organischer Säuren und dienen der Neutralisation von alkalischen Reinigungsmittelresten auf der Oberfläche der Laborgläser und der Laborutensilien und im Umwälzkreislauf des Reinigungs- und Desinfektionsautomaten.

Zusatzkomponenten:

Zusatzkomponenten werden in der Regel zusammen mit dem Reinigungsmittel dosiert, um die Wirkung des Reinigungsmittels zu verstärken (z.B. Benetzung der Oberfläche der Laborgläser und der Laborutensilien oder Oxidation der Anschmutzung), die Anschmutzung im Wasser besser aufzunehmen (z.B. emulgieren, dispergieren) oder negative Eigenschaften der Anschmutzung zu kompensieren (z.B. Schaumdämpfung).

Allgemeine Einteilung der Zusatzkomponenten:

- Tenside / Emulgatoren
- Oxidationsmittel
- Entschäumer

2.2 Eigenschaften und Bewertung der Inhaltsstoffe

Inhaltsstoff	Eigenschaften
Aktivchlor / Aktivsauerstoff	Stark oxidierende und desinfizierende Wirkung
Ätzalkalien, z.B. Natriumhydroxid / Kaliumhydroxid	Aufquellung und Zersetzung von Verschmutzungen
Alkalisilikate	Reinigungsunterstützung durch alkalische Wirkung und Verbesserung des Schmutztragevermögens sowie Korrosionsinhibierung (Aluminium)
Komplexbildner (z.B. MGDA, GLDA)	Komplexierung der Wasserhärte (Ca / Mg) und anderen Metallionen (Fe, Zn etc.) sowie reinigungsunterstützende Wirkung
Phosphate	Abbindung von Wasserhärte (Ca / Mg) und Dispergierung von Schmutzbestandteilen
Polycarboxylate, Phosphonate	Abbindung von Wasserhärte (Ca / Mg) und Dispergierung von Schmutzbestandteilen, dienen als Phosphatersatzstoffe
Nichtionische Tenside	Benetzende Eigenschaft, Schaumdämpfung und Emulgierung von Schmutzbestandteilen

2.3 Rückstandsfreie Reinigung

Das Ziel jeder Aufbereitung sind „reine“ bzw. „analysenreine“ Laborgläser und Laborutensilien. Jedes Labor hat die Aufgabe, den erforderlichen Reinheitsgrad für die weitere Nutzung in Abhängigkeit der Anwendung zu definieren. In Abhängigkeit von der Anwendung kann es erforderlich werden, dass Prozesschemikalien mit bestimmten Inhaltsstoffen nicht für die Aufbereitung von Laborgläsern und Laborutensilien eingesetzt werden sollten, da sie z.B. die analytischen Methoden negativ beeinflussen. Ein Beispiel hierfür ist die Verwendung von phosphatfreien Prozesschemikalien für Laboratorien, die Wasseruntersuchungen durchführen.

Der Prozesschemikalienhersteller kann eine Beschreibung möglicher Analysenmethoden zur Verfügung stellen, um Rückstände der Prozesschemikalien auf Oberflächen der Laborgläser und Laborutensilien oder im letzten Spülwasser (Nachspülung) nachzuweisen.

Die Analysenmethode kann z.B. auf bestimmten Inhaltsstoffen der Prozesschemikalien basieren, die analytisch gut mit Standardmethoden nachgewiesen werden können und in größeren Mengen in den Prozesschemikalien enthalten sind (z.B. Phosphate).

2.4 Dosierung und Dosiertechnik

Generell können Prozesschemikalien sowohl in Pulverform als auch in flüssiger Form angewendet werden. Pulverförmige Prozesschemikalien werden erst innerhalb des Reinigungs- und Desinfektionsautomaten gelöst, während flüssige Prozesschemikalien schon in gelöster Form vorliegen. Pulverförmige Prozesschemikalien stellen fast ausschließlich Reinigungsmittel dar.

Aufgrund der Möglichkeit der automatischen Dosierung sind Flüssigprodukte generell zu bevorzugen. Diese Art der Dosierung ist im Hinblick auf die Dosiergenauigkeit sowie Kontrollen sehr von Vorteil.

Eine richtig aufeinander abgestimmte Dosierung der Prozesschemikalien ist die Grundvoraussetzung für ordnungsgemäß aufbereitete Laborgläser und Laborutensilien.

Pulverförmige Reiniger sollten nach Gebrauch sorgsam

verschlossen werden, da sie aufgrund hygroskopischer Inhaltsstoffe mit der Luftfeuchtigkeit verklumpen können.

Entsprechend den Bedingungen vor Ort ist eine dezentrale oder eine zentrale Dosierung möglich. Eine zentrale (externe) Dosierung bietet sich an, wenn mehrere Reinigungs- und Desinfektionsautomaten innerhalb eines Gebäudekomplexes mit ein und derselben Prozesschemikalie, z.B. über Vorlagebehälter, betrieben werden.

Werden dagegen mehrere einzelne Reinigungs- und Desinfektionsautomaten mit unterschiedlichen Prozesschemikalien, vielleicht sogar mit flüssigen und pulverförmigen Prozesschemikalien betrieben, so bietet sich eine dezentrale Dosierung an. Hier muss jede Abteilung sicherstellen, dass die Dosierung richtig vorgenommen wird und regelmäßige Kontrollen erfolgen.

Bei der Dosierung von Prozesschemikalien mit Tensiden ist auf die Temperatur bzw. den Zeitpunkt der Dosierung zu achten. Nichtionische Tenside haben einen sogenannten Trübungspunkt bei einer bestimmten Temperatur. Bei der Dosierung der Prozesschemikalie sollte die Temperatur über dem Trübungspunkt liegen, damit es nicht zu Schaumproblemen kommt. Diesbezüglich sind die Anweisungen der Prozesschemikalienhersteller in den produktrelevanten Unterlagen zu beachten.

Prozesschemikalien mit Aktivchlor oder Aktivsauerstoff können unter bestimmten Bedingungen zu einer Gasbildung neigen. Diese Bedingungen sind z.B. erhöhte Temperaturen (Raumtemperatur / Lagertemperatur / Transporttemperatur). Aus diesem Grund sind diese Prozesschemikalien mit einem Entgasungsverschluss versehen, damit es nicht zu einem Druckaufbau und einer Aufblähung des Gebindes kommen kann.

Es ist besonders darauf zu achten, dass es nicht zu Verwechslungen der Gebinde und Sauglanzen kommt, da dadurch chemische Reaktionen ausgelöst werden können, z.B.:

- Vermischen von sauren und alkalischen Prozesschemikalien: starke Erhitzung
- Vermischen von sauren und silikathaltigen Prozesschemikalien: Ausflockung von Kieselsäure
- Vermischen von phosphorsäure- und zitronensäurehaltigen

Prozesschemikalien: Kristallisation von Zitronensäure

- Vermischen von Säure und aktivsauerstoffhaltigen
Prozesschemikalien: starke Gasentwicklung
- Vermischen von Säure und aktivchlorhaltigen
Prozesschemikalien: Bildung giftiger Gase (Chlorgas)

2.5 Anwendungsspezifische Auswahlhilfen

Jede Verschmutzung ist sehr individuell zu betrachten, dennoch lassen sich folgende grundlegende Empfehlungen für die Auswahl der Prozesschemikalien geben:

Anschmutzung	Zu verwendende Prozesschemikalie		
	Vorreinigung	Reinigung	Neutralisation
Wasserlösliche Rückstände	Vorzugsweise Wasser, keine Prozesschemikalie erforderlich	Alkalisches Reinigungsmittel	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure
Markerbeschriftungen 	Keine Prozesschemikalie erforderlich	Hochalkalisches Reinigungsmittel	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure
Etikettenreste	Keine Prozesschemikalie erforderlich	Alkalisches Reinigungsmittel mit Tensiden	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure
Anorganische / organische Mischbeläge (z.B. Kalkreste und Algen)	Saures Reinigungsmittel	Alkalisches Reinigungsmittel, bei Algen alkalisches Reinigungsmittel mit Oxidationsmitteln	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure
Anorganische Rückstände	Saures Reinigungsmittel	Alkalisches Reinigungsmittel	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure

Anschmutzung	Zu verwendende Prozesschemikalie		
	Vorreinigung	Reinigung	Neutralisation
Organische Rückstände	Vorzugsweise Wasser, keine Prozesschemikalie erforderlich	Hochalkalisches Reinigungsmittel	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure
Mikrobiologische Rückstände	Vorzugsweise Wasser, keine Prozesschemikalie erforderlich	Alkalisches Reinigungsmittel mit Oxidationsmitteln	Auf Basis von Zitronensäure
Feste Nährmedien	Vorzugsweise Wasser, keine Prozesschemikalie erforderlich	Alkalisches Reinigungsmittel	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure
Flüssige Nährmedien	Bei Ca- oder Mg-haltigen Nährmedien saures Reinigungsmittel	Je nach Zusammensetzung alkalisches Reinigungsmittel oder alkalisches Reinigungsmittel mit Oxidationsmitteln	Auf Basis von Zitronensäure
Zell- und Gewebekulturrückstände, teilweise durch Sterilisation fixiert	Ggf. alkalisches Reinigungsmittel mit Oxidationsmitteln zur Vorreinigung	Alkalisches / mildalkalisches Reinigungsmittel mit Oxidationsmitteln	Auf Basis von Zitronensäure
Rohöl, mineralische Öle	Hochalkalisches Reinigungsmittel mit Tensiden unter Zusatz einer emulgierenden Komponente	Hochalkalisches Reinigungsmittel mit Tensiden	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure
Creme, Salben	Alkalisches Reinigungsmittel mit Tensiden unter Zusatz einer emulgierenden Komponente, bei Zinksalben saure Vorreinigung	Alkalisches Reinigungsmittel mit Tensiden	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure

Anschmutzung	Zu verwendende Prozesschemikalie		
	Vorreinigung	Reinigung	Neutralisation
Organische Rückstände, teilweise durch Sterilisation fixiert 	Ggf. alkalisches Reinigungsmittel mit Oxidationsmitteln zur Vorreinigung	Alkalisches Reinigungsmittel	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure
Paraffinwachs	Hochalkalisches Reinigungsmittel unter Zusatz einer emulgierenden Komponente	Hochalkalisches Reinigungsmittel unter Zusatz einer emulgierenden Komponente	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure
Nicht koaguliertes Eiweiß z.B. Blut	Vorzugsweise Kaltwasser, keine Prozesschemikalie erforderlich	Alkalisches Reinigungsmittel	Auf Basis von Phosphorsäure oder Zitronensäure

Es ist zu beachten, dass nicht nur die Prozesschemikalien für die erfolgreiche Reinigung maßgeblich sind, sondern auch z.B. die physikalischen Eigenschaften der Verschmutzungen:

Agar	Die Reinigungstemperatur ist so zu wählen, dass Agar wieder flüssig wird
Paraffin	Die Reinigungstemperatur ist so hoch zu wählen, dass das Paraffin aufschmilzt und während des gesamten Reinigungsprozesses flüssig bleibt, damit es sich nicht in dem Reinigungs- und Desinfektionsautomaten und auf dem Laborglas sowie den Laborutensilien ablagert
Nicht koaguliertes Eiweiß z.B. Blut	Kalte Vorreinigung, um die Fixierung der Anschmutzung auf der Oberfläche des Laborglases und der Laborutensilien zu vermeiden

Für detaillierte Ausführungen siehe auch Kapitel 6 „Maschinelle Aufbereitung“.

Werden Laborgläser und Laborutensilien für spezielle analytische Untersuchungen eingesetzt, sollte die Auswahl der Prozesschemikalien die Besonderheiten der Analysenmethoden berücksichtigen:

Analysemmethode	Prozesschemikalien, die nicht zum Einsatz kommen sollten
Analytik von Phosphor / Phosphaten z.B. in Wasserlaboratorien	Prozesschemikalien mit Phosphaten / Phosphorsäure, da sonst falsche Ergebnisse entstehen können
Spurenanalytik von organischen Substanzen und TOC	Prozesschemikalien mit Tensiden (wenn möglich), da Tenside wegen Schaumbildung eine etwas höhere Verschleppung verursachen und auf der Oberfläche von z.B. Kunststoffutensilien anhaften können
Mikrobiologische Analysen	Prozesschemikalien mit Tensiden, weil die Tenside das Wachstum von Mikroorganismen hemmen können

2.6 Lagerung

2.6.1 Rechtliche Grundlagen

Eine übergreifende gesetzliche Regelung für die Lagerung gefährlicher Stoffe gibt es nicht, vielmehr beschreiben verschiedene Vorschriften unterschiedliche Schutzziele, wie den Schutz von Boden und Gewässern, den Immissionsschutz, den Schutz von Arbeitnehmern und der Öffentlichkeit u.a.

Es sind u.a. folgende wichtige gesetzliche Regelungen zu beachten:

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffVO)
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Länderverordnungen über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VAwS)
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) – TRGS 510 Lagerung von ortsbeweglichen Behältern

2.6.2 Grundsätze für die Lagerung von Gefahrstoffen

Im Sinne der wasserrechtlichen Vorschriften müssen wassergefährdende Stoffe so gelagert werden, dass eine Verunreinigung der Gewässer oder eine sonstige Veränderung der Gewässer nicht erfolgen kann. Die Absicherung der benutzten Behälter, Vorrichtungen und Räumlichkeiten sollte unter bestimmten Gesichtspunkten erfolgen:

- Lageranlagen müssen ein unkontrolliertes Austreten verhindern. Sie müssen dicht sein und gegen die zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Einflüsse beständig sein.
- Auffangräume ohne Abläufe
- Ordnungsgemäße Verwertung und Entsorgung von austretenden wassergefährdenden Stoffen
- Vorhandensein einer Betriebsanweisung für die Lagerung, einschließlich Überwachungs-, Instandhaltungs- und Alarmplan

Der Begriff „Lagerung“ bezieht sich auf die Vorratshaltung, nicht aber auf den unmittelbaren Gebrauch.

2.6.3 Lagerung von Prozesschemikalien

Unter die Gefahrstoffe fallen ebenfalls die zu Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen verwendeten Prozesschemikalien. In Abhängigkeit von der Wassergefährdungsklasse (WGK) und der Gesamtlagermenge sind unterschiedliche Anforderungen an die Lagerung der Prozesschemikalien zu stellen. Die Wassergefährdungsklassen stehen meist im Kapitel 15 des Sicherheitsdatenblattes.

Vorratsbehälter, die an Reinigungs- und Desinfektionsautomaten bzw. an zentralen Dosieranlagen angeschlossen sind und eine größere Menge als einen Tagesbedarf beinhalten, gelten gemäß wasserrechtlicher Vorschriften ebenfalls als Lagerbehälter. Die zur Lagerung benutzten Behälter, Vorrichtungen und Räumlichkeiten müssen entsprechend abgesichert sein.

Jedem gelagerten Gefahrstoff ist, unabhängig von seinen Gefahrenmerkmalen, eine Lagerklasse (LGK) zugeordnet. Sie ist bei der Gefahrstofflagerung von Bedeutung. Gefahrstoffe einer

Lagerklasse dürfen in der Regel in einem Lagerabschnitt gelagert werden. Die Zusammenlagerung von Gefahrstoffen verschiedener Lagerklassen wird ausführlich durch eine Tabelle Separat- oder Zusammenlagerung in der TRGS 510 und zukünftig der TRGS 509 beschrieben. Eine Zusammenlagerung liegt vor, wenn sich verschiedene Stoffe in einem Lagerabschnitt, einem Container, Sicherheitsschrank oder einem Auffangraum befinden.

Lagerung von sauren und alkalisch-aktivchlorhaltigen Produkten

Insbesondere aktivchlorhaltige Produkte sollten möglichst kühl (0–25 °C) und unter weitgehendem Ausschluss von direktem Lichteinfluss in gut belüfteten Räumen gelagert werden. Eine Trennung von aktivchlorhaltigen und sauren Reinigern ist nicht vorgeschrieben, wird aber im Rahmen der Realisierungsmöglichkeiten aufgrund der Gefahr der Chlorgasbildung im Falle eines Zusammenfließens empfohlen.

Generell sollte die Lagertemperatur unter 30 °C liegen, auch bei kurzfristiger Lagerung. Eine direkte Sonnen- bzw. UV-Bestrahlung ist zu vermeiden.

3.1 Funktion des Wassers beim Aufbereitungsprozess

Das Wasser erfüllt verschiedene Funktionen im Aufbereitungsprozess, z.B.:

- Lösungsmittel für viele Anschmutzungen
- Lösungsmittel für Prozesschemikalien
- Übertragung von Mechanik, Temperatur und Prozesschemikalien auf die Oberfläche der Laborgläser und Laborutensilien
- Abspülung der aufgelösten, emulgierten und suspergierten Anschmutzungen und verwendeten Prozesschemikalien
- Medium zur Dampfsterilisation

Eine ungünstige Wasserzusammensetzung kann sich sowohl nachteilig auf das Aufbereitungsverfahren als auch auf das Aussehen und die Werkstoffe der Reinigungs- und Desinfektionsautomaten sowie die unterschiedlichen Laborgläser und Laborutensilien auswirken. Deshalb sollte schon bei der Planung von Wasserinstallationen die Bereitstellung des Prozesswassers in der erforderlichen Qualität und ausreichender Menge berücksichtigt werden.

3.2 Inhaltsstoffe von Trinkwasser

Die Art und Konzentration der Wasserinhaltsstoffe im Trinkwasser schwanken in Abhängigkeit von der Herkunft des Wassers und von der Art der Gewinnung. In jedem natürlichen Wasser sind ionische und nichtionische Stoffe gelöst und unlösliche Partikel enthalten.

Folgende Wasserinhaltsstoffe können zu Problemen führen:

- **Nichtionische Verbindungen**
 - Kolloide (z.B. Huminsäuren, Eisen)
 - Medikamentenrückstände
- **Ionische Verbindungen**
 - Härtebildner (Calcium- und Magnesiumionen)
 - Schwer- und Buntmetalle, z.B. Eisen, Mangan, Kupfer
 - Kieselsäure, Silikate
 - Chlorid

- **Partikel**
 - Rostpartikel
 - Sand
 - Pyrogene Partikel (nicht biologischen Ursprungs)
- **Mikrobiologische Inhaltsstoffe**
 - Bakterien, Pilze, Viren und Pyrogene

Kolloide (z.B. Huminsäuren und Eisen)

Huminsäuren sind hochmolekulare Verbindungen, die aus Abbauprozessen biologischen Materials entstehen. Huminsäurehaltige Wässer sind gelb gefärbt und können z.B. Ionenaustauscherharze durch „Fouling“ schädigen. Aus diesem Grund werden sie durch spezielle Verfahren, wie z.B. Aktivkohlefilter oder Membranverfahren (Umkehrosmose), entfernt.

Kolloidales Eisen kann zu erheblichen Problemen bei den Wasseraufbereitungsverfahren führen. Wird das Eisen nicht aus dem Wasser entfernt, so kann es u.a. zu Korrosion führen.

Medikamentenrückstände

Medikamentenrückstände sind schwer abbaubar und reichern sich im Wasser an. Aufgrund der Anreicherung befinden sich diese Stoffe im Wasser- und Nahrungskreislauf. Die Rückstände im Wasser können analytische Methoden (z.B. Wasser-, Umwelt-, Lebensmittel- und Pharmaanalytik) und Anwendungen mit lebenden Organismen durch die Toxizität / Wirksamkeit beeinflussen.

Härtebildner

Härtebildner führen, je nach vorliegender Wasserhärte und Temperatur, zu einer schwer löslichen Belagsbildung (Kalkbelag). Unter Umständen kann dies sogar eine Korrosion unterhalb des Belags (galvanisches Element) zur Folge haben.

Schwer- und Buntmetalle

Schwer- und Buntmetalle sowie deren Verbindungen im Wasser können bereits in geringen Konzentrationen zu bräunlich-roten oder schwarzen Belägen führen. In ungünstigen Fällen können Austauschharze sogar inaktiviert werden, z.B. durch Kupferionen, sodass sie ersetzt werden müssen.

Kieselsäure und Silikate

Kieselsäure und Silikate können bereits in geringen Konzentrationen glasurähnliche gelbbraune und bei höheren Konzentrationen blauviolette Verfärbungen verursachen. Silikate und die damit im Gleichgewicht stehende Kieselsäure werden schlecht durch Anionenaustauscherharz gebunden, sodass nach kurzer Zeit die erstmals gebundenen Silikate durch die Anbindung anderer Anionen wieder freigesetzt werden und weitere Silikate sowie Kieselsäure nicht gebunden werden („Silikat-schlupf“ bzw. „Kieselsäureschlupf“). Zudem wird Kieselsäure nicht gut mit Hilfe von Leitfähigkeitsmessgeräten erfasst, da sie weitgehend undissoziiert in Wasser vorliegt. Wird das Austauscherharz nicht rechtzeitig regeneriert, so werden Kieselsäure und Silikate nicht mehr zurückgehalten und gelangen in das Prozesswasser, z.B. in die Nachspülung. Dies führt auf Edelstahl zu farbigen Belägen in den Reinigungs- und Desinfektionsautomaten und auf den Laborutensilien.

Chlorid

Insbesondere gelöstes Chlorid im Wasser ist kritisch, da es in höheren Konzentrationen (100 mg/l im neutralen und alkalischen bzw. 50 mg/l im sauren Bereich) beispielsweise Lochfraß (chloridinduzierte Lochkorrosion) auch bei nichtrostenden Stählen verursachen kann. Faktoren, die eine chloridinduzierte Lochkorrosion fördern, sind höhere Temperaturen, niedrige pH-Werte und eine Aufkonzentrierung durch Antrocknung.

Abdampfrückstand

Beim Verdampfen von Wasser können Wasserinhaltsstoffe als sichtbare, mineralische Beläge zurückbleiben. Diese können zu Fleckenbildung und /oder Korrosion führen. Aufgrund der Inhaltsstoffe des Wassers kann das natürliche Trinkwasser nicht für alle Prozessschritte empfohlen werden. Je nach Anwendung sollte das Trinkwasser enthärtet oder entsalzt werden.

Rostpartikel

Zusätzlich zu den natürlichen Wasserinhaltsstoffen befindet sich manchmal Rost im Trinkwasser. Dieser stammt fast immer aus korrodierten Leitungssystemen. Bei der maschinellen Aufbereitung lagert sich dieser Rost auf der Edelstahloberfläche der Reinigungs- und Desinfektionsautomaten und unter Umständen auf Laborutensilien ab und erzeugt dort Rostflecken (Fremdrost) und Folgekorrosion.

Sand

Sand und allgemein abrasive Rückstände können alle beweglichen Teile im Reinigungssystem, z.B. Rollen, Sprüharne, Ankupplungen etc., blockieren und beschädigen.

Pyrogene Partikel (nicht biologischen Ursprungs)

Mikroskopisch kleine Partikel von Metallen und Kunststoffen, wie z.B. Gummiabrieb, können als Pyrogene wirken.^[2]

Bakterien, Pilze, Viren und Pyrogene

Bakterien, Pilze und Viren sowie deren Abbauprodukte (Endotoxine, RNA- und DNA-Fragmente usw.) im Wasser können das Wachstum von Zellkulturen beeinflussen, pyrogene Eigenschaften aufweisen oder falsch positive Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen, z.B. Wasseranalytik, verursachen.^[2]

3.3 Allgemeine Verfahren zur Wasseraufbereitung

Abhängig von der Nutzung des Wassers werden folgende Verfahren genutzt:

Enthärtung

Bei der Enthärtung werden die im Wasser enthaltenen Calcium- und Magnesiumkationen (Härtebildner) durch Natriumionen ausgetauscht. Dadurch verändert sich die Leitfähigkeit des Wassers nicht signifikant und der Abdampfdruckstand verringert sich nicht. Bei enthärtetem Wasser kann der pH-Wert durch gebildetes Natriumcarbonat in Abhängigkeit von Temperatur, Zeit und Carbonathärte im Ausgangswasser erheblich ansteigen.

Vollentsalzung

Bei der Vollentsalzung werden alle mineralischen Inhaltsstoffe aus dem Trinkwasser weitestgehend entfernt. Folgende Verfahren werden für die Vollentsalzung genutzt:

- Kationen- und Anionenaustauscher
- Elektrodeionisation
- Umkehrosmose (Reversosmose)
- Destillation

Vollentsalzung: Kationen- und Anionenaustauscher

Bei Kationen- und Anionenaustauschern basiert das Verfahren auf einer Ionenaustauschreaktion. Die Kationenaustauscherharze sind im regenerierten Zustand mit H^+ beladen, binden Kationen und geben dabei H^+ ab. Die Anionenaustauscherharze sind im regenerierten Zustand mit OH^- beladen, binden Anionen und geben dabei OH^- ab. Das erhaltene Wasser hat eine relativ niedrige Leitfähigkeit ($< 10 \mu S/cm$). Die nichtionischen Verbindungen, Partikel, Mikroorganismen, Kieselsäure, Pyrogene usw. werden nicht zurückgehalten. Die Qualität des Wassers kann in Hinblick auf Partikel, Mikroorganismen und Pyrogene nach der Vollentsalzung schlechter sein als vorher.

Vollentsalzung: Elektrodeionisation

Bei der Elektrodeionisation handelt es sich um einen elektrochemischen Prozess, der Elektrodialyse und Ionenaustausch in sich vereinigt. Wirkprinzip ist die Wanderung von Ionen im elektrischen Feld (Migration) mit einem Mehrkammersystem mit Kationen- und Anionen-Membranen. Eine wichtige Besonderheit des Verfahrens besteht darin, dass das System kontinuierlich durch die Aufspaltung von Wassermolekülen in H^+ und OH^- regeneriert wird. Ein weiterer Vorteil ist, dass das vollentsalzte Wasser keinen direkten Kontakt mit den eigentlichen Austauscherflächen (Austauscherharz) hat und eine Kontamination mit Partikeln, Mikroorganismen und Pyrogenen weitestgehend ausgeschlossen wird. Da die Aufbereitungsanlage relativ teuer ist, zum Teil eine begrenzte Leistung hat und empfindlich ist, wird das Verfahren meistens nach einer Reversosmose eingesetzt.

Vollentsalzung: Reversosmose

Das Verfahren der Reversosmose beruht auf einer Membrantechnologie (semipermeable Membran), bei der der natürliche physikalische Prozess der Osmose mit Hilfe einer Druckerhöhungspumpe umgekehrt wird. Aus dem Speisewasser, z.B. Trinkwasser, werden das Retentat (Konzentrat) und das Permeat erzeugt. Im Retentat sind fast alle Inhaltsstoffe des Speisewassers enthalten. Das Permeat ist nahezu frei von nichtionischen Verbindungen, Partikeln, Mikroorganismen, Kieselsäure und enthält nur einen sehr geringen Anteil an ionischen Rückständen. Die Leitfähigkeit nach der Reversosmose ist abhängig von der Anlage sowie von der Eingangsleitfähigkeit und der Temperatur des Speisewassers. Reversosmoseanlagen erzielen durchschnittlich einen Rückhaltegrad der Salze von 90 – 99% bzw. eine Restleitfähigkeit von 10 bis ca. $100 \mu S/cm$. Um die

Restleitfähigkeit weiter zu reduzieren, werden oft Kationen- / Anionenaustauscherharze mit Filter oder alternativ eine Elektrodeionisation nachgeschaltet.

Vollentsalzung: Destillation

Bei der Destillation wird das Wasser verdampft und anschließend wieder kondensiert. Das Destillat ist nahezu frei von nichtionischen Verbindungen, Partikeln, Mikroorganismen, Kieselsäure, ionischen Verbindungen, enthält nur einen sehr geringen Anteil an leichtflüchtigen organischen Verbindungen und hat eine relativ niedrige Leitfähigkeit. Um die Reinheit des Wassers zu erhöhen, können eine oder zwei weitere Destillationen folgen (Bidestillation und Tridestillation). Diese Aufbereitungsmethode ist relativ energieaufwendig.

3.4 Anwendungsspezifische Auswahlhilfen

Der Arbeitsschritt der Aufbereitung sowie das Einsatzgebiet der Laborgläser und Laborutensilien sind entscheidend für die Auswahl der verwendeten Wasserqualität und die erforderliche Wasseraufbereitungsanlage. Die Arbeitsschritte der Aufbereitung werden wie folgt aufgeteilt:

- Manuelle Vorbereitung
- Maschinelle Aufbereitung: Vorspülung, Reinigung und Neutralisation
- Maschinelle Aufbereitung: Spülung, Nachspülung
- Maschinelle Aufbereitung: Desinfektion
- Sterilisation

3.4.1 Manuelle Vorbereitung

Nach der Nutzung der Laborgläser und Laborutensilien werden diese entleert, kurz aus- und abgespült und bei Bedarf in eine wässrige Lösung mit entsprechenden Prozesschemikalien eingetaucht. In der Regel kann Trinkwasser genutzt werden, um die Laborgläser und Laborutensilien aus- und abzuspülen. Für spezielle Anwendungen im Bereich der anorganischen Analytik kann es erforderlich sein, dass vollentsalztes Wasser hierfür verwendet wird. Dadurch wird vermieden, dass anorganische Rückstände des Trinkwassers auf der Oberfläche der Laborgläser und Laborutensilien antrocknen. Werden die

Laborgläser und Laborutensilien in eine wässrige Lösung mit Prozesschemikalien eingetaucht, sind die Angaben des Herstellers der Prozesschemikalien bzgl. Wasser zu beachten.

3.4.2 Maschinelle Aufbereitung: Vorspülung, Reinigung und Neutralisation

In der Regel erfolgen bei der maschinellen Aufbereitung die Vorspülung, Reinigung und Neutralisation mit enthärtetem Wasser. Basierend auf Erfahrungen bei der maschinellen Aufbereitung von Laborgläsern und Laborutensilien werden folgende Richtwerte empfohlen:

- Gesamthärte: < 4°dH
- Chloridgehalt: < 100 mg/l

Für spezielle Anwendungen im Bereich der anorganischen Analytik kann es erforderlich sein, dass die Vorspülung, Reinigung und Neutralisation mit vollentsalztem Wasser erfolgen.

3.4.3 Maschinelle Aufbereitung: Spülung und Nachspülung

Für die Spülung und Nachspülung während der maschinellen Aufbereitung muss der Anwender festlegen, welche Wasserinhaltsstoffe für die Nutzung der Laborgläser und Laborutensilien kritisch sind und aufgrund des Anforderungsprofils die erforderliche Wasserqualität oder Wasseraufbereitungsanlage auswählen.

In der folgenden Tabelle sind Vorschläge für die Auswahl von geeigneten Wasseraufbereitungsverfahren aufgeführt:

Ausgangskriterien	Kationen- / Anionenaustauscher	Kationen- / Anionenaustauscher mit Filter*	Reversosmose	Reversosmose mit nachträglicher Elektrodeionisation
Visuell fleckenfrei	+	+	•	+
Probeflaschen für Trinkwasser und Abwasser	+	+	+	+

Ausgangskriterien	Kationen- / Anionenaustauscher	Kationen- / Anionenaustauscher mit Filter*	Reversosmose	Reversosmose mit nachträglicher Elektrodeionisation
Anorganische Analytik	+	+	–	+
Organische Analytik	●	●	●	+
Zell- und Gewebekulturen	–	●	●	+
Biologie, Mikrobiologie und Biotechnologie	–	●	+	+
Pathologie	+	+	●	+
Petroindustrie	+	+	●	+
Pharmaindustrie:				
F&E	●	+	●	+
Analytik	–	●	–	+
Produktion	–	–	–	+
Kosmetikindustrie:				
F&E	●	+	●	+
Analytik	–	●	–	+
Produktion	–	–	–	+
Lebensmittelindustrie:				
F&E	●	+	●	+
Analytik	–	●	–	+
Produktion	–	–	–	+

*Filter: Partikelfilter bzw. Sterilfilter und bei Bedarf Aktivkohlefilter

⊕ : geeignet (in Abhängigkeit der Anforderungen)

● : bedingt geeignet (in Abhängigkeit der Anforderungen)

– : nicht geeignet

3.4.4 Maschinelle Aufbereitung: Desinfektion

Welche Wasserqualität und somit welches Wasseraufbereitungsverfahren für die Desinfektion erforderlich ist, ist davon abhängig, ob die Desinfektion am Anfang oder am Ende des Aufbereitungsverfahrens erfolgt. Findet die Desinfektion am Anfang des Aufbereitungsverfahrens statt, so sollten Wasserqualitäten wie für die Vorspülung, Reinigung und Neutralisation verwendet werden (siehe Abschnitt 3.4.2). Erfolgt die Desinfektion am Ende des Aufbereitungsverfahrens, so sollten gleiche Wasserqualitäten wie für die Spülung und Nachspülung verwendet werden (siehe Abschnitt 3.4.3).

3.4.5 Sterilisation

Muss aus Gründen der Sicherheit eine erste Sterilisation der unreinigten Laborgläser und Laborutensilien direkt nach der Nutzung und vor der weiteren Aufbereitung erfolgen, weil die Güter z.B. mit hochpathogenen Keimen oder gentechnisch verändertem Material belastet sind, dann müssen der Sterilisator an sich, seine Verfahren und dementsprechend auch die Medien, den Anforderungen an das Verfahren entsprechen.

Das zur Dampferzeugung verwendete Speisewasser sollte nach DIN EN 285^[3], Anhang B beschaffen sein.

Erfolgt die Sterilisation im Zuge der Aufbereitung und vor der nächsten Nutzung, muss der Dampf so beschaffen sein, dass die Verwendung der damit sterilisierten Laborgläser und Laborutensilien nicht durch Rückstände im Dampf beeinträchtigt wird. Auswahlkriterien sind ggf.: Keimfreiheit, Pyrogenfreiheit und Analysenreinheit. Das zur Dampferzeugung verwendete Speisewasser muss entsprechend der erwarteten Keimfreiheit, Pyrogenfreiheit und Analysenreinheit aufbereitet sein.

4 Reinigungs- und Desinfektions- automaten

4.1 Allgemeine Funktionen

Bei Reinigungs- und Desinfektionsautomaten handelt es sich um Einkammeranlagen. Dies ist ein geschlossenes System, in dem der gesamte Prozess von Reinigung, Spülung, ggf. Desinfektion und Trocknung abgewickelt wird.



Spülraum Untertisch-Reinigungs- und
Desinfektionsautomat



Spülraum Großraum-Reinigungs- und Desinfektionsautomat

Bei der Aufbereitung im Reinigungs- und Desinfektionsautomaten handelt es sich um einen wässrigen Prozess, bei dem Wasser und Prozesschemikalien benötigt werden. Für diesen Aufbereitungsprozess sind die Qualität des Wassers und der richtige Einsatz entsprechender Prozesschemikalien wichtig. Für die Reinigung wird enthärtetes Kalt- oder Warmwasser verwendet, in der Spülphase kommt vollentsalztes Wasser oder Reinstwasser zum Einsatz.

Die Aufbereitung erfolgt mittels Frischwasserumwälzverfahren, bei dem für jeden Programmblock frisches Wasser verwendet und am Ende des Blocks komplett abgepumpt wird. Beim Starten eines Programms läuft eine definierte Mindestmenge an Wasser in die Spülkammer ein. Diese Mindestmenge ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Hierzu zählen u.a. die Größe der Spülkammer, die Anzahl der Beladungsebenen, die

Förderleistung der Umwälzpumpe sowie die verwendeten Beladungsträger (Reinigung über Sprüharme oder mittels Injektordüsen). Diese einlaufende Mindestwassermenge ist notwendig, damit die Umwälzpumpe stabil arbeiten kann. Der Volumenstrom muss hierfür ausreichend hoch und vor allem konstant sein.

4.2 Ausstattung und Beladungsträger

Es gibt unterschiedliche Größen von Reinigungs- und Desinfektionsautomaten, die mit Klapp- oder Hubtüren ausgestattet sein können und je nach Bauart als Standgerät verwendet werden oder unterbaufähig sind. Kleine Reinigungs- und Desinfektionsautomaten verfügen in der Regel über eine Klapptür, wohingegen die großen wahlweise mit ein oder zwei Türen, häufig Hubtüren, ausgestattet sind. Zweitürige Reinigungs- und Desinfektionsautomaten findet man überwiegend bei einer Unterteilung des Aufbereitungsraumes in eine unreine Seite, auf der die Beladungsträger mit dem kontaminierten Laborglas und den Laborutensilien bestückt werden, und eine reine Seite, auf der Laborglas und Laborutensilien nach dem Programmablauf analysenrein entnommen werden. Je nach Größe des Reinigungs- und Desinfektionsautomaten ist auch die Kammergröße unterschiedlich, die die Anzahl der Beladungsebenen und somit die Menge des aufzubereitenden Laborglases bedingt.



Untertisch-Laborspüler mit
EasyLoad-Beladungssystem



Großraum-Laborspüler

Die zentralen Elemente eines Reinigungs- und Desinfektionsautomaten sind der Wassenumlauf und die zugehörigen Komponenten wie Umwälzpumpe, Sprüharme und Enthärter, das Dosiersystem und die Trocknungseinheit. Einige Reinigungs- und Desinfektionsautomaten verfügen beispielsweise auch über die Möglichkeit der Leitfähigkeitsmessung, Sprüharmüberwachung sowie Spüldruckmessung.

Je nach Modell stehen Anschlüsse für Kalt-, Warm- und vollentsalztes oder Reinstwasser zur Verfügung. Sofern mit Kalt- und Warmwasser gearbeitet wird, sollte dieses enthärtet werden. Bei kleineren Reinigungs- und Desinfektionsautomaten ist ein Enthärter meistens integriert, wohingegen für die größeren separate Enthärtungseinrichtungen notwendig sind. Bei Reinigungs- und Desinfektionsautomaten mit integriertem Enthärter ist eine Vorrichtung für das notwendige Regeneriersalz verbaut.

Ebenfalls abhängig von der Größe des Reinigungs- und Desinfektionsautomaten sind die Anzahl und die Leistung der Umwälzpumpen, die die Geräte- sowie Korbssprüharme mit Wasser versorgen.

Für die Reinigung können pulverförmige oder flüssige Prozesschemikalien verwendet werden. In der Regel wird der Pulverreiniger in ein Türdosierfach eingefüllt, während flüssige Prozesschemikalien mittels Dosierpumpen gefördert werden. Bei kleinen Reinigungs- und Desinfektionsautomaten werden häufig sogenannte Schlauchpumpen für die Dosierung kleinerer Mengen verwendet, wohingegen in den großen Automaten häufig Balg- oder Membranpumpen eingesetzt werden. Der Vorteil bei der Verwendung von flüssigen Prozesschemikalien liegt vornehmlich darin, dass die notwendige Menge je nach gewähltem Programm automatisch dosiert wird. So wird eine manuelle Über- oder Unterdosierung vermieden. Die Reinigungs- und Desinfektionsautomaten sollten in diesem Fall über eine Dosierüberwachung verfügen, bei der kontrolliert werden kann, ob dosiert wird (Flusskontrolle) oder wie viel dosiert wird (Mengenkontrolle). Zusätzlich gibt es Leerstandskontrollen, die den Behälterfüllstand des Kanisters messen, sodass bei zu geringer verfügbarer Menge an Prozesschemikalien ein Signal bzw. eine Warnmeldung ausgegeben wird.

Eine weitere wichtige Komponente ist das Filtersystem. Dieses sollte aus mehreren Elementen bestehen, die sowohl grobe als auch feinere Partikel aus der Spülflotte filtern und so verhindern, dass diese wieder in den Spülkreislauf gelangen.

Einige Reinigungs- und Desinfektionsautomaten verfügen über eine Trocknungseinheit, die dafür sorgt, dass die Umgebungsluft angesaugt, erhitzt und für die Trocknung des Laborglases und der Laborutensilien in die Spülkammer geblasen wird. Dafür ist eine Filterung der angesaugten Raumluft notwendig, die mittels Vorfilter und Schwebstofffilter erfolgt.

Die Programmabläufe werden während des Aufbereitungsprozesses von der Steuerung geregelt und überwacht. Weiterhin besteht über die Schnittstellen am Reinigungs- und Desinfektionsautomaten die Möglichkeit, Prozessdaten über eine Software oder einen Drucker zu dokumentieren. Je nach Modell werden Protokolle mit den wichtigsten Parametern, wie z.B. Temperatur oder Zeit der Abläufe, ausgegeben. Diese können archiviert werden und ermöglichen so die exakte Nachvollziehbar- und Reproduzierbarkeit der Prozesse.

Für die richtige Aufbereitung im Reinigungs- und Desinfektionsautomaten ist eine nähere Betrachtung der entsprechenden Beladungsträger notwendig. Es gibt Beladungsträger, die lediglich eine Art von Laborglas bzw. Laborutensilien aufnehmen können oder fixierte Vorrichtungen für das Laborglas haben und solche, die eine Mischbeladung ermöglichen, wie z.B. eine Kombination aus Weithalsgläsern und Deckeln. An einigen Beladungsträgern sind zusätzliche Sprüharme angebracht. Diese Sprüharme sowie die Gerätesprüharme sorgen für eine vollständige Außenreinigung und eine gewisse Innenreinigung, bei der Weithalsgläser vollständig gereinigt werden. Für Enghalsgläser ist die Reinigung mittels Sprüharm nicht ausreichend, weshalb hier besondere Beladungsträger benötigt werden, die mittels Injektordüsen die Innenflächen des Laborglases und der Laborutensilien reinigen.

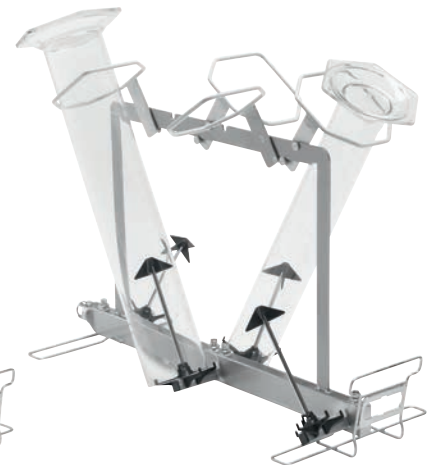
4.3 Anwendungsspezifische Auswahlhilfen und Hinweise



EasyLoad Modul



Modul für Pipetten



Modul für Zylinder

Dieser Abschnitt soll einige grundlegende Hinweise zur Auswahl des richtigen Aufbereitungssystems geben. Da der Laborsektor sehr breit gefächert ist, lassen sich einige Hinweise unter Umständen nicht für jedes Labor eins zu eins umsetzen, allerdings wird ein Grundverständnis für die wichtigsten Aspekte der Aufbereitung im Labor vermittelt.

Um die richtige Auswahl eines Reinigungs- und Desinfektionsautomaten zu treffen, ist zunächst die Definition wichtiger Parameter für das jeweilige Labor erforderlich. Hierbei kann man bauliche Gegebenheiten sowie prozessrelevante Parameter aufgreifen.

Zunächst muss ein Labor die gewünschte Analysenreinheit, also den Grad der Reinheit bzw. die erlaubte Restkontamination auf dem Laborglas und den Laborutensilien, festlegen. Danach richtet sich, welche Ausstattungsmerkmale der Reinigungs- und Desinfektionsautomat besitzen muss.

Je nach Menge und Größe des anfallenden Laborglases und der



Verschiedene Arten von Laborglas



Optimale Außen- und Innenreinigung von Laborglas

Laborutensilien entscheidet sich dann, wie viele Reinigungs- und Desinfektionsautomaten benötigt werden und wie groß diese sein müssen. Hierbei ist zeitgleich der verfügbare Platz im Labor zu berücksichtigen und es ist zu prüfen, ob die vorhandenen Anwendungen eine Trennung von Be- und Entladestelle und somit eine Aufteilung des Labors in eine unreine und eine reine Seite erfordern.

Die Auswahl der Beladungsträger hängt von der Art und der Größe des Laborglases und der Laborutensilien ab. Bei Weithalsglas (z.B. Bechern) ist die Reinigung mittels Sprüharm ausreichend. Bei Enghalsglas (z.B. Rundkolben, Messkolben, Pipetten) ist ein Beladungsträger mit Injektordüsen für die ausreichende Innenreinigung notwendig. Je höher das Laborglas ist, desto länger sollte die Düse sein und je größer der Durchmesser des Laborglases, desto dicker sollte die Düse sein. So wird gewährleistet, dass die optimale Wassermenge auf die Innenfläche des Laborglases trifft. Zudem sollte bei größerem Laborglas das Gewicht beachtet bzw. eine entsprechende Aufnahme oder Injektordüse ausgewählt werden. Weitere Details sowie die Auswahl der passenden Programme für die Aufbereitung sind im Kapitel 6 „Maschinelle Aufbereitung“ enthalten.

5 Vorbereitung vor der maschinellen Aufbereitung

Abhängig vom Ausgangszustand z.B. Alter, Kontamination usw. der Laborgläser und Laborutensilien ist eine Vorbehandlung erforderlich.

Folgende Zustände werden unterschieden:

- Neue Laborgläser und Laborutensilien
- Kontamination: Biologische Arbeitsstoffe
- Kontamination: Sonstige

5.1 Neue Laborgläser

Es wird empfohlen, fabrikneue Laborgläser und Laborutensilien vor der ersten Benutzung entsprechend der Anwendung mit einem Standardverfahren aufzubereiten, um mögliche Rückstände bedingt durch z.B. Verpackung und Transport auszuschließen.

Für die Bereiche Biologie, Biotechnologie und Pharmazie wird empfohlen, die Laborgläser einer künstlichen Alterung zu unterziehen, damit die Glasoberfläche unempfindlicher gegenüber wässrigen Medien wird. Um diesen Zustand zu erreichen, werden die neuen Laborgläser mit Reinstwasser gefüllt und in einem Autoklaven ausgekocht (Flüssigkeitsprogramm: 121 °C, 20 min).

5.2 Kontamination: Biologische Arbeitsstoffe

In Bereichen, in denen mit biologischen Arbeitsstoffen gearbeitet wird, müssen die Laborgläser und Laborutensilien einschließlich Kontamination nach der Nutzung und vor der Aufbereitung bei Bedarf sterilisiert werden. Biologische Arbeitsstoffe, z.B. gemäß BioStoffverordnung (BioStoffVO) oder Richtlinie 2000 / 54 / EG, können bei Menschen Infektionen, sensibilisierende und toxische Wirkungen hervorrufen und allgemein für die Umwelt ein Risiko darstellen. Ob eine Sterilisation erforderlich ist, ist von der Risikoeinstufung der verwendeten biologischen Arbeitsstoffe abhängig.

Bei der Sterilisation der Laborgläser und Laborutensilien wird die Kontamination teilweise thermisch fixiert, sodass sie in der Regel deutlich schwieriger zu entfernen ist.

5.3 Kontamination: Sonstige

Vor der maschinellen Aufbereitung ist oft eine manuelle Vorbehandlung erforderlich. Der Umfang der Vorbehandlung ist abhängig von der Verschmutzung.

Betrachtet werden allgemein folgende Ausgangskontaminationen:

- Etiketten und Etikettenreste
- Schliff fett (wasserlöslich und -unlöslich)
- Wässrige Lösungen und wasserlösliche Rückstände
- Salzsäure und chloridhaltige Rückstände
- Nicht wasserlösliche Rückstände
- Thermisch behandelte organische Rückstände
- Lösungsmittelreste
- Pipetten
- Markerbeschriftungen

Etiketten und Etikettenreste

Im Laborbereich werden Etiketten mit unterschiedlichsten Klebertypen verwendet. Daher gibt es keine allgemeingültige Anweisung für die Entfernung von Etiketten. Werden Etiketten in den Reinigungs- und Desinfektionsautomaten eingebracht, so sammeln sich die Etiketten und Klebstoffreste in der Siebkombination im Ansaugbereich der Umwälzpumpen und können diese verstopfen. Die Klebstoffreste können sich auch im ganzen Umwälzkreislauf verteilen und somit auch die Laborgläser und Laborutensilien rekontaminieren.

Etiketten sollten vor der maschinellen Aufbereitung entfernt und der Klebstoffrest mit Lösungsmittel abgewischt werden. Alternativ können die Laborgläser und Laborutensilien in eine alkalische, tensidhaltige Lösung eingelegt werden.

Wasserlösliche Etiketten führen aufgrund ihrer organischen Matrix während der maschinellen Aufbereitung zur Schaumbildung und lassen sich durch den Einfluss von Säure schwerer entfernen.

Schliff fett (wasserlöslich und -unlöslich)

Die meisten Schliff fette sind nicht wasserlöslich und müssen mit

einem Lösungsmittel entfernt werden. Wird Schliff fett in den Reinigungs- und Desinfektionsautomaten eingebracht, so können alle Laborgläser und Laborutensilien mit Schliff fett kontaminiert werden. Gewisse Schliff fette lassen sich aber mit hochalkalischen Reinigungsmitteln entfernen. Hierzu ist der Hersteller von Prozesschemikalien zu kontaktieren.

Wässrige Lösungen und wasserlösliche Rückstände

Sind die Laborgläser und Laborutensilien mit wässrigen Lösungen und wasserlöslichen Rückständen verschmutzt, sollten sie wie folgt vorbehandelt werden:

- Entleeren
- Mit Trinkwasser oder bei anorganischer Analytik mit vollentsalztem Wasser ausspülen
- Abtropfen lassen

Salzsäure und chloridhaltige Rückstände

Salzsäure und chloridhaltige Rückstände können dazu führen, dass der Edelstahl der Beladungsträger zur Aufnahme der Laborgläser und Laborutensilien und die Spülkammer des Reinigungs- und Desinfektionsautomaten korrodieren. In diesem Fall sollten die Laborgläser und Laborutensilien wie folgt vorbehandelt werden:

- Entleeren
- Mit Trinkwasser oder bei anorganischer Analytik mit vollentsalztem Wasser ausspülen
- Auf einer korrosionsunempfindlichen Unterlage oder Aufnahme gut abtropfen lassen
- Erst trocken auf die Beladungsträger zur Aufnahme der Laborgläser und Laborutensilien stellen

Nicht wasserlösliche Rückstände

Nicht wasserlösliche Rückstände lassen sich in zwei Gruppen aufteilen:

- Wässrig entfernbar während der maschinellen Aufbereitung, z.B. Rohöl, zähflüssige Öle und Weichmacher usw.
- Wässrig nicht entfernbar während der maschinellen Aufbereitung, z.B. Steroide, Lack- und Polymerrückstände, Crackprodukte usw.

Für die erste Gruppe hat sich folgende Vorbehandlung bewährt:

- Entleeren und sehr lange abtropfen lassen
- Mit heißem Wasser von Trinkwasserqualität ausspülen
- Abtropfen lassen

Bei der zweiten Gruppe sollte man folgendermaßen differenzieren:

Einige Lacke und Polymerrückstände lassen sich mit speziellen Prozesschemikalien entfernen. Andere Rückstände, wie z.B. Steroide und Crackprodukte, sollten mit Lösungsmitteln aus den Laborutensilien entfernt oder in entsprechende saure oder alkalische wässrige Lösungen eingelegt werden.

Thermisch behandelte organische Rückstände

Durch die thermische Behandlung, z.B. langes Erhitzen oder Sterilisation, lassen sich die Rückstände wesentlich schwerer entfernen als im Ausgangszustand. Bei der maschinellen Aufbereitung sind dann oft hohe Reinigungstemperaturen und längere Einwirkzeiten erforderlich. Alternativ hierzu, falls die Rückstände während der maschinellen Aufbereitung nicht entfernbar sind, sollten die Laborgeräte und Laborutensilien mit Lösungsmittel ausgespült oder in entsprechende alkalische wässrige Lösungen eingelegt werden.

Lösungsmittelreste

Wegen Brand- und Explosionsgefahr dürfen leichtflüchtige und brennbare Lösungsmittel nur in Spuren in die Reinigungs- und Desinfektionsautomaten eingebracht werden. Andere Lösungsmittel können die Kunststoffe und Elastomere der Reinigungs- und Desinfektionsautomaten angreifen. Im Umgang mit Lösungsmitteln hat sich folgende Vorbehandlung bewährt:

- Entleeren, gut abtropfen und lange ausgasen lassen
- Mit heißem Wasser von Trinkwasserqualität ausspülen
- Abtropfen und falls erforderlich ausgasen lassen
- Laborglas und Laborutensilien nicht in der Spülkammer lagern, sondern Reinigungs- und Desinfektionsautomaten befüllen und das Reinigungsprogramm gleich starten

Pipetten

Rückstände können in der Pipette und vor allem in der Pipettenspitze aushärten oder auskristallisieren. Um ein Verstopfen der

Pipetten zu vermeiden, sollten sie wie folgt vorbehandelt werden:

- Entleeren
- Mit Wasser von Trinkwasserqualität, vollentsalztem Wasser oder Lösungsmittel ausspülen
- In vollentsalztem Wasser, in schwach saurem oder schwach alkalischem Wasser einlegen und lagern
- Erst vor der maschinellen Aufbereitung aus dem Tauchbad herausnehmen
- Entleeren
- Abtropfen lassen

Markerbeschriftungen

Testreihen in einem maschinellen Verfahren haben allgemein ergeben, dass sich in Abhängigkeit der eingesetzten Farbstoffe blaue und grüne Beschriftungen in der Regel leichter entfernen lassen als rote und schwarze.

Bei Glasoberflächen werden Markerbeschriftungen mit hochalkalischen Prozesschemikalien bei hohen Temperaturen ($\geq 80\text{ °C}$) während der maschinellen Aufbereitung oft entfernt. Zur Vorbeugung von Glaskorrosion sollten Messgeräte wie Messkolben, Messzylinder usw. bei niedrigeren Temperaturen aufbereitet werden. Lassen sich die Markerbeschriftungen bei niedrigerer Temperatur nicht entfernen, sollte das Laborglas in eine alkalische tensidhaltige Lösung eingelegt oder mit einem Lösungsmittel abgewischt werden. Bei Kunststoffoberflächen lassen sich Markerbeschriftungen in der Regel während der maschinellen Aufbereitung nicht entfernen. Spezielle Lösungen sind marktbekannt. Alternativ sollte die Oberfläche mit einem Lösungsmittel abgewischt werden.

6 Maschinelle Aufbereitung

Wesentliche Ziele der maschinellen Aufbereitung sind:

- Wiederverwendung der Laborgläser und Laborutensilien
- Standardisierung des Prozesses
- Werterhalt der Laborgläser und Laborutensilien

Das Ergebnis der Aufbereitung muss so gut sein, dass die nachfolgende Verwendung der Laborgläser und Laborutensilien durch die vorhergehende Verwendung und durch den Aufbereitungsprozess selbst nicht beeinträchtigt wird. Um das Ergebnis zu beurteilen, müssen Akzeptanzkriterien anwendungsspezifisch definiert werden, wie „sauber“ oder „analysenrein“ die Laborgläser und Laborutensilien sein müssen.

Durch die Prozessstandardisierung sind gleichbleibende Ergebnisse der Aufbereitung möglich. Erst durch die Prozessstandardisierung ist eine Prozessvalidierung sinnvoll. Für Nachfolgeprozesse, wie die Sterilisation, ist die standardisierte Aufbereitung eine wesentliche Voraussetzung.

Durch eine definierte Aufbereitung, d.h. definierte Positionierung der Laborgläser und Laborutensilien während der Aufbereitung und definierte Prozessparameter, ist ein Werterhalt der Laborgläser und Laborutensilien möglich. Nicht nur der finanzielle Wert, sondern auch die Funktionalität z.B. bei Pipetten, Messkolben, Messzylindern usw. ist ein wesentlicher Aspekt.

Neben den Ausstattungsmerkmalen des Reinigungs- und Desinfektionsautomaten sind folgende Aspekte der maschinellen Aufbereitung zu berücksichtigen:

- Positionierung der Laborgläser und Laborutensilien
- Aufbereitungsprozess

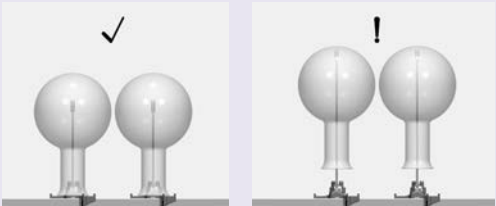
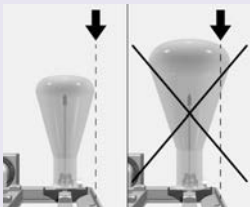
6.1 Positionierung des Laborglases und der Laborutensilien

Die Aufbereitungstechnik muss sicherstellen, dass alle Außen- und Innenflächen der Laborgläser und Laborutensilien mit Wasser beaufschlagt werden. In diesem Zusammenhang ist die Positionierung der Laborgläser und Laborutensilien in Abhängigkeit der Teilegeometrie und Anschmutzung von besonderer Bedeutung.

Bei Reinigungs- und Desinfektionsautomaten wird Wasser mittels Düsen auf die Innen- und Außenflächen der Laborgläser und Laborutensilien versprüht. Die Außenflächen werden in der Regel immer mit rotierendem Sprüharm abgespritzt. Abhängig von der Teilegeometrie und Anschmutzung werden die Innenflächen mit rotierendem Sprüharm oder Injektordüsen abgespritzt. Als Faustregel gilt:

- Rotierende Sprüharme sind für das Abspritzen der Innenflächen ausreichend, wenn die Laborgläser und Laborutensilien eine weite Öffnung haben und nicht zu hoch sind, wie z.B. Bechergläser, Petrischalen, Mörserschalen, Uhrgläser, Weithals-Erlenmeyerkolben, Weithals-Laborflaschen, niedrige Messzylinder usw.
- Injektordüsen, die in die Laborgläser und Laborutensilien hineinragen, sind für das Abspritzen der Innenflächen erforderlich, wenn die Laborgläser und Laborutensilien eine kleine Öffnung haben und / oder relativ hoch sind, wie z.B. Rundkolben, Enghals- Erlenmeyerkolben, Messkolben, hohe Messzylinder, Vials usw.
- Injektorhülsen, in die die Laborgläser und Laborutensilien eingeführt werden, sind für das Abspritzen der Innenflächen erforderlich, wenn die Laborgläser oder die Laborutensilien eine sehr kleine Öffnung haben und sehr lang und schmal sind, wie z.B. Pipetten.
- Die Aufbereitung von Reagenzgläsern erfolgt trotz ungünstiger Teilegeometrie bei schwacher Verschmutzung mittels rotierenden Sprüharms und bei starker Verschmutzung mittels Injektordüsen.
- Sehr kleine und enge Laborgläser und Laborutensilien wie Vials müssen mit Injektordüsen aufbereitet werden, da aufgrund der Kapillarkräfte ein Wasseraustausch im Laborglas und in den Laborutensilien erzwungen werden muss.

Allgemeine Regeln zur Bestückung der Beladungsträger mit den Laborgläsern und Laborutensilien:

Spülschatten vermeiden	• Beladungsträger mit den Laborgläsern und Laborutensilien nicht zu dicht beladen • Kleinteile wie Stopfen, Deckel, Spatel usw. möglichst nur 1-lagig in verschließbare Siebschalen alternativ auf Lochbleche / Maschengitter legen und mit einem Deckel oder Abdecknetz abdecken
Schöpfstellen vermeiden	• Deckel 1-lagig mit der Öffnung nach unten positionieren
Leichte Laborgläser und Laborutensilien ggf. beschweren	• Mit einem Deckel / Abdecknetz abdecken
Blockieren der Sprüharne vermeiden	• Laborgläser und Laborutensilien so auf die Beladungsträger stellen, dass sie nicht unterhalb oder zu weit oberhalb der Beladungsträger hinausragen
Umfallen der Laborgläser und Laborutensilien verhindern	• Laborgläser und Laborutensilien auf entsprechende Halterungen / Aufnahmen oder Injektordüsen ggf. mit Arretierung stellen – Segmente der Reagenzglasaufnahmen vollständig mit Reagenzgläsern ausfüllen
Die Laborgläser und Laborutensilien sollten sich, wenn möglich, nicht gegenseitig berühren	
Die Injektordüse sollte den Boden der Laborgläser und Laborutensilien nicht berühren	
Bei Enghals-Flaschen, Messkolben usw. sollte die Spitze der Injektordüsen in den „Bauch“ ragen und nicht im Halsbereich enden	• Bei zu kurzen Injektordüsen Laborglas und Laborutensilien auf längere Injektordüsen stellen
Die Laborgläser und Laborutensilien sollten nicht über den Rand der Beladungsträger ragen	
Die Spitze der Pipette soll in die Injektorhülse gestellt werden	

6.2 Sinnerscher Kreis

Der Sinnersche Kreis geht auf den Tensidchemiker Herbert Sinner (geb. 1900, gest. 1988 in Hilden) zurück. Trotz aller Änderungen und Weiterentwicklungen in der maschinellen Aufbereitung behält der Wirkungsmechanismus des Sinnerschen Kreises weiterhin seine Gültigkeit. Er stellt allgemein den Zusammenhang der wesentlichen Faktoren für einen Aufbereitungsprozess dar:

- Mechanik
- Chemie (Prozesschemikalien)
- Temperatur
- Zeit

Mechanik:

Durch den Einsatz von Mechanik werden die Bindungskräfte zwischen Schmutz und Oberfläche gelockert, wodurch die Anschmutzung leichter entfernt werden kann. Die Mechanik, z.B. Druck und Verteilung des Sprühstrahls, Scherkräfte von fließendem Wasser und Schwallwirkung der umgewälzten Wassermenge, beeinflusst das Reinigungsergebnis in folgender Weise:

- Beaufschlagung aller Außen- und Innenflächen der Laborgläser und Laborutensilien mit Wasser
- Ablösung der Anschmutzung von der Oberfläche des Laborglases und der Laborutensilien

Prozesschemikalien:

Die Prozesschemikalien unterstützen den Aufbereitungsprozess, indem

- die Anschmutzung von der Oberfläche des Laborglases und der Laborutensilien auf- und abgelöst wird (z.B. chemisch zersetzt).
- die Anschmutzung im umgewälzten Wasser gebunden wird (z.B. suspergiert, emulgiert).

Temperatur:

Die Temperatur ist ein wichtiger Reinigungsparameter und beeinflusst die Reinigung aufgrund folgender Eigenschaften:

- physikalische Prozesse (z.B. Schmelzen von Feststoffen, wie

Wachs, Erniedrigung der Viskosität von Ölen, Erhöhung der Wasserlöslichkeit usw.)

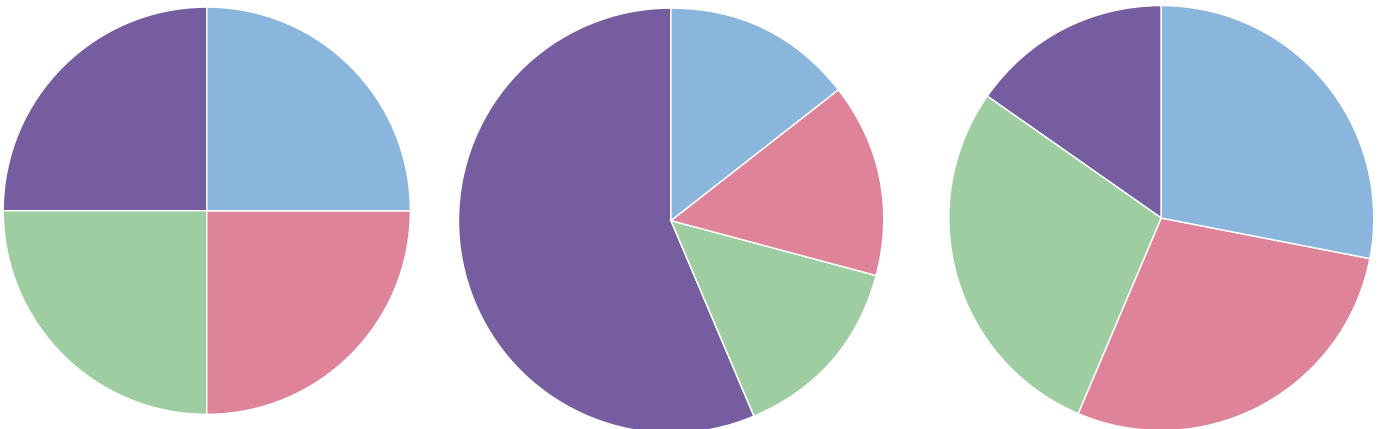
- die Geschwindigkeit von chemischen Prozessen (z.B. Beschleunigung chemischer Reaktionen usw.)

Die Auswahl der optimalen Reinigungstemperatur spielt für die zu entfernende Verschmutzung eine große Rolle, z.B. kann bei nicht erfolgter Vorspülung eine zu hohe Reinigungstemperatur zur Denaturierung von Proteinen führen, was die Reinigung erschwert.

Zeit:

Die Zeit (Einwirkzeit) beeinflusst den Grad der Umsetzung der physikalischen und chemischen Prozesse.

Der Sinnersche Kreis verdeutlicht, dass die genannten Faktoren voneinander abhängig und in ihrer Größe veränderbar sind. Für ein definiertes Reinigungsergebnis ist die „Gesamtsumme“ konstant (verdeutlicht durch einen Kreis). Wird z.B. die **Temperatur** erhöht, so können die **Mechanik**, die Konzentration an **Prozesschemikalien** oder die **Wirkzeit** verkürzt werden, um das gleiche Ergebnis zu erreichen.



Bei modernen Aufbereitungsprozessen wird das verwendete Wasser als weiterer Prozessparameter berücksichtigt, weil die Qualität des Wassers den Reinigungserfolg beeinträchtigen kann. So wird enthartetes Wasser, teilweise sogar vollentsalztes Wasser, statt unbehandeltem Wasser für die Reinigung verwendet, um unerwünschte Einflüsse wie Ausfällung der Wasserhärte oder den Eintrag von ioni-

schen Wasserinhaltsstoffen zu vermeiden.

Der Sinnersche Kreis beschränkt sich nur auf die relativen Wechselwirkungen der genannten Faktoren bezüglich der Entfernung der Verschmutzung. Die Wirkung der gewählten Faktoren auf das Laborglas und die Laborutensilien wird nicht berücksichtigt. So können hohe Temperaturen in Kombination mit hochdosierten, hochalkalischen Reinigungsmitteln zu Glaskorrosion führen. In diesem Fall müssen die Faktoren Temperatur und Prozesschemikalie verringert und die anderen Faktoren erhöht werden.^[4]

6.3 Aufbereitungsprozess

Der Aufbereitungsprozess umfasst folgende Teilabschnitte:

- Reinigung
- Neutralisation
- Spülung
- Bei Bedarf Desinfektion
- Trocknung

Der Ablauf des Aufbereitungsprozesses wird in der Steuerung des Reinigungs- und Desinfektionsautomaten als Programm gespeichert. Die Programme bestehen aus mehreren Programmblöcken (z.B. Vorreinigung, Hauptreinigung, Neutralisation usw.), die während des Programmablaufs nacheinander ablaufen. Jeder Programmblock besteht aus einem oder mehreren Programmschritten (z.B. Wasserzulauf, Dosierung von Prozesschemikalien, Aufheizen, Einwirken bei der programmierten Temperatur usw.), die während des Ablaufs eines Programmblocks nacheinander ablaufen. Die Programme sind gemäß Angaben des Geräteherstellers veränderbar.

6.3.1 Reinigung

Das Ziel der Reinigung ist, die Anhaftung der Anschmutzung ggf. mit Hilfe von Prozesschemikalien von der Oberfläche der Laborgläser und Laborutensilien zu entfernen und aus dem Reinigungs- und Desinfektionsautomaten auszutragen. Folgende Mechanismen sind möglich:

- Auflösen mittels chemischer Reaktion, z.B. einfaches Lösen in Wasser, Reaktion mit sauren, alkalischen oder oxidativen Prozesschemikalien
- Ablösen und Emulgieren, z.B. Öle, Fette usw.
- Ablösen und Suspergieren, z.B. Partikel, Ruß, Pigmente usw.

Die Reinigung kann eine oder mehrere Programmblöcke beinhalten, z.B. Vorreinigung / Vorspülung, Reinigung usw. Die Abfolge der Reinigungsblöcke sollte die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Anschmutzung berücksichtigen. Während der Reinigung sind chemische Reaktionen zwischen den Prozesschemikalien und der Anschmutzung zu vermeiden, die zu einer Ausfällung der Anschmutzung oder gar zu einer Fixierung der Anschmutzung auf der Oberfläche der Laborgläser und Laborutensilien führen können, z.B. alkalische Behandlung von Metallsalzurückständen und Aminen oder saure Behandlung von Fettsäuren. Beispiele einer anwendungsspezifischen Reinigung:

- Eiweiß: erst Vorspülung / Vorreinigung mit kaltem Wasser, dann heiße alkalische Reinigung
- Metallsalze: erst warme saure Vorspülung / Vorreinigung, dann heiße alkalische Reinigung
- Öle, Wachse: erst warme alkalische Reinigung ggf. mit Tensiden
oder Emulgatoren (> Erweichungstemperatur), dann heiße alkalische
Reinigung (> Erweichungstemperatur)

6.3.2 Neutralisation

Ziel der Neutralisation ist, die Reste der bei der Reinigung eingesetzten Prozesschemikalien auf und in der Oberfläche der Laborgläser und

Laborutensilien zu neutralisieren. Da der letzte Schritt der Reinigung oft mit alkalischen Prozesschemikalien erfolgt, werden in der Regel saure Prozesschemikalien für die Neutralisation verwendet.

6.3.3 Spülung

Die Spülung dient dazu, die restlichen auf- / abgelösten Anschmutzungen sowie die verwendeten Prozesschemikalien von der Oberfläche der Laborgläser und Laborutensilien zu entfernen und aus dem Reinigungs- und Desinfektionsautomaten auszutragen.

Die Spülung kann einen oder mehrere Programmblöcke beinhalten. Die Abfolge der Spülblöcke, z.B. 1 x Trinkwasser, anschließend 2 x vollentsalztes Wasser oder 3 x Reinstwasser, sollte die spätere Verwendung berücksichtigen. Die Spülungen (Zwischenspülungen) mit Ausnahme der letzten Spülung (Nachspülung) sind in der Regel kalt. Werden bei der Reinigung Prozesschemikalien mit Tensiden verwendet, so kann es erforderlich sein, eine oder mehrere Zwischenspülungen aufzuheizen ($>$ Trübungspunkt der Tenside), um möglichen Schaum besser aus dem Reinigungs- und Desinfektionsautomaten auszutragen. Die Nachspülung erfolgt in der Regel bei höherer Temperatur, um eventuell vorhandene Wasserkeime abzutöten ($\geq 70\text{ °C}$) und die anschließende Trocknung zu unterstützen.

6.3.4 Desinfektion

Eine Desinfektion ist nur erforderlich, wenn die Sicherheitseinstufung des Labors es vorsieht. Ziele der Desinfektion sind es, die Anzahl an pathogenen Keimen und aktiven Viren auf der Oberfläche der Laborgläser und Laborutensilien und ggf. in der Anschmutzung auf ein als sicher akzeptiertes Maß zu reduzieren (abtöten oder inaktivieren).

Die Desinfektionsparameter sind abhängig von den Keimen und Viren.

Mögliche Desinfektionsverfahren:

- Thermische Desinfektion (für thermostabile Laborgläser und Laborutensilien)

- Chemothermische Desinfektion (für thermolabile Laborgläser und Laborutensilien)

Möglicher Desinfektionszeitpunkt:

- Erster Programmblock:
Ziel: Desinfektion der Laborgläser und Laborutensilien und der Anschmutzung bzw. des Abwassers
Desinfektionsverfahren: thermische Desinfektion oder chemothermische Desinfektion
- Nach der Vorspülung / Vorreinigung oder Reinigung:
Ziel: Desinfektion der Laborgläser und Laborutensilien
Desinfektionsverfahren: in der Regel nur chemothermische Desinfektion
- Letzte Spülung:
Ziel: Desinfektion der Laborgläser und Laborutensilien
Desinfektionsverfahren: thermische Desinfektion

6.3.5 Trocknung

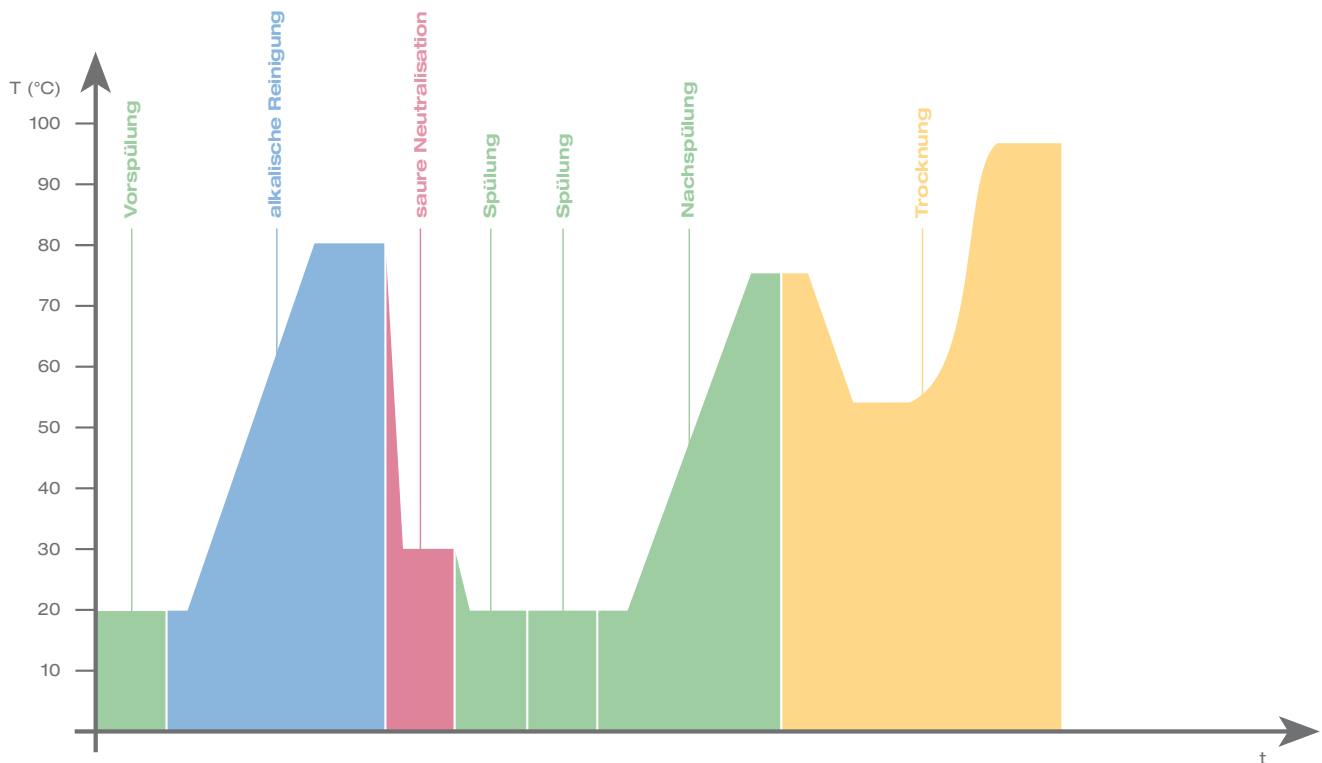
Das Ziel der Trocknung ist, das Wasser auf der Oberfläche der Laborgläser und Laborutensilien und von der Spülkammer des Reinigungs- und Desinfektionsautomaten zu entfernen.

6.3.6 Beispiele Temperatur- / Zeitdiagramme

Im Folgenden sind drei typische Programmabläufe dargestellt, die im Abschnitt 6.4 „Anwendungsspezifische Auswahlhilfen“ unterschiedlichen Anwendungen allgemein zugeordnet werden.

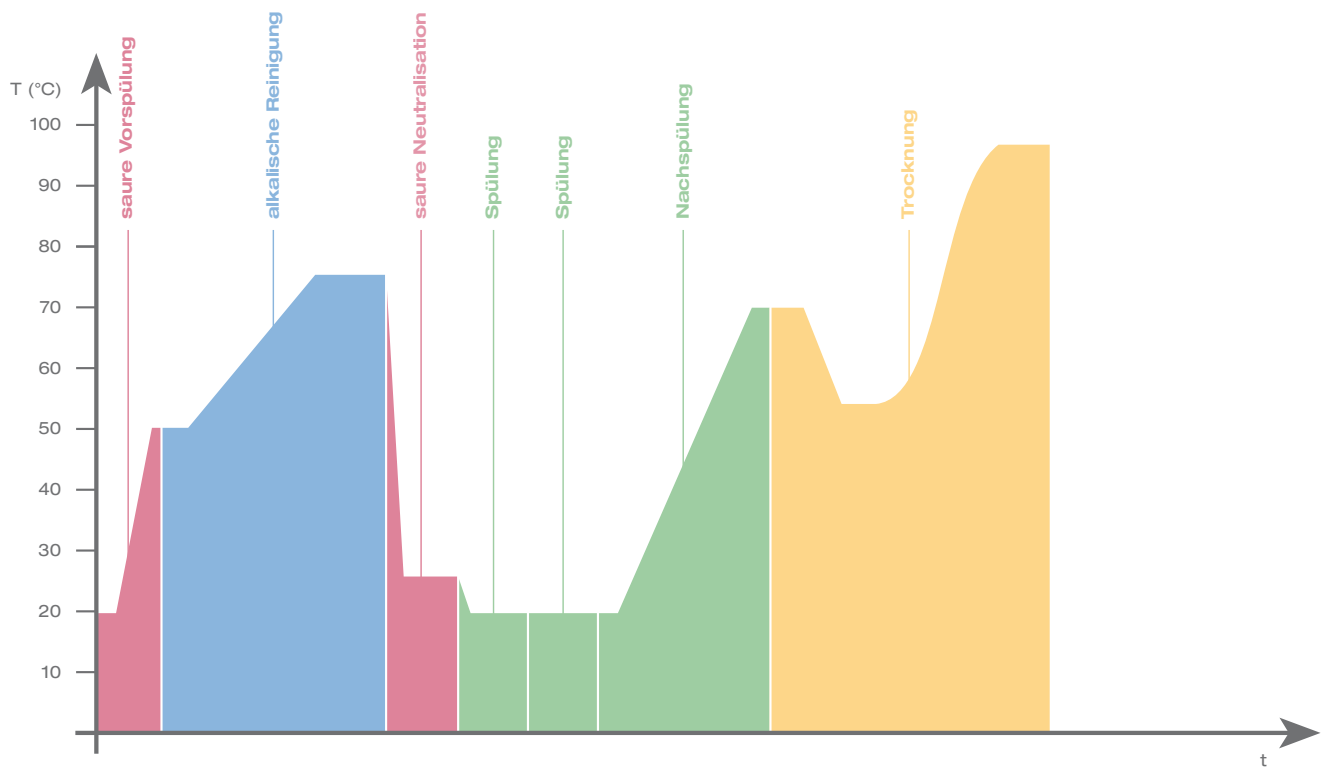
Typ A:

- **Vorspülung:** Kaltwasser, ohne Aufheizen, ohne Prozesschemikalien
- **Reinigung:** Kalt- / Warmwasser, mit Aufheizen, mit alkalischen Reinigungsmitteln
- **Neutralisation:** Kalt- / Warmwasser, ohne Aufheizen, mit sauren Neutralisationsmitteln
- **Mehrere Spülungen:** Kalt- / Warmwasser oder vollentsalztes Wasser / Reinstwasser, ohne Aufheizen
- **Nachspülung:** vollentsalztes Wasser / Reinstwasser, mit Aufheizen
- **Trocknung**



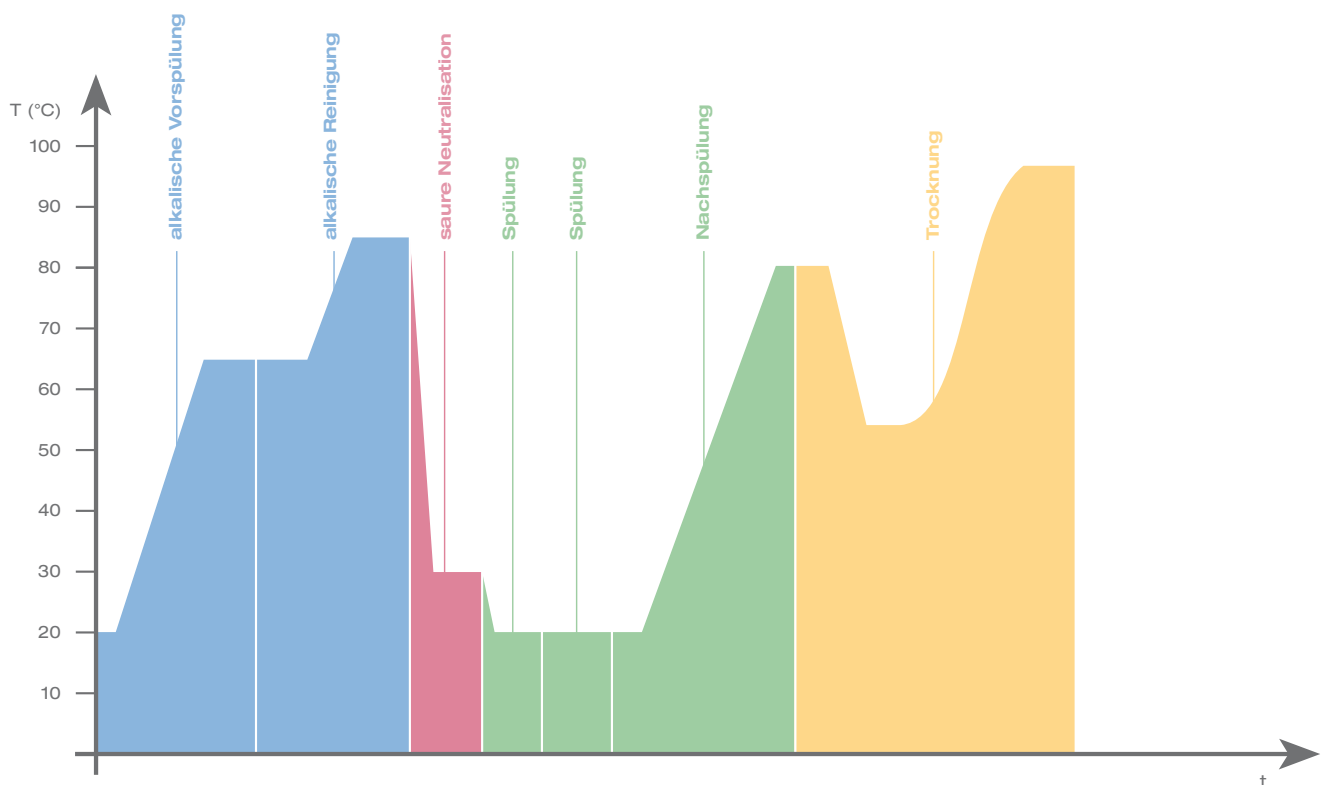
Typ B:

- **Vorspülung:** Kaltwasser, mit Aufheizen, mit sauren Reinigungsmitteln
- **Reinigung:** Kalt- / Warmwasser, mit Aufheizen, mit alkalischen Reinigungsmitteln
- **Neutralisation:** Kalt- / Warmwasser, ohne Aufheizen, mit sauren Neutralisationsmitteln
- **Mehrere Spülungen:** Kalt- / Warmwasser oder vollentsalztes Wasser / Reinstwasser, ohne Aufheizen
- **Nachspülung:** vollentsalztes Wasser / Reinstwasser, mit Aufheizen
- **Trocknung**



Typ C:

- **Vorspülung:** Kalt- / Warmwasser, mit Aufheizen, mit alkalischen Reinigungsmitteln
- **Reinigung:** Kalt- / Warmwasser, mit Aufheizen, mit alkalischen Reinigungsmitteln
- **Neutralisation:** Kalt- / Warmwasser, ohne Aufheizen, mit sauren Neutralisationsmitteln
- **Mehrere Spülungen:** Kalt- / Warmwasser oder vollentsalztes Wasser / Reinstwasser, ohne Aufheizen
- **Nachspülung:** vollentsalztes Wasser / Reinstwasser, mit Aufheizen
- **Trocknung**



6.4 Anwendungsspezifische Auswahlhilfen

In der folgenden Tabelle sind grundlegende Empfehlungen für die Programmtypen in Abhängigkeit der Anwendung aufgelistet:

Bereich	Anschmutzung	Aufbereitungsprozess
Allgemein	Anschmutzung allgemein rel. gut wasserlöslich	Typ A
	Markerbeschriftung	Typ A
	Etikettenreste	Typ A oder Typ C
Wasser- und Umweltanalytik	Kalkreste und Algen	Typ B
	Anorganische Analytik	Typ B
	Organische Analytik	Typ A oder Typ C
	Mikrobiologische Analytik	Typ A
	Agar	Typ C
	Nährmedien	Typ A oder Typ B
Petroindustrie	Rohöl, mineralische Öle	Typ C
Kosmetikindustrie	Creme, Salben	Typ C
Lebensmittelindustrie	Anorganische Analytik	Typ B
	Organische Analytik	Typ A oder Typ C
	Mikrobiologische Analytik	Typ A
Biologie, Mikrobiologie, Biotechnologie	Zell- und Gewebekulturen, ggf. sterilisiert	Typ A oder Typ C
	Agar	Typ C
	Nährmedien	Typ A oder Typ B
	Organische Rückstände, ggf. sterilisiert	Typ A oder Typ C

Bereich	Anschmutzung	Aufbereitungsprozess
Pathologie	Paraffinwachs	Typ C
Krankenhauslabor	Nicht koaguliertes Blut	Typ A
Blutbank	Nicht koaguliertes Blut	Typ A

Im Detail müssen die allgemeinen Programmtypen an die Anwendung angepasst werden z.B. Temperaturen, Prozesschemikalien, Wasserqualitäten usw. Beispiele:

Anwendung	Aufbereitungsprozess	Programmanpassung
Agar	Typ C	Vorspülung: - ohne Prozesschemikalien - mit Aufheizen auf ca. 90–93 °C
Paraffinwachs	Typ C	Vorspülung und Reinigung: - Warmwasser - aufheizen auf 65–75 °C 1. Spülung: - Warmwasser
Pipetten, Messkolben, Messzylinder	Typ A	Wegen möglicher Glaskorrosion: Reinigung: - aufheizen auf max. 70–75 °C - mildalkalische Reinigungsmittel - möglichst geringe Konzentration an Prozesschemikalien

7 Kontrollen

7.1 Entnahme der Laborgläser sowie der Laborutensilien und visuelle Endkontrolle nach der maschinellen Aufbereitung



Visuelle Sichtkontrolle von Laborglas nach der maschinellen Aufbereitung

Nach der Entnahme werden die Laborgläser auf optische Sauberkeit (z.B. Rückstandsfreiheit), Trocknungsgrad und Unversehrtheit überprüft. Funktionstüchtige Laborgläser werden nach der erfolgreichen Kontrolle bis zu ihrem nächsten Einsatz staubfrei in entsprechenden Laborschränken verstaut.

In besonders sensiblen Bereichen, wie z.B. der Mikrobiologie, Genforschung, Ultraspurenanalytik, ist bei der Entnahme der Laborglasartikel aus den Beladungsträgern des Reinigungs- und Desinfektionsautomaten darauf zu achten, dass das Spülpersonal sterile Einmalhandschuhe trägt. Hierdurch wird vermieden, dass die Gläser mit Fettresten oder Hautpartikeln belastet werden.

Sichtbare Ablagerungen auf den Laborgläsern und den Laborutensilien sind ein Indiz für einen fehlerhaften Aufbereitungsprozess. Die Ursachen der Ablagerungen müssen vor dem nächsten Aufbereitungsprozess identifiziert und dauerhaft beseitigt werden. Mit Ablagerungen behaftete Laborgläser und Laborutensilien müssen erneut aufbereitet werden.

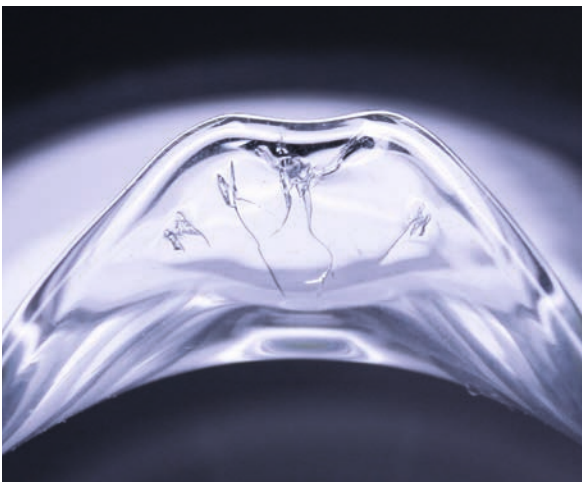
Unzureichend getrocknete Laborgläser werden im Trockenschrank bei 100 °C bis zur vollständigen Trocknung getrocknet. Defektes Laborglas ist in den dafür vorgesehenen Behältern zu sammeln und entsprechend zu entsorgen.

7.2 Visuelle Sichtkontrolle vor dem Gebrauch von Laborglas

Laborgläser müssen vor ihrem Einsatz durch das Laborpersonal auf rückstandsfreie Sauberkeit und Unversehrtheit untersucht werden. Dabei unterscheidet man Glasmerkmale, die während des Glasherstellungsprozesses auftreten und unvermeidbar sind und die keinerlei Einfluss auf die Funktion des Laborglases und die Sicherheit des Personals haben,

von Oberflächenverletzungen, wie z.B. Rissen, Ausmuschelungen, Anstößen etc. Oberflächenverletzungen können durch den unsachgemäßen Einsatz der Laborgläser und während des Aufbereitungsvorgangs entstehen, wenn einfache Regeln, z.B. für das Beladen von Spülkörben, unbeachtet bleiben.

Sobald Zweifel über die uneingeschränkte Weiterverwendbarkeit von Laborglas bestehen, sollte dieses aus Sicherheitsgründen in jedem Fall aus dem Verkehr gezogen und fachgerecht entsorgt werden. Hierfür stehen in den Laboratorien entsprechende Sammelbehälter zur Verfügung.



Risse im Ausguss eines Laborbechers

Die am häufigsten auftretenden Beschädigungen sind Abplatzungen im Hals-, Rand- oder Gewindebereich von Laborgläsern. Diese sind oftmals scharfkantig und stellen eine vermeidbare Verletzungsgefahr dar. Bei filigranen Laborgläsern mit Seitenarmen und Ventilhähnen kann es bei unsachgemäßer Behandlung ebenfalls zu Brüchen und Splitterbildung kommen. Zu Abplatzungen und Anschlägen kann es bei unsachgemäßem Transport, fehlerhafter Lagerung oder Aufbereitung von Laborglas kommen. Für die Begutachtung von Laborgläsern vor ihrem Einsatz hält man diese idealerweise gegen eine helle Lichtquelle, um Beschädigungen oder unerwünschte Ablagerungen erkennen zu können.

Der Glasabrieb ist bei Laborglas unter normalen Einsatzbedingungen so gering, dass das Laborglas uneingeschränkt oft eingesetzt werden kann ohne zu altern. Im Gegensatz hierzu verblasst die keramische Druckfarbe, mit der die Inhaltsangabe, die Produktmarke, die Graduierung / Skalierung und weitere Angaben aufgebracht sind, abhängig von der Anzahl der Spülzyklen, der Einwirkzeit und der eingesetzten Prozesschemikalien. Hier gilt die einfache Grundregel: Ist die Graduierung nur noch schwer oder nicht mehr lesbar, fehlt eine wesentliche Funktion des Laborglases. Dieses sollte entsprechend durch Neuware ersetzt werden.

8 Sterilisation von Laborgläsern und Laborutensilien

Je nach Grad der erforderlichen Keimreduzierung müssen die Laborgläser und Laborutensilien bis zu 134 °C temperaturstabil sein. Sie sind nach einer angemessenen Reinigung und unter Beachtung ihrer Temperaturstabilität z.B. in Dampfsterilisationsverfahren bei Temperaturen zwischen 120 °C und 134 °C zu sterilisieren. Von ihrer späteren Verwendung abhängig, werden Laborgläser auch in Heißluftsterilisatoren bei Temperaturen bis zu 250 °C sterilisiert.

Bei der Dampfsterilisation liegen die Einwirkzeiten zwischen 3,5 min bei 134 °C und 20 min bei 120 °C. Je nach Bauart der Sterilisatoren können für besondere Einsatzzwecke, z.B. zur Prioninaktivierung (wie CJK / vCJK), auch Temperaturen von bis zu 140 °C gewählt werden. Grundsätzlich richtet sich die Sterilisiertemperatur in erster Linie nach der Temperaturstabilität der Laborgläser und Laborutensilien. Die Nutzung der Laborgläser und der Laborutensilien erfolgt bei Mehrfachverwendung unter Berücksichtigung ihres Einsatzes und ihrer Sterilisierbarkeit.

Je nach Beschaffenheit und Geometrie der Laborgläser und der Laborutensilien sind die Dampfsterilisationsverfahren entweder mit einfacher oder mehrfacher Entlüftung der Sterilisierkammer und der Laborgläser bzw. Laborutensilien zu wählen. Komplex aufgebaute und poröse Laborgläser und Laborutensilien mit Hohlräumen werden im fraktionierten Vorvakuumverfahren sterilisiert, massive Laborgläser und Laborutensilien im einfachen Vorvakuumverfahren.

Schalen, Becher, nicht verschlossene, ungefüllte Flaschen und ähnliche Behälter sind so in die Sterilisierkammer zu geben, dass das sich während des Verfahrens bildende Kondensat ablaufen kann.

Damit wird sichergestellt, dass die Gefäße trocken entnommen werden können und ein Verbleiben von Verdampfungsrückständen auf den Oberflächen wird damit weitestgehend vermieden.

Das Sterilisieren von Flüssigkeiten in offenen oder in fest verschlossenen Behältern darf nur in dafür geeigneten Sterilisatoren und in dafür vorgesehenen Sterilisationsverfahren erfolgen. Wegen der Gefahr des Siedeverzugs müssen diese Sterilisatoren und

diese Verfahren sicherstellen, dass beim Öffnen der Sterilisierkammer die Flüssigkeiten bis auf eine Temperatur von max. 80 °C heruntergekühlt wurden.

Ob ein Laborglas oder ein Laborutensil verpackt werden muss, ist in erster Linie von den Einsatzbedingungen abhängig. Grundsätzlich ist für alle Laborgläser und Laborutensilien die Entscheidung zu treffen, ob aus Gründen der Vermeidung einer Rekontamination eine Verpackung notwendig ist. Die Dauer der Lagerung bis zur Verwendung der Laborgläser und Laborutensilien und ihre Lagerbedingungen sind dabei zu berücksichtigen. Bei Anwendung des Heißluftsterilisationsverfahrens dürfen die Laborgläser nicht verpackt werden.

9 Lagerung aufbereiteter Laborgläser

Da nicht alle Laborgläser nach der erfolgreichen Aufbereitung zum sofortigen Wiedereinsatz kommen, müssen diese ordnungsgemäß zwischengelagert werden. Hierzu sollten im Labor staubfreie, verschließbare Laborschränke und Schubladen in ausreichender Anzahl zur Verfügung stehen.

Wichtig ist, dass das Laborglas trocken und bei gleichbleibenden Temperaturen im Bereich zwischen 20 °C und 30 °C gelagert wird. Direkte Sonneneinstrahlung ist zu vermeiden.

Unmittelbar nach der Beendigung des Aufbereitungsprozesses sollten die zur Lagerung vorgesehenen Gläser aus dem Reinigungs- und Desinfektionsautomaten entnommen und möglichst auf direktem Weg ihrem Lagerort zugeführt werden.

Für den Transport des Laborglases vom Reinigungs- und Desinfektionsautomaten zum jeweiligen Lagerort sind aus Sicherheitsgründen entsprechende Tragehilfen und Körbe zu benutzen.

Beim Einstellen in den Laborschrank ist besonders darauf zu achten, dass das Laborglas standsicher und anschlagsfrei in die entsprechenden Schränke eingebracht wird. Abstände zwischen den Gläsern sollten ausreichend groß gewählt werden, damit eine anschlagsfreie zukünftige Entnahme ebenfalls gewährleistet werden kann. Keinesfalls werden Laborgläser ineinander gestellt oder aufeinander gestapelt.

Außerdem ist darauf zu achten, dass der Abstand zur Schranktür ausreichend groß ist. Weder beim Schließen noch beim Öffnen soll die Schranktür mit dem gelagerten Laborglas in Kontakt kommen. Schranktüren werden langsam und vorsichtig geöffnet und geschlossen.

Laborgläser mit großen Öffnungen, wie z.B. Becher, werden mit dem Boden nach oben zeigend gelagert, um die mögliche Verschmutzung durch einfallenden Staub zu vermeiden.

Gewindeflaschen werden idealerweise mit locker aufgeschraubter Kunststoffkappe gelagert, um Anschläge des Glasgewindes zu vermeiden.

Bei der Lagerung von Steilbrustflaschen und sonstigen Laborgläsern, die mit einem Schliffstopfen verschlossen werden, muss darauf geachtet werden, dass zwischen Stopfenbett und Stopfen für den Zeitraum der Lagerung ein Papierstreifen eingelegt wird, der das Festsetzen des Stopfens vermeidet.

10 Aufbereitungsräume in Laborgebäuden

Aufbereitungsräume: So vielfältig wie die Nutzung von Laboren selbst, sind hier die verschiedenen Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten dargestellt.

Insbesondere in kleinen oder sehr alten Laboren beschränkt sich der auch als „Spülküche“ bezeichnete Aufbereitungsraum auf ein Laborbecken mit Abtropfbrett. Die wichtigsten Elemente sind damit vorhanden: Wasser zum Reinigen und Luft zum Trocknen der Laborgläser und Laborutensilien. Um die Labormitarbeiter zu entlasten und vor Verletzungen (Glasbruch) und Kontaminationen zu schützen, werden aber sinnvollerweise Reinigungs- und Desinfektionsautomaten eingesetzt.

Reinigungs- und Desinfektionsautomaten können im Labor für einen Bereich, eine Etage oder zentral für ein Bauteil oder ein Gebäude installiert werden. Die Varianten haben unterschiedliche Kosten und sind zudem vom Personalkonzept abhängig.

In Laboren können unter den Arbeitstischen effiziente Labor-Reinigungs- und Desinfektionsautomaten mit integrierter Trocknung installiert werden. Die Geräte sind somit auf kürzestem Weg erreichbar und können bedarfsabhängig gestartet werden. Je nach Anforderung kann der Labormitarbeiter auch für wenige Laborgläser und Laborutensilien zeitlich flexibel Spezialprogramme gestalten. Diese dezentrale Variante benötigt viele Reinigungs- und Desinfektionsautomaten, die nicht ständig ausgelastet sind. Allerdings ist eine Verschleppung z.B. von Synthesebereichen in die Spurenanalytik damit ausgeschlossen. Zusätzliches Personal für Transport und Reinigungslogistik ist nicht erforderlich.

Insbesondere in biologischen Laboren müssen die Laborgläser und Laborutensilien vor der Aufbereitung zusätzlich autoklaviert und die gereinigten Laborutensilien nach der Aufbereitung im Heißluftsterilisator behandelt werden. Eine laborbezogene Aufbereitung ist für derartige Anwendungen meistens nicht sinnvoll.



Laborzeile mit Untertisch-Reinigungs-
und Desinfektionsautomat

Neben den Anschaffungskosten der Geräte sind hier die Aufstellfläche sowie die Wärme- und Geruchsfreisetzung die wichtigsten Argumente gegen eine Aufbereitung des Laborglases und der Laborutensilien im Labor. Deshalb werden separate, belüftete und gekühlte Räume geschaffen, die als Arbeitsräume Tageslichtbezug benötigen. Eine Spülküche kann von einer Abteilung oder einer ganzen Laboretage gemeinsam genutzt werden, womit sich die Anschaffung von größeren Geräten rentiert. Für die Bewirtschaftung der Spülküche sollte – auch wegen der Entlastung des hochqualifizierten Laborpersonals – eigenes Personal vorgesehen werden. Dieses kann zusätzlich die Laborgläser und Laborutensilien in den Laboren einsammeln und nach der Aufbereitung wieder in die Labore bringen. Der horizontale Transport erfolgt z.B. mit Transportwagen. Diese sollten mit dichten Wannen bestückt sein und bei Nichtgebrauch unter den Labortischen geparkt werden können.



Transportwagen für Laborgläser
und Laborutensilien

Die konsequente Weiterentwicklung dieser Idee ist die Zentralisierung der Aufbereitung der Laborgläser und Laborutensilien und der angegliederten Funktionen. Die Spül- und Medienküchen sowie Autoklavenräume werden in einem Bereich zusammengefasst. Geschultes Personal übernimmt alle Aufgaben, die im Zusammenhang mit der Bereitstellung von Laborglas und Laborutensilien sowie Medien stehen. Anhand von Kapazitätsberechnungen wird der Bedarf an Reinigungs- und Desinfektionsautomaten und deren Größe für das Laborgebäude definiert. Durch die Zentralisierung können größere Reinigungs- und Desinfektionsautomaten installiert werden. Deren Auslastung ist in dieser Betriebsweise deutlich effizienter und so werden weniger Geräte benötigt. Für einen zentralen Aufbereitungsraum lohnt sich eine automatische Versorgung mit Prozesschemikalien.

Im zentralen Aufbereitungsraum ist die Redundanz der erforderlichen Geräte gewährleistet und die Personalvertretung sichergestellt. Die Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten eines zentralen Aufbereitungsraumes sind deutlich niedriger als für dezentrale Varianten.

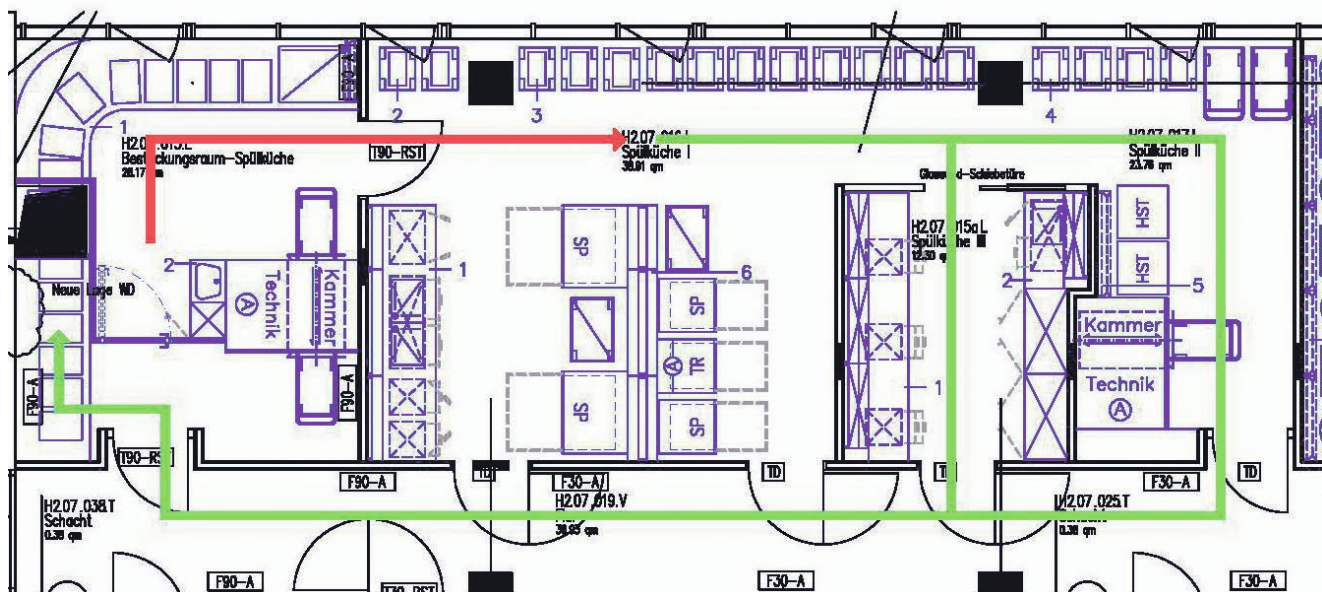


Zentraler Labor-Aufbereitungsraum

Beispiel für die Umstellung von dezentralen zu einem zentralen Aufbereitungsraum

Ausgangszustand	Konzept: Zentrale Aufbereitungsräume
18 Aufbereitungsräume	3 Aufbereitungsräume
20 Räume (für die Autoklavierung von Medien und Abfall)	12 Räume (für die Autoklavierung von Medien und Abfall)
33 Großraum-Reinigungs- und Desinfektionsautomaten	12 Großraum-Reinigungs- und Desinfektionsautomaten
13 Pipettenspüler	–
18 Dampfsterilisatoren 400 l	6 Dampfsterilisatoren 400 l
11 Heißluftsterilisatoren	6 Heißluftsterilisatoren

Für die Aufbereitung von Laborgläsern und Laborutensilien ist ein standardisierter, zertifizierungsfähiger Ablauf notwendig. Die Vermeidung von Kreuzungen der Materialströme sowie ausreichende Bedien- und Abstellflächen sind für die Qualität der Aufbereitung essentiell.



Ablauf Aufbereitungsraum



Logistikablauf im zentralen Aufbereitungsraum

- Anlieferung durch Kastentransportsystem
- Autoklavieren der Laborgläser und Laborutensilien
- Reinigung der Laborgläser und Laborutensilien
- Sterilisieren der Laborgläser und Laborutensilien
- Verteilung der aufbereiteten Laborgläser und Laborutensilien mittels Kastentransportsystem



Auslauf Kastentransportsystem

Durch die Zusammenfassung der Geräte gewinnt allerdings die Logistik im Gebäude an Bedeutung. Kann eine horizontale Verteilung der Laborgläser und Laborutensilien weiterhin mit Transportwagen erfolgen, würde die vertikale Verteilung über Lastenaufzüge zu langen Wartezeiten führen. In den letzten Jahren haben sich hierfür Kleingüter-Transportsysteme, welche die einzelnen Ebenen verbinden, bewährt.

In allen Etagen befindet sich ein Beschickungsraum, in dem die Aufgabe und Abholung der aufzubereitenden Laborgläser und Laborutensilien in Transportkisten erfolgt.

Das Verteilsystem für den zentralen Aufbereitungsraum kann in größeren Gebäuden auch mehrere Aufbereitungsräume miteinander verbinden und die Versorgung des Gebäudes realisieren. Das Transportsystem kann zusätzlich auch für die Verteilung von Probenmaterial, Medien, Verbrauchsmaterial und die Abfallentsorgung genutzt werden.

Bei der Planung eines optimalen Aufbereitungsraumes müssen die verschiedensten Bedürfnisse von Nutzern und Bauherren berücksichtigt werden, denn wie bei den Laboren gibt es nicht nur eine richtige Lösung. Bei Veränderungen in einem Laborgebäude, ob Umbau, Sanierung oder Neubau, sollte die Chance genutzt werden, die gesamte Logistik im Gebäude zu optimieren, wobei eine intensive Bedarfsermittlung die Grundlage für ein zukunftsweisendes Betriebskonzept darstellt.



Glossar

Analysenreinheit	Grad der Reinheit bzw. die erlaubte Restkontamination auf dem Laborglas und den Laborutensilien. Die Analysenreinheit wird in dem jeweiligen Labor festgelegt.
Aufbereitung	Prozess, bei dem die gebrauchten Laborgläser und Laborutensilien in einen Zustand überführt werden, damit sie für die nachfolgende Anwendung wieder verwendet werden können.
Beladungsträger	Edelstahlgestelle, auf die die Laborgläser und Laborutensilien gestellt oder gelegt werden und in die Spülkammer des Reinigungs- und Desinfektionsautomaten gebracht werden. Sie werden oft als Wagen, Korb, Einsatz usw. bezeichnet.
Borosilikatglas 3.3	Glasart mit einer sehr guten Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit. Borosilikatglas 3.3 hat folgende Zusammensetzung (in Gewichtsprozent): 81 % SiO_2 , 13 % B_2O_3 , 3,5 % Na_2O , 0,5 % K_2O und 2 % Al_2O_3
Chemothermische Desinfektion	Prozess, bei der die Desinfektion durch die Einwirkung von Prozesschemikalien (Desinfektionsmitteln) mit definierter Konzentration, bei definierter Temperatur und für eine definierte Zeit erreicht wird.
Crackprodukte	Kleinere Fragmente von langkettigen Kohlenwasserstoffen, die bei der Erdölverarbeitung durch Zerkleinerung langkettiger Kohlenwasserstoffe entstehen.
Desinfektion	Prozess, bei der die Anzahl lebensfähiger Mikroorganismen auf Oberflächen auf ein definiertes Maß reduziert wird, so dass die Laborgläser und Laborutensilien in der Handhabung sicher und für die nachfolgende Anwendung geeignet sind.
DIN EN 60672-3, Typ C110	Diese Norm legt die Kennwerte für Laborporzellan fest.
DIN ISO 3585	Diese internationale Norm legt die Kennwerte einer als Borosilikatglas 3.3 bezeichneten Glasart fest.

Dispersion	Heterogenes Stoffgemisch, bei der ein Stoff in einem anderen Stoff fein verteilt ist. Es gibt unterschiedliche Dispersionen, wie Emulsionen, Schaum, Suspension, Aerosole usw.
Dissoziation	Selbsttätiges Vermögen von Molekülen, sich z.B. in Ionen oder Atome aufzuspalten.
Emulsion	Heterogenes Stoffgemisch, bei der eine Flüssigkeit in einer anderen Flüssigkeit fein verteilt ist.
Endotoxine	Zerfallsprodukte von Bakterien. Endotoxine sind sehr hitzestabil und können sogar eine Sterilisation überdauern.
Flüssigkeitsprogramm	Standardprogramm für die Sterilisation von Flüssigkeiten.
Fouling	Belegung des Ionenaustauschers mit Huminsäuren, die nicht wieder entfernt werden können. Die Leistung des Ionenaustauschers sinkt durch die Blockierung der Austauschgruppen.
Inertheit	Eigenschaft eines Stoffes, die eine chemische Wechselwirkung mit einem potentiellen Reaktionspartner verhindert.
Kalk-Natron-Glas	Glasart mit einer hohen Wärmeausdehnung, das die weitest- aus größte Menge aller industriell gefertigten Gläser dar- stellt. Ein typisches Kalk-Natron-Glas hat folgende Zusam- mensetzung (in Gewichtsprozent): 71–75 % SiO_2 , 12–16 % Na_2O , 10–15 % CaO
Kolloide	Teilchen / Tröpfchen in einem Dispersionsmedium (Gas, Flüssigkeit, Feststoff), die sehr fein verteilt vorliegen. Die Teilchen sind so fein verteilt, dass sie nicht durch die Schwerkraft zu Boden sinken, sich zusammenlagern oder verklumpen.
Pathogene Keime	Krankmachende Organismen.

Pyrogene

Entzündlich wirkende Stoffe unterschiedlichen Ursprungs. Werden z.B. Arzneimittel injiziert, so können enthaltene Pyrogene im menschlichen Körper Fieber erzeugen. Pyrogene sind schon in kleinsten Mengen biologisch wirksam. Es werden endogene und exogene Pyrogene unterschieden. Die endogenen Pyrogene produziert der Körper selbst (z.B. Interleukine), während es sich bei den exogenen Pyrogenen um folgende Kategorien handelt:

1. Bakterielle Pyrogene (z.B. Bakterien-Endotoxine)
2. Viruspyrogene (Bestandteile von Viren)
3. Pyrogene von Pilzen (Bestandteile von Pilzen)
4. Pyrogene nicht biologischen Ursprungs, wie mikroskopisch kleinste Teilchen von Kunststoff oder Gummiabrieb etc.

In der Broschüre sind die exogenen Pyrogene Gegenstand der Betrachtung.

Quarzglas

Glasart mit einer hervorragenden Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit. Quarzglas besteht zu 100 % aus SiO_2 . Durch die sehr hohen Schmelztemperaturen ist die Herstellung von Quarzglas sehr kostenaufwendig.

SOP (Standard Operating Procedure)

Arbeitsanweisung, die das Vorgehen innerhalb eines Prozesses (hier Aufbereitungsprozess) beschreibt.

Spülschatten

Bereiche in der Spülkammer und Beladungswagen, die hinter Gegenständen im Sprühstrahl entstehen und einen direkten Sprühstrahl auf die Oberflächen der Laborgläser und Laborutensilien behindern.

Sterilisation

Prozess, bei dem die Laborgläser und Laborutensilien von allen lebensfähigen Mikroorganismen befreit werden.

Suspension

Heterogenes Stoffgemisch, bei dem ein Feststoff in einer Flüssigkeit fein verteilt ist.

Thermische Desinfektion

Prozess, bei dem die Desinfektion durch die Einwirkung hoher Temperatur für eine definierte Zeit erreicht wird.

Trübungspunkt

Temperatur, bei der eine nicht-ionische Tensidlösung (1 g / 100 ml) trüb wird. Ferner ist der Trübungspunkt abhängig von der Tensidkonzentration.

Wassergefährdungsklasse

Kategorisierung von verschiedenen Stoffen, die ein unterschiedliches Potential im Hinblick auf die Verunreinigung von Wasser aufweisen. Die potentiell wassergefährdenden Stoffe werden in drei Klassen eingeteilt:

WGK 1 = schwach wassergefährdend

WGK 2 = wassergefährdend

WGK 3 = stark wassergefährdend

Literaturhinweise

- [1] Heinz G. Pfaender, Schott-Glaslexikon, 5. Auflage, mvg-verlag, Landsberg am Lech (1997)

- [2] Hans-Jürgen Ulrich, Reinstwasser: Moderne Herstellungsverfahren - Ein Leitfaden für alle, die Reinstwasser benötigen, Zellkulturmedien, 1. Auflage, MLT Verlag Frankfurt (1998)

- [3] EN 285:209-08, Sterilisation, Dampfkleinsterilisatoren, Groß-Sterilisatoren

- [4] Dr. Herbert Sinner, Über das Waschen mit Haushaltswaschmaschinen, Haus + Heim Verlag (1959)

AK LAB Verkaufsbedingungen

1. Die Broschüren ersetzen keine Herstellerangaben für die Aufbereitung von Laborglas und Laborutensilien. Der Besteller verpflichtet sich, die Broschüren nicht im Zusammenhang mit dem Inverkehrbringen von Laborprodukten zu verwenden und unterlässt jede Maßnahme, die darauf hindeuten könnte, dass es sich bei den Broschüren um Herstellerangaben handelt.
2. Das Copyright und sonstige Urheber-Rechte für die vom AK LAB erstellten Broschüren bleiben allein beim AK LAB. Eine Vervielfältigung oder Verwendung von Bildern, Grafiken und / oder Texten in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Zustimmung des AK LAB und ist ohne diese nicht gestattet.
3. Das Beifügen von Werbung zu den vom AK LAB bezogenen Broschüren und Download-Dateien ist nicht gestattet. Dies gilt auch für Werbebeilagen.
4. Für jeden Fall der Zuwiderhandlung gegen eine der oben unter 1. bis 3. genannten Verpflichtungen wird unter Ausschluss des Fortsetzungszusammenhanges eine Vertragsstrafe von 500,- EUR vereinbart.
5. AK LAB-Broschüren können ab einer Menge von 5 Exemplaren bezogen werden. Preise und Verkaufsbedingungen sind auf unserer Homepage www.aklab.de einsehbar.

Impressum

Arbeitskreis Labor

Koordinatorin: Marion Anacker

Kontakt:

Arbeitskreis Labor

c / o Miele Inc.

9 Independence Way

Princeton NJ 08540

Vereinigte Staaten von Amerika

Tel. +1 609 672 4921

Mail: marion.anacker@miele.com

Verantwortlichkeit für die redaktionellen Inhalte:

Marion Anacker

Haftungsausschluss:

Die Broschüren ersetzen keine Hersteller-Angaben für das Aufbereiten von Laborglas und Laborutensilien. Der Besteller verpflichtet sich, die Broschüren nicht im Zusammenhang mit dem Inverkehrbringen von Laborprodukten zu verwenden und unterlässt jede Maßnahme, die darauf hindeuten könnte, dass es sich bei den Broschüren um Herstellerangaben handelt.

