

Lehrbrief

Bädertechnik

(Führungskraft für Bäderbetriebe)

BSA-Akademie  
Prävention, Fitness, Gesundheit  
School for Health Management



## Inhaltsverzeichnis

<b>NOMENKLATUR</b> .....	<b>10</b>
<b>WICHTIGE NORMEN UND RICHTLINIEN</b> .....	<b>11</b>
<b>1 SCHWIMMBECKENWASSERAUFBEREITUNG</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 Verfahren zur Schwimmbeckenwasseraufbereitung</b> .....	<b>14</b>
1.1.1 Adsorption an Pulver-Aktivkohle .....	15
1.1.2 Flockung .....	16
1.1.3 Filtration .....	18
1.1.4 Filterspülwassermenge.....	22
1.1.5 Chlorung .....	22
1.1.6 Ozonung .....	23
<b>1.2 Schwimmbeckenwasserdesinfektion</b> .....	<b>24</b>
1.2.1 Desinfektion des Schwimmbeckenwassers mit Chlor.....	24
1.2.2 UV-Bestrahlung .....	30
1.2.3 Ozonung .....	30
<b>1.3 Bemessung von Wasseraufbereitungsanlagen</b> .....	<b>35</b>
1.3.1 Ermittlung der Nennbelastung.....	35
1.3.2 Ermittlung des Volumenstromes .....	36
1.3.3 Ermittlung der Speichervolumina .....	36
1.3.4 Dimensionierung von Filter- und Dosierungsanlagen.....	36
1.3.5 Bestimmung des Filteranlagenraumes .....	37
1.3.6 Räume für Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen.....	38
<b>1.4 Chemie der Wasseraufbereitung</b> .....	<b>39</b>
1.4.1 Wasserarten .....	39
1.4.2 Legionellenbildung.....	40
1.4.3 Aufhärtung .....	42
1.4.4 pH-Wert-Regulierung.....	42
1.4.5 Mikrobiologische und chemische Parameter nach DIN 19643-1.....	42
1.4.6 Trinkwasserverordnung.....	43
<b>1.5 Analyseverfahren zur Kontrolle der Wasserqualität</b> .....	<b>46</b>
1.5.1 Hygienehilfsparameter .....	46
1.5.2 Betriebsbuch .....	47
1.5.3 Probenahme und Prüfbericht .....	47
1.5.4 Überwachung durch das Gesundheitsamt .....	48
<b>1.6 Anlagen und Geräte zur Förderung und Dosierung</b> .....	<b>49</b>
1.6.1 Pumpen .....	49
1.6.2 Dosierpumpen.....	53
1.6.3 Flockungsmitteldosierung .....	53
1.6.4 Heizungspumpen .....	53
1.6.5 Abwasserpumpen .....	54
<b>1.7 Chemikalien zur Wasseraufbereitung</b> .....	<b>56</b>
1.7.1 Unfallverhütungsvorschrift.....	56
1.7.2 UVV 8.15/18.13/18.14.....	56
1.7.3 Sicherheitsdatenblätter .....	62
1.7.4 Erste-Hilfe-Maßnahmen .....	63
1.7.5 Gefahrenstoffverordnung .....	64

<b>2 HEIZUNGSANLAGEN UND SYSTEM.....</b>	<b>66</b>
<b>2.1 Unterscheidung der verschiedenen Systeme .....</b>	<b>67</b>
2.1.1 Heizkesselanlagen .....	67
2.1.2 Fernwärmanlagen .....	68
2.1.3 Blockheizkraftwerk .....	69
2.1.4 Wärmepumpenanlagen .....	71
2.1.5 Vergleich der Energieträger .....	74
2.1.6 Überschläglicher Wärmebedarf.....	76
<b>2.2 Energiearten.....</b>	<b>81</b>
2.2.1 Wärmeenergie .....	81
2.2.2 Elektrische Energie .....	81
2.2.3 Energien im weiteren Sinne .....	82
<b>3 LÜFTUNGSANLAGEN.....</b>	<b>83</b>
<b>3.1 Lüftungssysteme .....</b>	<b>83</b>
3.1.1 Natürliche Belüftung .....	83
3.1.2 Mechanische Belüftung.....	83
<b>3.2 Klimaanlage.....</b>	<b>86</b>
3.2.1 Außenluftansaugung .....	86
3.2.2 Filterung .....	87
3.2.3 Wärmerückgewinnung.....	87
3.2.4 Ventilator .....	87
3.2.5 Erhitzer .....	87
3.2.6 Kühler .....	88
3.2.7 Fortluft .....	88
<b>4 WASSERVERSORGUNG .....</b>	<b>89</b>
<b>4.1 Auswirkungen auf die Wasseraufbereitung .....</b>	<b>89</b>
4.1.1 Stagnation .....	89
4.1.2 Legionellen.....	90
4.1.3 pH-Wert.....	92
4.1.4 Eisengehalt.....	93
4.1.5 Mangengehalt.....	93
4.1.6 Nitratgehalt.....	93
4.1.7 Säurekapazität bis pH 4,3 .....	94
4.1.8 Grenzwerte nach DIN 19643-1 .....	95
4.1.9 Wasseranalysen.....	95
<b>4.2 Brunnenwasserversorgung .....</b>	<b>97</b>
4.2.1 Trinkwasser und Trinkwassergewinnung .....	97
4.2.2 Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung .....	97
4.2.3 Anforderungen an das Trinkwasser .....	98
4.2.4 Aufbau einer Eigenversorgungsanlage .....	98
<b>5 SANITÄRANLAGEN.....</b>	<b>99</b>
<b>5.1 Armaturen.....</b>	<b>99</b>
5.1.1 Wasserzähler .....	99
<b>5.2 Sanitärinstallationen.....</b>	<b>100</b>
5.2.1 Hausanschluss.....	100
5.2.2 Verbrauchsleitung .....	100
5.2.3 Apparate zur Wasserenthärtung .....	101

5.2.4 Verbrühungsschutz .....	102
5.2.5 Rohrmaterialien .....	102
5.2.6 Rohrverbindungen .....	102
5.2.7 Korrosion .....	104
5.2.8 Leitungsanlagen und Einbauteile .....	104
5.2.9 Rückstau, Hebeanlage .....	104
5.2.10 Abwasserarten .....	105
5.2.11 Entwässerungsverfahren .....	106
5.2.12 Öffentliche Abwasserreinigung .....	107
5.2.13 Entwässerungssatzung .....	107
5.2.14 LBO - Landesbauordnung .....	108
5.2.15 WHG - Wasserhaushaltsgesetz .....	109
<b>6 MESS-, STEUER- UND REGELANLAGEN .....</b>	<b>110</b>
<b>6.1 Mess-, Steuer- und Regelanlagen .....</b>	<b>110</b>
6.1.1 Kolorimetrische Bestimmung .....	110
6.1.2 Messverfahren .....	111
6.1.3 Grundlagen der Mess-, Steuer- und Regeltechnik .....	111
6.1.4 Dosier- und Regelsysteme für die Beckenwasseraufbereitung .....	113
<b>7 UMWELTSCHUTZ- UND RATIONELLE ENERGIEVERSORGUNG .....</b>	<b>114</b>
<b>7.1 Gefahren durch Bäderchemikalien .....</b>	<b>114</b>
7.1.1 Schädliche Stoffe nach DIN 1986-3 .....	114
7.1.2 Einrichtungen zur Rückhaltung schädlicher Stoffe .....	115
7.1.3 Einleitbedingungen .....	117
<b>7.2 Chemikalienrecht .....</b>	<b>119</b>
7.2.1 Chemikaliengesetz .....	119
7.2.2 Chemikalienverbotsordnung .....	119
7.2.3 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) .....	120
7.2.4 Chemikalien-Gift-Informations-Verordnung .....	120
<b>7.3 Alternative Energien .....</b>	<b>121</b>
7.3.1 Solarthermie .....	121
7.3.2 Photovoltaik .....	122
7.3.3 Windkraft .....	123
7.3.4 Wasserkraft .....	124
7.3.5 Erdwärme .....	125
<b>7.4 Wärmerückgewinnung .....</b>	<b>129</b>
<b>ANHANG .....</b>	<b>131</b>
<b>Lösungen und Kommentare zu den Übungen .....</b>	<b>131</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>133</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>133</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>134</b>
<b>Verordnungen und Richtlinien .....</b>	<b>135</b>

# 1 Schwimmbeckenwasseraufbereitung

In Schwimmbädern muss das verwendete Beckenwasser aufgrund der eingetragenen Verschmutzungen der Badegäste kontinuierlich aufbereitet werden, um eine gleichbleibende Wasserqualität zu erreichen.

Um dies jederzeit sicherstellen zu können, sind umfangreiche Kenntnisse der Schwimmbeckenwasseraufbereitung von Nöten.

In Kapitel 1 werden Ihnen die Grundkenntnisse zur Schwimmbeckenwasseraufbereitung vermittelt, welche Sie als zukünftige Führungskraft in Bäderbetrieben in der Berufspraxis benötigen.

Viele dieser Inhalte werden Sie sicherlich bereits heute in Ihrer Berufspraxis anwenden, teilweise auch unbewusst infolge der Berufserfahrung.

Das folgende Kapitel ist in diesem Lehrbrief das wohl umfangreichste und auch wichtigste.

Zu Beginn werden die Verfahren zur Schwimmbeckenwasseraufbereitung und die Schwimmbeckenwasserdesinfektion bearbeitet. Hierauf aufbauend wird im Anschluss die Bemessung von Wasseraufbereitungsanlagen durchgeführt.

Weiterhin werden die Chemie und Hygiene in der Wasseraufbereitung sowie die Analyseverfahren zur Kontrolle der Wasserqualität bearbeitet.

Zum Ende des Kapitels werden die Anlagen und Geräte zur Förderung und Dosierung sowie die Chemikalien zur Wasseraufbereitung erläutert.

Einige Inhalte werden möglicherweise nicht mehr so präsent sein, so dass gegebenenfalls eine stärkere Wiederholung angebracht ist. Dies wird durch die Vorteile des Fernunterrichtes und den damit verbundenen Aufbau dieses Lehrbriefes unterstützt. Hierbei spielen insbesondere die Übungen und Wiederholungsaufgaben eine wichtige Rolle.

## **Vorwort zur Schwimmbeckenwasseraufbereitung**

Die aktuellen Aufbereitungsverfahren der DIN 19643 sind zum Teil technisch sehr aufwendig.

Die häufigsten Probleme im Betrieb tauchen dann auf, wenn die Flockung und die Filtrationsstufe nicht fachgerecht betrieben werden.

Dem Bedienpersonal wird die normgerechte Flockung oft sehr erschwert, da einige Hersteller den Aluminiumgehalt des Flockungsmittels nicht eindeutig deklarieren.

Wichtig für den Betriebsablauf:

Filterspülung und Filterbett müssen von Zeit zu Zeit systematisch kontrolliert werden auf:


- Spülgeschwindigkeit
- Erreichen des Fluidisierungszustandes
- Verbackungen

- Austrag von Filtermaterial
- Beschaffenheit der Filteroberfläche

Wichtig für das Bedienpersonal ist es, Zusammenhänge von:

- pH-Wert, Säurekapazität, Flockung
- Filtrations- und Spülwassergeschwindigkeit
- Spülhäufigkeit
- Desinfektion des Filterbettes

zu verstehen.

 Die Schwimmbeckenwasseraufbereitung wird im Fachbuch „Bädertechnik für Betrieb und Ausbildung“ unter Kapitel 10 (Anlagen der Schwimm- und Badebeckenwasseraufbereitung) erfasst und beschrieben.

## 1.1 Verfahren zur Schwimmbeckenwasseraufbereitung

**Nach dem Studium von Kapitel 1.1 sollten Sie:**

1. die der Schwimmbadwasseraufbereitung zugrunde liegenden verfahrenstechnische Abläufe beschreiben können,
2. Berechnungen zu Kosten und Verbrauch durchführen können.

Im Kapitel „Verfahren zur Schwimmbeckenwasseraufbereitung“ werden die Grundlagen zur Adsorption und Flockung beschrieben.

Den Aufbau der eigentlichen Filtration können Sie sich hier erarbeiten und Ihre bereits in der Berufspraxis erworbenen Kenntnisse vertiefen.

Die unterschiedlichen Möglichkeiten der Desinfektion werden in diesem Kapitel ebenfalls bearbeitet.

Da in den verschiedenen Schwimmbädern mit teilweise unterschiedlichen Desinfektionsstufen und Desinfektionsmitteln gearbeitet wird, werden einige Verfahren für Sie hier neu sein. Dies erfordert ein besonders intensives Studium dieser Teilbereiche.

In Kapitel 1.1 werden unterschiedliche Verfahren zur Schwimmbeckenwasseraufbereitung vorgestellt und erläutert.


Bei der Schwimmbeckenwasseraufbereitung werden oft verschiedene Verfahren zu einer Verfahrenskombination zusammengefasst.

Diese basieren auf den Vorgaben der aktuellen DIN 19643, welche insgesamt vier Verfahrenskombinationen zur Schwimmbeckenwasseraufbereitung vorgibt:

- DIN 19643 Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- DIN 19643 Teil 2: Verfahrenskombination mit Festbett- und Anschwemmfilter
- DIN 19643 Teil 3: Verfahrenskombination mit Ozon
- DIN 19643 Teil 4: Verfahrenskombination mit Ultrafiltration

In Teil 1 der DIN 19643 werden „Allgemeine Anforderungen“ dargelegt, die unabhängig von Becken, Wasser und Aufbereitungsverfahren gelten. In den Teilen 2, 3 und 4 sind Verfahrenskombinationen beschrieben, mit denen die Anforderungen und Ziele von Teil 1 der Norm erreicht werden können. Weitere Verfahren können in fortlaufender Nummerierung erscheinen.

### 1.1.1 Adsorption an Pulver-Aktivkohle

 Eine Einführung in den Abschnitt „Adsorption an Pulver-Aktivkohle“ finden Sie im Fachbuch „Bädertechnik für Betrieb und Ausbildung“ im Kapitel 10.5 ab Seite 173.

Unter Adsorption wird die Anlagerung bzw. Anreicherung von Stoffen an die Oberfläche von Festkörpern durch molekulare Bindungskräfte verstanden.

Die Adsorption bei Festkörpern kann sowohl aus Gasen als auch aus Flüssigkeiten erfolgen. Bei der Adsorption dringen Moleküle in das Innere des Nachbarstoffes ein; so lagert sich z. B. Wasserstoff in Metallen ab.

Es kann zwischen der physikalischen und chemischen Adsorption unterschieden werden.

Bei der physikalischen Adsorption lagern sich die Stoffe durch physikalische Kräfte an und die adsorbierte Verbindung bleibt chemisch unverändert. Dies bedeutet, dass die adsorbierten Stoffe unter bestimmten Bedingungen wieder losgelöst werden können, also reversibel sind.

Die Kräfte, die bei der physikalischen Adsorption wirken, sind die van-der-Waal'schen Kräfte.


Bei der chemischen Adsorption tritt im Gegensatz zur physikalischen Adsorption eine chemische Bindung zwischen der Oberfläche und dem adsorbierbaren Stoff ein, sodass der adsorbierte Stoff in der chemischen Zusammensetzung verändert wird. Somit ist die chemische Adsorption nicht reversibel.

#### Ablauf und Regelung der Anlage:

Mit der Adsorption können echt gelöste oder fein verteilte (kolloidal gelöste) organische Verunreinigungen gebunden und mit einem nachfolgenden Filter wieder entfernt werden. So kann durch eine entsprechende Dosierungsmenge von Pulver-Aktivkohle die Beckenwasserbelastung durch


Trihalogenmethane (THM), adsorbierbaren organischen Halogenen (AOX) unter den Grenzwert von 0,02 mg/l und bei Chloraminen unter den Grenzwert von 0,2 mg/l reduziert werden.

Über eine Dosierungsanlage wird das Aktivkohlepulver proportional zum Volumenstrom in die Aufbereitungsanlage gepumpt und anschließend wieder durch einen Filter entfernt. Jedoch ist darauf zu achten, dass die Reaktionszeit im Aufbereitungswasser mindestens 10 Sekunden beträgt, bevor das Aufbereitungswasser in den Filter eintritt.

 Eine Tabelle mit den Mindestzugaben an Pulver-Aktivkohle finden Sie im Fachbuch „Bädertechnik für Betrieb und Ausbildung“ auf Seite 173.

### 1.1.2 Flockung

Die Flockung ist bei der Schwimmbeckenwasseraufbereitung ein wichtiger Verfahrensschritt, da jeder Badegast circa 0,5 g kolloidal gelöste Verunreinigungen und Partikel in das Beckenwasser einträgt, die aufgrund der kleinen Größe nicht von Filtern entfernt werden können.

 Die Grundlagen der chemischen Vorgänge bei dem Flockungsvorgang entnehmen Sie bitte dem Lehrbrief für mathematische und naturwissenschaftliche Grundlagen, Kapitel 10.6.1 „Bedeutung der Flockung“.

Kolloidteilchen, die organischer oder anorganischer Art sein können, sind nicht wirklich gelöst oder suspendiert und führen daher zu einer Trübung im Wasser. Der Grad der kolloidalen Verunreinigung kann mit Hilfe des Fouling Index (Kolloid-Index) oder einer Trübungsmessung bestimmt werden.

#### Einsatz von Flockungsmitteln:

Als Mittel zur Flockung sind nach der DIN 19643 Eisen- und Aluminiumsalze zugelassen (bzw. Mischprodukte).

Flockungsmittel werden kontinuierlich und gleichmäßig mit einer regelbaren Dosierungsanlage dem Wasser in der Aufbereitungsstufe zugegeben. Da die Zugabe des Flockungsmittels in Abhängigkeit der Wasserbelastung erfolgen soll, muss eine Kontrolle & Regelung der Zugabemenge durchgehend möglich sein.

Damit eine gute Flockung erreicht wird, müssen folgende Voraussetzungen gegeben sein:



Chemische Voraussetzungen:

Mindestzugabe der Flockungsmittel:

- Aluminiumsalze:  $0,05 \text{ g/m}^3 \text{ Al}$  ( $1,85 \text{ mmol/m}^3$ )
- Eisensalze:  $0,10 \text{ g/m}^3 \text{ Fe}$  ( $1,78 \text{ mmol/m}^3$ )
- Mischprodukte:  $\geq 1,85 \text{ mmol/m}^3$

Einhaltung des pH-Wertes

- Eisensalze: pH-Wert 6,5 – 7,5
- Aluminiumsalze: pH-Wert 6,5 – 7,2

Einstellung der Säurekapazität  $> 0,7 \text{ mol/m}^3$

Technische Voraussetzungen:

kontinuierliche Dosierung (z. B. Schlauchpumpe)

Einhaltung einer ausreichenden Reaktionszeit (mind. 10 s)


maximale Fließgeschwindigkeit von 1,5 m/s beim Eintritt in den Filterüberstau

keine Zerstörung/Beeinflussung des Flockenaufbaus

- keine engen Rohrwinkel, kleine Radien oder Durchmesser
- Flockungsmittelzugabe nach Pumpen anordnen, da sonst die Flocken wieder durch die Pumpe zerstört werden

Dosierungsempfehlungen für Flockungsmittel, bei unverdünnter Zugabe:

- Aluminiumhydroxid:  $0,5 - 1,0 \text{ g/m}^3$
- Aluminiumsulfat:  $0,8 - 5,0 \text{ g/m}^3$
- Eisen(III)Chlorid:  $0,7 - 3,0 \text{ g/m}^3$

 Weitere ausführliche Informationen zu dem Verfahren Flockungen finden Sie in dem Fachbuch „Bädertechnik für Betrieb und Ausbildung“ im Kapitel 10.6 (Flockung) auf den Seiten 175-177.

• **Übung 1.1**

Die DIN 19643 schreibt eine Reaktionszeit von mindestens 10 Sekunden bis zum Eintritt in den Filterüberstau vor.

- a) Berechnen Sie den minimalen Fließweg nach DIN 19643 bei maximal zugelassener Fließgeschwindigkeit!

Nach Herstellerangaben reicht eine Reaktionsstrecke von mindestens 2 m aus.

- b) Wie hoch ist die Fließgeschwindigkeit bei vorgeschriebener Reaktionszeit?

### 1.1.3 Filtration

Die Filtration stellt ein Verfahren zur Reinigung oder Trennung eines Mediums von Verschmutzungen dar und gehört zu den mechanischen Trennverfahren.

Folgende Stoffe werden als Filtermaterial verwendet:

- Filtersande und Kiese
- Dolomit
- Kieselgur
- Pulver-Aktivkohle
- Bims, Braunkohlekoks etc.

Vorgänge bei der Filtration:

#### **Siebwirkung:**

Bei allen Filtermaterialien entsteht eine Siebwirkung, die umso größer ist, je feinkörniger und dichter die Siebmaterialien sind.

Bei der Wasseraufbereitung werden deshalb Filterschichten aus Quarzsand mit einem Korndurchmesser von 0,71–1,25 mm verwendet.

#### **Sorption:**

Unter dem Begriff Sorption wird allgemein die Anreicherung von Gasen oder gelösten Stoffen in einem anderen festen Körper verstanden. Sorptionsfilter nutzen diesen Vorgang.

#### **Adsorption:**

Aufnahme von Stoffen an die Oberfläche fester Körper durch Molekularkräfte. Poröse Stoffe adsorbieren besonders stark.

#### **Absorption:**

Aufnahme von Gasen oder gelösten Stoffen in Flüssigkeiten oder festen Körpern. Nicht jedes Material ist in der Lage zu absorbieren, da zur Absorption ein hohes Porenvolumen und chemisch-physikalische Eigenschaften notwendig sind.

#### **Filterarten:**

Je nach Verwendungszweck werden unterschiedliche Filter verwendet. In der Schwimmbeckenwasseraufbereitung kommen in der Regel Schnellfilter (hohe Durchsatzrate) zum Einsatz und können unterschieden werden in

- Festbettfilter
- Anschwemmfilter
- Sorptionsfilter
- Ultrafiltrationsanlagen (DIN 19643 Teil 4)