

EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Arbeitsbuch

Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik

Lernfelder 5 – 8

Kruck

1. Auflage

Verlag Europa-Lehrmittel
Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer Straße 23
42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 14555



Verfasser:

Robert Kruck

Verlagslektorat:

Dennis Erhard Kriwald

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Nourney Vollmer GmbH & Co. KG, Ostfildern

1. Auflage 2025

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1455-5

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

www.europa-lehrmittel.de

Satz und Layout: Typework Layoutsatz & Grafik GmbH, 86153 Augsburg

Umschlag: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Nourney Vollmer GmbH & Co. KG, Ostfildern

Umschlagfotos: © roustik – stock.adobe.com, © IRINA – stock.adobe.com, © nikkytok – stock.adobe.com,

© rh2010 – stock.adobe.com

Druck: Nikolaus Bastian Druck und Verlag GmbH, 54343 Föhren

Vorwort

Das im Verlag Europa-Lehrmittel neu erschienene „**Arbeitsbuch**“ dient der Ausbildung im Beruf **Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik**. Die im zweiten Band vorliegenden Lernsituationen und Aufgaben für den handlungs- und lernfeldorientierten Unterricht decken das **2. Ausbildungsjahr (Lernfelder 5–8)** ab.

Der Inhalt dieses Arbeitsbuches ist auf folgende Lernfelder abgestimmt:

5. Trinkwasseranlagen installieren
6. Entwässerungsanlagen installieren
7. Wärmeverteilanlagen installieren
8. Sanitärräume ausstatten

Das Buch ist weitgehend so konzipiert, dass selbstständig darin gearbeitet werden kann. Aufgabe der Auszubildenden ist es, **das Tabellenbuch und Fachbuch** intensiv zu nutzen, bevor Fragen beantwortet werden. Dazu finden Sie am Rand Kästchen, um die entsprechend Seiten des Fach- und Tabellenbuches einzutragen.



Fachkunde



Tabellenbuch



Arbeitsauftrag

Im Anhang des Lösers finden Sie die **Seitenverweise** zu dem Fach- und Tabellenbuch des Verlages Europa-Lehrmittel: Europa-Nr.: 1521x und 16638.

Des Weiteren wurde nach jedem Thema ein Test, ein Quiz oder eine Klausur eingearbeitet. Diese sind im Arbeitsbuch mit einem orangen Winkel an der Außenseite der Seiten gekennzeichnet.

Außerdem finden sich immer wieder kleine Übungen zur (Selbst-)Reflexion, die überprüfen, inwieweit das Gelernte verstanden worden ist.

Alle Beispiele im Buch orientieren sich anhand der **Praxis**. Deshalb sind oft einige Erklärungen zu den Aufgaben ausführlicher dargestellt. Dies fördert das **selbstorganisierte Lernen** der Auszubildenden. Auch sollen die Erläuterungen im Band **Lehrkräften** helfen, die sich gerade erst in die Ausbildung der Anlagenmechaniker SHK einarbeiten.

Autor und Verlag sind allen Nutzern des Arbeitsbuches für Hinweise und Verbesserungsvorschläge an lektorat@europa-lehrmittel.de dankbar.

Viel Spaß und Erfolg wünsche ich allen Beteiligten.

Robert Kruck
2025

Inhaltsverzeichnis

Vorwort3

Lernfeld 5

Installation von Trinkwasseranlagen7

1. Eigenschaften des Wassers 11
Test: Eigenschaften von Trinkwasser 19

2. Projekt: Installieren einer Trinkwasseranlage22
2.1 Briefing für die neue Baustelle (Einliegerwohnung)22
2.2 Was Sie auf der Baustelle vorfinden und Hinweise zur Durchführung23
2.3 Daten und Hinweise zur geplanten Leitungsführung27
2.4 Arbeitsschritte für das Projekt „Einliegerwohnung“29
Exkurs: Rohrsysteme für die Trinkwasserinstallation33
Quiz: Rohrsysteme und Rohrwerkstoffe36
Exkurs: Dimensionieren von Rohrleitungen40

3. Schutz des Trinkwassers nach DIN 171753

4. Details zum Hausanschluss55
Abschlusstest: Kaltwasserinstallation57

Lernfeld 6

Installation von Entwässerungsanlagen61

1. Grundlagen zur Entwässerungsinstallation62
Exkurs: Physik in Entwässerungsleitungen64
Test: Physik in der Entwässerung72

2. Aufbau von Entwässerungssystemen75
2.1 Lüftungsarten verschiedener Systeme75
2.2 Installationsregeln und Anwendungsgrenzen77
Test: Aufbau von Entwässerungssystemen und Anwendungsgrenzen83

3. Planung und Auslegung87
3.1 Dimensionierung von Einzelanschlussleitungen (EALs)87
3.2 Dimensionierungen von Sammelleitungen91
3.3 Entwässerung dimensionieren, kleines Bad in einem Einfamilienhaus95
3.4 Vertiefungen zur Dimensionierung97
3.5 Projekt: Dimensionierung und Planung einer Entwässerungsanlage99

3.6 Elevator Pitch: Elemente einer Entwässerungsanlage	102
Test: Elemente einer Entwässerungsanlage	103
Quiz: Elemente einer Entwässerungsanlage	106
4. Schutz vor Rückstau	107
4.1 Projekt: Planung einer Entwässerung eines Einfamilienhauses	107
4.2 Rückstauschutz.	109
5. Projekt: Großplanung Entwässerung EFH	113
5.1 Auslegen aller SALs	114
Abschlusstest: Auslegung von EAL, SAL und Schutz vor Rückstau.	117

Lernfeld 7

Installation von Wärmeverteilungsanlagen 121

1. Eine Wärmeverteilungsanlage	122
1.1 Heizflächen – der Heizkörper	125
Quiz: Der Heizkörper	135
1.2 Wie legt man einen Heizkörper aus?	136
Exkurs: Eine kleine Wärmelehre	137
Test: Wärmemenge.	145
Test: Wärmeleistung	152
Abschlusstest: Wärmemenge und Wärmeleistung	155
2. Kundenauftrag: Ein Haus bekommt neue Heizkörper.	157
2.1 Norm-Heizlast ermitteln	160
2.2 Umrechnungsfaktor zur Solltemperatur	163
2.3 Leistungsminderung der Heizkörper.	172
2.4 Gesamte Leistungsminderung berechnen	178
2.5 Auswahl der Heizkörper – Abschluss EG!	183
2.6 Glieder für Radiatoren als Leistungsauswahl	185
Test: Heizkörper auslegen	186
3. Kundenauftrag: Selbstständig Heizkörper im DG auslegen	188
3.1 Heizlast Dachgeschoss ermitteln, Verfahren A.	190
3.2 Umrechnungsfaktor „ f_u “: Heizleistung umrechnen	191
3.3 Leistungsminderung „ f_m “ für jede Einbausituation ermitteln	192
3.4 Heizkörper auswählen nach Soll-Heizlast	193
Exkurs: Rohrnetzberechnung und Ventile	196
4. Kundenauftrag: Anschluss EG und DG	196
4.1 Ventile einstellen und Anschluss-DN bestimmen im EG	199
4.2 Ventile und Anschluss-DN für das Dachgeschoss	202

Lernfeld 8

Sanitärräume ausstatten	204
1. Was ist alles im Bad?	205
Test: Badelemente	217
2. Planen einer Badzeile	222
2.1 Setzen von Badobjekten	224
2.2 Wir planen ein Standardbad	228
2.3 Schutzbereiche im Bändern und Duschräumen	232
3. Projekt: große Badplanung, auch mit Software	234

Arbeitsheft SHK – Lernfeld 5

Installation von Trinkwasseranlagen

Im **Lernfeld 5** behandeln wir alles rund um die Trinkwasserverteilung. Das Lernfeld ist sehr wichtig, da hier ein Lebensmittel nicht nur von A nach B transportiert wird, sondern am Ende auch konsumiert wird.

Im ersten Teil des Lernfeldes schauen wir uns an, welche Eigenschaften (Trink-)Wasser hat und wie es entsteht.

Der zweite Teil beschäftigt sich mit Rohrsystemen bzw. Rohrwerkstoffen. Im Gegensatz zu Heizungswasser, das nach einigen Tagen keinen Sauerstoff mehr enthält, führt Trinkwasser ständig **frischen Sauerstoff** mit. Dies verursacht an Anlagenteilen Korrosion. Sie sehen, dass so eine Anlage vorweg genau geplant werden muss. Das wird komplizierter, je größer die Anlage sein soll. Als Auszubildende/-r und „Anfänger“ beginnen wir ganz am Anfang, um eine Baustelle von Grund auf zu verstehen.



// Motivation: Fachtheorie und Dokumentation

Für die **Planung einer Trinkwasseranlage** fertigen Sie wie nach **DIN 1988-300, Kap. 7** eine Dokumentation über die Planung einer Trinkwasseranlage an. Für das Thema „Trinkwasser“ existierten zwei nervige und sehr bekannte Probleme:

- a) Der Wasserdruck beim Duschen verändert sich stark, wenn z. B. die Toilettenspülung betätigt wird. Die Dusche wird sehr heiß.
- b) Jemand zapft am Waschbecken Warmwasser und die Dusche wird kalt.

Ganz verhindert kann man Druckschwankungen nicht, aber bei einer korrekten Installation halten sich Druckschwankungen in Grenzen.

Deshalb schreibt die **DIN 1988-300** vor, eine Dokumentation zum Angebot zu erstellen, sodass die Berechnung von anderen Personen lückenlos nachvollzogen werden kann. Die Dokumentation gewährleistet eine Sicherheit, dass alles fachlich korrekt funktioniert. Bei öffentlichen Aufträgen und großen Objekten werden alle Angebote von Dritten überprüft, um Planungsfehler zu vermeiden.

Ein konkretes Beispiel:

Ein Kunde wünscht sich für eine Badsanierung eine **Luxusdusche**. Diese wird viel mehr Wasser als die vorherig installierte **Normalbrause** verbrauchen. Wird jetzt die Luxus-Dusche mit den alten Rohrdurchmessern angebunden, kann es sein, dass Wasserdruck und Durchflussmenge zu niedrig sind. Wir besprechen konkret eine Kopfbrause von Axor (Kopfbrause 250/580 3jet).



Bild 1: Axor Kopfbrause

Technische Daten und Herstellervorgaben:

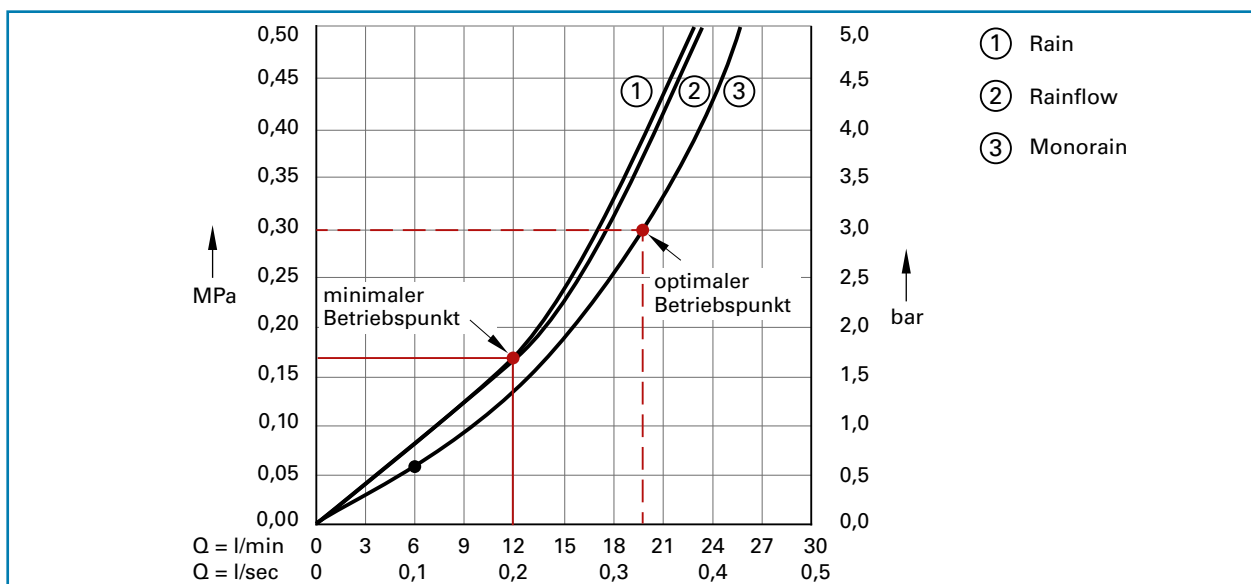


Bild 2: Technische Daten

1. Der Hersteller fordert einen Mindestdruck von 1,7 bar. Allerdings funktioniert die Brause nur mit 3 bar optimal (**siehe Bild 2**). Der Kunde erwartet ein Duscherlebnis wie beworben.

/// Daraus ergibt sich eine Durchflussmenge von 20 l/min bzw. 0,33 l/s. Gestrichelte Linie von 3 bar, senkrecht zur dicken Linie. Bei höherem Druck wird dieser Wert sogar noch überschritten.

2. Die Anschlussdimension ist DN15: Kupferrohr D18 oder Mehrschichtverbundrohr D20 mm. In der Praxis werden diese Brausen allerdings deutlich größer angebunden, da der Leitungsdruck auch über 3 bar sein muss. Dies muss der Anschluss ohne Strömungsgeräusche und Druckverluste übertragen können.

3. Unter 1,7 bar funktioniert die Brause mangelhaft und kann nicht verkauft werden. Wichtig ist zu wissen, dass der Kunde genau diese Werte auch erwarten kann, sonst gilt die Arbeit als Mangel und muss auf Kosten des Installateurs behoben werden.

Fehler können passieren, wenn bei einer Badsanierung bspw. einfach die vorherige Installation mit neuen Rohren „nachgebaut“ wird. Also dort, wo vorher z. B. 15 Ø Kupferrohr verbaut wurde, verbaut der Monteur wieder 15 Ø usw. Die alten Dimensionen reichen aber nicht aus, um die neue Kopfbrause zu versorgen.

Wenn der Eingangsdruck der Stadtwerke selbst, insbesondere abends bei hohen Verbräuchen in der Nachbarschaft schon niedrig ist, muss überprüft werden, ob bei bestehender Anlage ein Druck von 1,7 bar überhaupt erreicht werden kann, ohne die gesamte Anlage auszutauschen. Dies ist nicht immer möglich oder sinnvoll.

Bei beiden Szenarien wäre die Folge, dass die Kopfbrause nicht korrekt betrieben werden kann, der Kunde unzufrieden ist und eine Lösung fordert. Nicht selten endet so ein Streit vor Gericht. Hier klärt dann ein Sachverständiger, wer recht hat und wer nicht. Ein Sachverständiger bezieht sich dann auf geltende Normen und die Herstellerangaben.

/// Normen sind wie die Straßenverkehrsordnung für die Baustelle. Die Normen schreiben vor, wie etwas z. B. installiert werden muss. Ist die Anlage nicht nach Norm gebaut oder sind die Herstellerangaben nicht eingehalten worden, bekommt der Kunde recht. In diesem Fall muss der Kunde sich auf den Fachmann/-frau verlassen können.

/// Auf der anderen Seite erhält der Betrieb recht, wenn sich herausstellt, dass der Kunde falsche Angaben gemacht hat, die Anlage selbst verändert oder der Kunde überzogene Ansprüche hat. Damit erhält auch der Betrieb eine Sicherheit, dass er nicht zu Unrecht verklagt werden kann, da er alles korrekt nach Norm gebaut hat.

Fragen zum Text „Motivation“:

- a) Beschreiben Sie, wie es zu Druckschwankungen im Trinkwassersystem kommen kann.



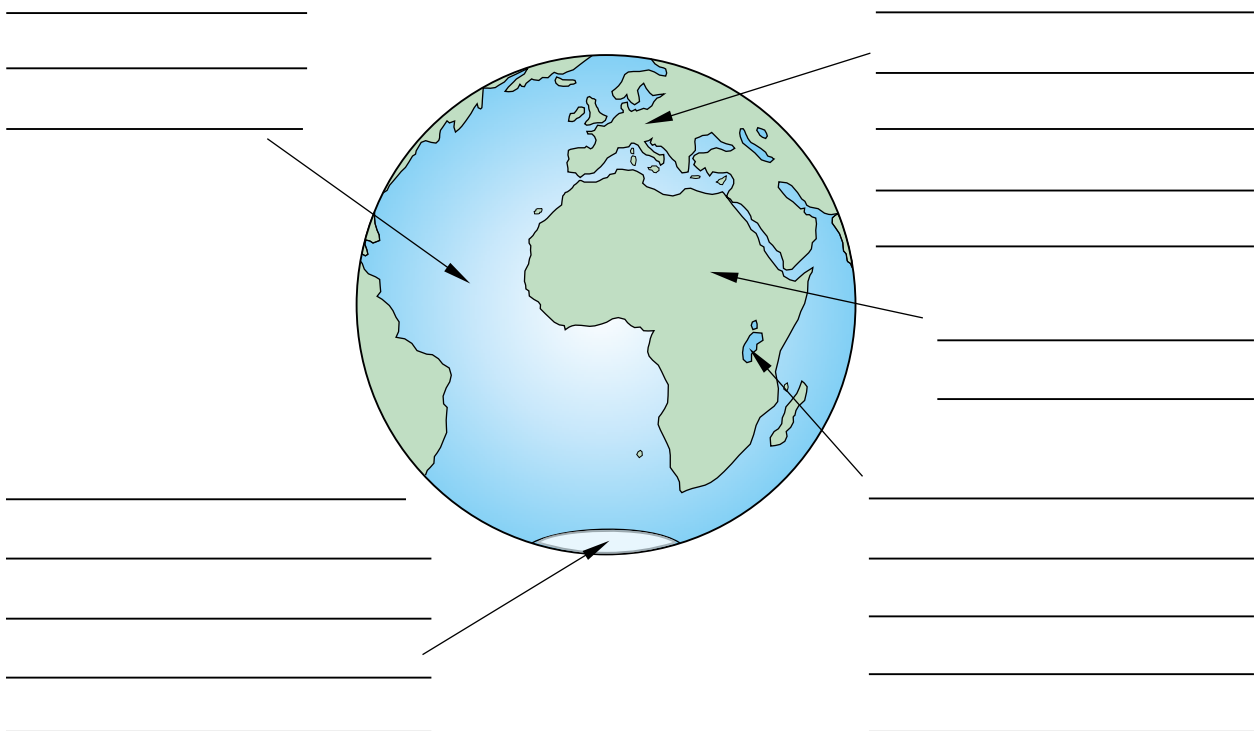
1. Eigenschaften des Wassers

Wasser ist ein Lebensmittel. Ohne Wasser ist das Leben für den Menschen keine drei Tage möglich. Aber auch für die Landwirtschaft und für Tiere ist Wasser das wichtigste Element. Dabei ist die Erde zu 71 % von Wasser bedeckt. Davon sind 97 % in den Weltmeeren (Salzwasser). Die allermeisten Pflanzen vertragen Salzwasser nicht. Für den Menschen sind wenige Schlucke schon ungesund. Zu viel Salzwasser trinken kann zum Tod führen.

Das heißt, etwa 3 % des Wasservorkommens auf der Erde sind Süßwasser. Davon sind allerdings 68 % gebunden, z. B. in Eis und Schnee am Nordpol, auf den Alpen oder in der Antarktis. Weitere 30 % liegen im Boden als Grundwasser vor. Das restliche Süßwasser findet sich dann in Seen, Flüsse, Moore und als Luftfeuchtigkeit.

/// Dies bedeutet, wir verfügen auf der Erde zwar über viel Wasser. Dies ist zum größten Teil aber Salzwasser. Das wenige Süßwasser ist meist nicht zugänglich, weil es als Eis, Schnee oder sehr tief im Boden vorliegt.

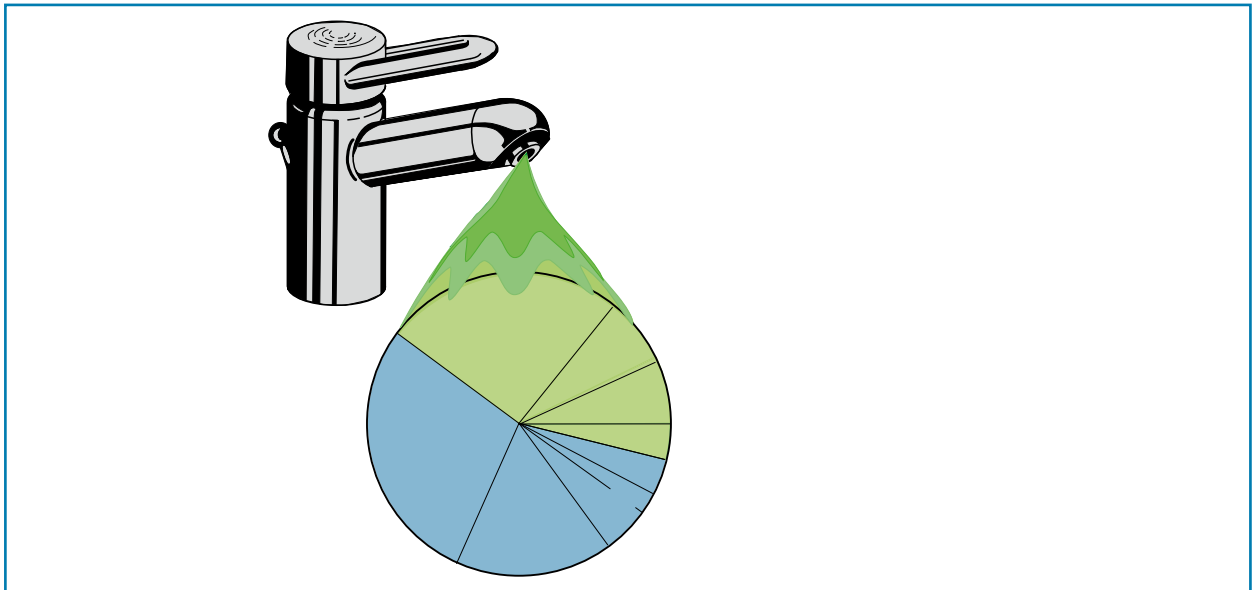
Beschriften Sie die Grafik der Erde mit den Prozentsätzen, sodass die Verteilung Süßwasser/Salzwasser sichtbar ist und als Merkhilfe funktionieren kann.



Die Versorgungsunternehmen (VU, auch als Stadtwerke bezeichnet) fördern Wasser für die Haushalte aus dem Grundwasser der Umgebung, indem z. B. tiefe Brunnen gebohrt werden. Das Wasser wird durch das Rohrleitungsnetz und leistungsfähige Pumpen zu den Verbrauchern gefördert.



Recherchieren Sie im Fachbuch, wie hoch der Trinkwasserverbrauch im Durchschnitt in Deutschland ist und wie viel Wasser für welchen Zweck verbraucht wird.



// **Arbeitsauftrag: Eigenschaften des Wasser – Präsentation**



Für den Einstieg und die Grundlagen teilen Sie sich in Gruppen ein und bearbeiten die folgenden Themen. In der Aufgabenbeschreibung erhalten Sie „verbindliche Inhalte“. Diese müssen während des Vortrags erklärt werden.

Setzen Sie für den Vortrag 5 min – 10 min an.

Gruppe	Thema und Inhalte	Referenten
A pH-Wert	<p>Sie haben von Ihrem/-er Meister/-in erfahren, dass Kupferleitungen bei einem pH-Wert kleiner 7,0 nicht mehr eingebaut werden dürfen. Da Sie sehr wissbegierig sind, fragen Sie sich natürlich, was der pH-Wert eigentlich ist?</p> <p>Eigenschaften und Wirkung des pH-Wertes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Erarbeiten Sie, wie der pH-Wert zustande kommt. 2) Wie wird der pH-Wert gemessen? 3) Welchen Effekt hat ein hoher oder niedriger pH-Wert auf Kupferleitungen, Kalk im Wasserkocher oder auf die menschliche Haut? <p>Zusatz: Besorgen Sie unterschiedliche Wasserproben und messen Sie zum Vortrag unterschiedliche pH-Werte.</p>	

<p>B</p>	<p>Sie arbeiten auf einer Baustelle für ein Restaurant und verlegen eine Kaltwasserleitung für die Espressomaschine. In diese Zuleitung wird eine Kartusche installiert, die das Wasser enthärten soll. Der Kunde fragt, was eine Enthärtung überhaupt ist.</p>	
	<p>Härte des Wasser</p>	<p>Erläutern Sie die Entstehung von Härte im Wasser:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Zeigen Sie die chemischen Elemente, die Wasserhärte bilden. 2) Erläutern Sie, wie sich Wasserhärte auf Teile der Anlage oder Hausgeräte auswirkt. 3) Erläutern Sie den Unterschied zwischen Carbonathärte und Nichtcarbonathärte. <p>Zusatz: Besorgen Sie unterschiedliche Wasserproben und messen Sie zum Vortrag die Wasserhärte mittels Hörtetest.</p>
<p>C</p>		<p>Sie beginnen bei einem Kunden mit der Installation einer Trinkwasseranlage. Als Rohrsystem wird Metall-Mehrschicht-Verbundrohr verwendet. Ihr/Ihre Meister/-in hat Ihnen erklärt, dass der TOC-Wert und der pH-Wert nicht zusammenpassen und deshalb kein Kupfer installiert werden darf.</p>
	<p>TOC</p>	<p>Erarbeiten Sie diesbezüglich die Regeln zur Kupferinstallation:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Erläutern Sie dem Kunden, was der TOC-Wert aussagt. 2) Erläutern Sie, welche Kombination aus TOC- und pH-Wert Kupferrohre angreift. 3) Was sind die Gründe für den Angriff? 4) Arbeiten Sie mindestens fünf Beispiele aus TOC- und pH-Wert-Kombinationen heraus, die das Publikum bearbeiten muss: Kupfer erlaubt ja/nein!? <p>Zusatz: Googeln Sie dazu „Kupferrohr pH-Wert TOC“ und/oder „DIN 50930-6“ und recherchieren Sie die Grenzwerte.</p>

<p style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">D</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold;">Bakterien</p>	<p>Nachdem Sie und Ihr Geselle ein Kesselhaus saniert haben und in Betrieb nehmen, startet Ihr Geselle die „thermische Desinfektion“ für den Warmwasserspeicher. Der Kunde ist sparsam und fragt Sie, ob es nötig wäre, das Warmwasser so hoch zu erhitzen und wie oft man das machen müsse.</p> <p>Erläutern Sie die Gefahr von Bakterien, die im Trinkwasser entstehen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Erläutern Sie dem Kunden, was Legionellen und E.Coli-Bakterien sind. 2) Erläutern Sie, welche Auswirkungen diese Bakterien auf den Menschen haben. 3) Zeigen Sie Eigenschaften der Bakterien auf und wie diese in das Trinkwasser gelangen. 4) Zum Schluss erläutern Sie, wie Schutzmaßnahmen aussehen, um das Vermehren von Bakterien zu verhindern oder um die Bakterien zu töten? 	
<p style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">M</p> <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-weight: bold;">Kreislauf des Wassers</p>	<p>Die Entstehung des Wassers ist eigentlich der Anfang von allem, ohne Wasser kein Leben.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Erläutern Sie den Kreislauf des Wassers, insbesondere die Bereiche „natürlicher Kreislauf des Wassers“ und „künstlicher Kreislauf des Wassers“. 2) Beziehen Sie die Physik des Wassers mit ein. Erläutern Sie anhand den Vorgängen innerhalb der beiden Kreisläufe die Effekte: <ul style="list-style-type: none"> • Kristallisieren, • Schmelzen, • Verdampfen, • Sieden und • Kondensieren. 3) Beschreiben Sie grob das Funktionsprinzip einer Kläranlage. 	

// Kann-Liste zur Vortragsreihe „Eigenschaften des Wassers“

Fassen Sie die Themen aus den Vorträgen noch einmal aus dem Gedächtnis zusammen. Nutzen Sie dazu auch das Fachbuch, das Internet oder Ihre Sitznachbarn.



Thema	Inhalte	Seite im Fachbuch	Check ✓
pH-Wert	Ursache für unterschiedliche pH-Werte, Messen und Auswirkungen auf Trinkwasseranlagen und den Menschen.		<input type="checkbox"/>
Härte des Wassers	Entstehung und Elemente von Härte, Einheiten, Carbonathärte und Nicht-Carbonathärte, Auswirkungen auf die Trinkwasseranlage.		<input type="checkbox"/>
TOC	Bedeutung TOC, Vorkommen im Wasser, Aussage Messwert TOC, Kriterium für ein Verbot für Kupferrohr TOC und pH-Wert, Begründung für den Ausschluss von Kupferrohr.		<input type="checkbox"/>
Bakterien	Zwei wichtige Bakterien, die in Trinkwasseranlagen vorkommen können. Gefahren und Gesundheitsprobleme, Grenzwerte aus der Trinkwasserverordnung, Maßnahmen zum Erhalt der Trinkwasserhygiene.		<input type="checkbox"/>
Kreislauf des Wassers	Entstehung von Trinkwasser durch den Kreislauf des Wassers, Temperaturverlauf von Eis ab -18°C (Gefriertruhe) bis Wasserdampf (Kochtopf), alle Temperaturen und Aggregatzustände. Einfacher Aufbau einer Kläranlage.		<input type="checkbox"/>

/// Auf der nächsten Seite finden Sie „Spickzettel“. Nutzen Sie diese zur Vorbereitung auf einen Test zu den Vorträgen.

Test: Eigenschaften von Trinkwasser

LF5	Eigenschaften von Trinkwasser	
Max. Punkte: 70	erreichte Punkte:	Note:

a) Erläutern Sie den Messwert pH-Wert und wie der pH-Wert bestimmt wird. Nennen Sie Bereiche in unserem Beruf, für die das Beachten des pH-Werts wichtig ist. (6)

b) Erläutern Sie die Größe TOC-Wert. (8)

c) Beschreiben Sie, was unter der „Härte des Wassers“ verstanden wird. Nennen Sie den Fachbegriff, die Einheit, die chemischen Bestandteile und die Ursache für diesen Wasserwert. (10)

d) Benennen Sie biologische Verunreinigung des Trinkwassers. Nennen Sie mindestens zwei und beschreiben Sie Gefahren für den Menschen durch diese Bakterien. (7)

e) Nennen und erläutern Sie Schutzmaßnahmen in der Trinkwasserhygiene zur Verhinderung bakterieller Verunreinigung (mindestens zwei). (6)

f) Erläutern Sie die Vorgänge „thermische Desinfektion“ und „chemische Desinfektion“. Des Weiteren erklären Sie die Notwendigkeit und das Prinzip der Durchführung. (8)

g) Ihr/Ihre Meister/-in hat verschiedene Projekte in Arbeit. Für diese erhält er Analysen der Versorger bzw. pH- und TOC-Werte. Markieren Sie, bei welchen Ergebnissen Kupfer als Rohrmaterial nicht installiert werden darf. (3)

- pH 7,1 und TOC 0,3 mg/l
- pH 6,3 und TOC 1,0 mg/l
- pH 7,1 und TOC 2,1 mg/l
- pH 6,9 und TOC 1,5 mg/l
- pH 7,9 und TOC 1,2 mg/l