

Kupferlegierungen in der Trinkwasser- Installation

In wieweit Installationswerkstoffe die Wasserqualität beeinflussen und warum Wasser aus dem Zapfhahn oft nicht mehr dieselbe Qualität wie im Wasserwerk hat, wurde im ersten Teil unseres Beitrages (SBZ 23/2005) besprochen. Der vorliegende zweite und letzte Teil befasst sich mit modifizierten Legierungen, deren Bauteile in allen Wasserqualitäten eingesetzt werden können.



Unser wichtigstes Lebensmittel, das Trinkwasser, wird besser geschützt und kontrolliert als je zuvor

Kupferwerkstoffe sind heute aus der Haus- und insbesondere aus der Trinkwasser-Installation nicht mehr wegzudenken. Dies gilt für alle Funktionsteile, unabhängig davon, ob es sich um Messing (Kupfer-Zink-Legierung) oder Rotguss (Kupfer-Zinn-Zink-Legierung) handelt. Die physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften der Kupferlegierungen ermöglichen die Herstellung haltbarer und funktionaler Bauteile. Leistungsmerkmale wie Festigkeit, Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit lassen sich durch den gezielten Einsatz von Legierungselementen steuern. Dies ermöglicht maßgeschneiderte Werkstoffe für unterschiedliche Anwendungen.

Weit gefasstes Spektrum

In Europa werden jährlich rund 750 000 Tonnen Kupferlegierungen für die Sanitärindustrie produziert. Dies teilt sich auf in ca. 85 % Messinglegierungen und rund 15 % Rotguss. Das Spektrum an Produkten bzw. Funktionsteilen aus Kupferlegierungen in der Trinkwasser-Installation ist weit gefasst. Es reicht von Armaturen über Wasserzähler, Pumpen, Filter, Druckminderer bis hin zu einer Vielzahl der verschiedensten Fittings. Auf Kupferlegierung basierende Funktionsteile können

mit jedem Rohrsystem kombiniert werden. Als Verbindungstechnik hat sich dabei das Verpressen, das Weich- und Hartlöten sowie das Verschrauben durchgesetzt. Ein weiterer Aspekt der Kupferwerkstoffe ist, dass die Rohstoffe bis weit in die nächsten Jahrhunderte gesichert sind. Knappheitsprobleme sind nicht in Sicht, auch weil die Werkstoffe in einem Kreislauf von Metallgewinnung, -verarbeitung, -nutzung und -rückgewinnung geführt werden. Produkte aus Kupfer, Messing und Rotguss werden nach ihrer Nutzung eingeschmolzen und zu neuen Produkten verarbeitet. Qualitätseinbußen finden bei der Wiederverwertung nicht statt, auch nicht nach vielfachen Recyclingdurchläufen. Auch unter der neuen, 2001 vom Gesetzgeber verabschiedeten und 2003 in Kraft getretenen Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) haben Kupferwerkstoffe wie Messing und Rotguss und die aus ihnen gefertigten Bauteile ihre Bedeutung in der Hausinstallation behalten. Die Industrie hat mit der Entwicklung neuer, verbesserter Legierungen auf die erhöhten hygienischen und gesundheitlichen Anforderungen an die Beschaffenheit von Trinkwasser reagiert und die Wandlungs- und Anpassungsfähigkeit dieser Werkstoffe demonstriert. Ihre Modernität stellen Kupferwerkstoffe in zahlreichen weiteren Anwen-

dungen unter Beweis, zum Beispiel in „intelligenten“ Armaturen (Bild 1), die berührungslos Wasser schalten: Für die Steuerung der elektronischen Bauteile werden Kupferlegierungen wegen der guten Leitfähigkeit ihres Basismaterials genutzt.

Eingeschränkte Werkstoffe und Materialien

Mit der Trinkwasserverordnung 2001 sind Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit und damit an die Hausinstallation deutlich gestiegen. Die Verordnung legt fest, dass „nur Werkstoffe und Materialien verwendet werden (dürfen), die in Kontakt mit Wasser Stoffe nicht in solchen Konzentrationen abgeben, die höher sind, als nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik unvermeidbar ...“ Damit soll sichergestellt werden, dass

 Deutsches Kupferinstitut
Am Bonnehof 5, 40474 Düsseldorf
Telefon (02 11) 47 96-300
Telefax (02 11) 4 79 6-3 10
www.kupferinstitut.de

vom Trinkwasser, über die gesamte Lebenszeit konsumiert, keine gesundheitsschädlichen Folgen ausgehen. „Wasser für den menschlichen Gebrauch muss frei von Krankheitserregern, genusstauglich und rein sein“, heißt es in der TrinkwV 2001. Rein, aber nicht „unnatürlich“ rein, quasi keimfrei. Da geringe Änderungen der Wasserbeschaffenheit in der Trinkwasser-Installation prinzipiell unvermeidbar sind, lässt der Gesetzgeber mikrobiologische und chemische Veränderungen im Wasser bis zu bestimmten Grenzwerten zu. Diese Grenzwerte basieren auf Werten der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und führen bei lebenslangem Genuss des Trinkwassers zu keinen gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Neu an der TrinkwV 2001 ist zudem, dass die Überwachung der Wasserqualität und entsprechende Konzentrationsmessungen der Parameter in Trinkwasserproben an der Entnahmestelle, dem „Zapfhahn“, vorgenommen werden. Damit sind nicht nur der Wasserversorger, sondern auch der Hauseigentümer, der Planer und das SHK-Fachunternehmen für die Wasserbeschaffenheit an der Entnahmestelle mit verantwortlich.

Einsatz metallischer Werkstoffe

Vor diesem Hintergrund kommt der Werkstoffwahl bei Neuinstallationen eine große Bedeutung zu, da Veränderungen der Wasserqualität nicht nur durch Mikroorganismen, sondern auch durch die Wechselwirkung von Werkstoffen mit dem Wasser hervorgerufen werden können. Mit Blick auf mögliche Migrationsbewegungen von Werkstoffbestandteilen, also dem Eintrag in das Trinkwasser, spielen außerdem die Wasserbeschaffenheit, die Installationsausführung und ihr Alter sowie in wesentlichem Umfang die Betriebsbedingungen, zum Beispiel die Verweilzeit des Wassers in der Installation, eine wichtige Rolle. Diese Aspekte sind im Teil 1 näher erläutert worden



Bild 1 Mittels der Durchflussmessarmatur können Temperaturen und Volumenströme in Rohrnetzen ermittelt werden.

Die metallische Werkstoff-Kombination sichert Erfassung und Weiterleitung der Werte



Bild 2 Teile aus Messing und entzinkungsbeständigem Messing in der Sanitär Anwendung

und sollen hier nicht weiter betrachtet werden. Ergänzend zur TrinkwV 2001 wurde in der DIN 50930-6, verbunden mit der DIN 50931-1 der Einsatz metallischer Werkstoffe festgelegt, die mit Trinkwasser in Berührung kommen. Die DIN 50930-6 beschreibt den Einfluss wasser- und werkstoffseitiger Parameter sowie der Betriebsbedingungen auf die Veränderung der Wasserbeschaffenheit bei Kontakt des Trinkwassers mit metallischen Werkstoffen – sofern deren Reaktionsprodukte mit Wasserinhaltsstoffen für die Beschaffenheit des Wassers relevant und mit Grenzwerten in der Trinkwasserverordnung belegt sind. Wichtig für die Hersteller von Funktionsteilen aus Kupferlegierungen (Bild 2) und für

deren Anwender ist: Werden die in der DIN 50930-6 definierten Anforderungen an die Werkstoffe erfüllt, gelten gleichzeitig auch die Bestimmungen der TrinkwV 2001 als erfüllt. Dass heißt für die hier behandelten Kupferlegierungen, sie können in allen Trinkwässern uneingeschränkt eingesetzt werden.

Marktrelevante Legierungsgruppen

Beim heutigen Einsatz von Kupferlegierungen in der Trinkwasser-Installation sind speziell drei Legierungen aus der Gruppe der Messing- und des Rotgusses marktrelevant. Zum einen die Kupfer-Zink-Legierung CuZn40Pb2. Dieses Messing zeichnet sich dadurch aus, dass es gut warmformbar und spanbar ist. Außerdem lässt es sich weich- und hartlöten. Die Legierung wird vor allem für Warmpress- und Drehteile eingesetzt. Typische Produkte sind Wasserarmaturen und Rohrverbinder. Als entzinkungsbeständiges Messing ist die Legierung CuZn36Pb2As hervorzuheben. Dieser Werkstoff besticht neben seiner Entzinkungsbeständigkeit, die nach ISO 6509 überprüft wird, dadurch, dass er gut spanbar, kalt- und warmformbar ist. Er ist obendrein in kritischem Wasser korrosionsbeständig. Die Kombination dieser Eigenschaften macht ihn für Haushaltsarmaturen und Fittings geeignet. Als Rotguss werden Kupfer-Zinn-Zink-Gusslegierungen mit hohem Kupfergehalt und einem Zinkgehalt von lediglich bis zu neun Prozent bezeichnet. In der Trinkwasser-Installation kommt gemäß DIN 50930-6 die Legierung CuSn5Zn5Pb3 eine modifizierte Form der genormten Legierung CuSn5Zn5Pb5 zum Einsatz. Sie zeichnet sich durch eine hohe Korrosionsbeständigkeit bei etwas geringerer Festigkeit (Bild 3) aus und wird zu



Bild 3 Eigenschaften von Messing und Rotguss

¹ bezogen auf Umgebungsluft und Trinkwasser
² Wirkung aus Spannungskorrosion und Entzinkung
³ im wärmebehandelten Zustand

Einfluss der Elemente in Kupferwerkstoffen

Cu	Basiselement, Korrosionsbeständigkeit, Leitfähigkeit
Zn	Festigkeit, Dosierung bestimmt Eigenschaften
Pb	Spanbrecher, Schmiermittel, Dichtstoff
Al	Korrosionsbeständigkeit
Ni	Festigkeit, Korrosionswiderstand
As	Inhibitor, Verbesserung der Entzinkungsbeständigkeit
Fe	Festigkeit, Rekristallisationstemperatur, Kornfeinung
Mn	Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit
Si	Festigkeit, Gleiteigenschaften, Zähigkeit, Korrosionsbeständigkeit

Bild 4 Einfluss der Elemente in Kupferwerkstoffen

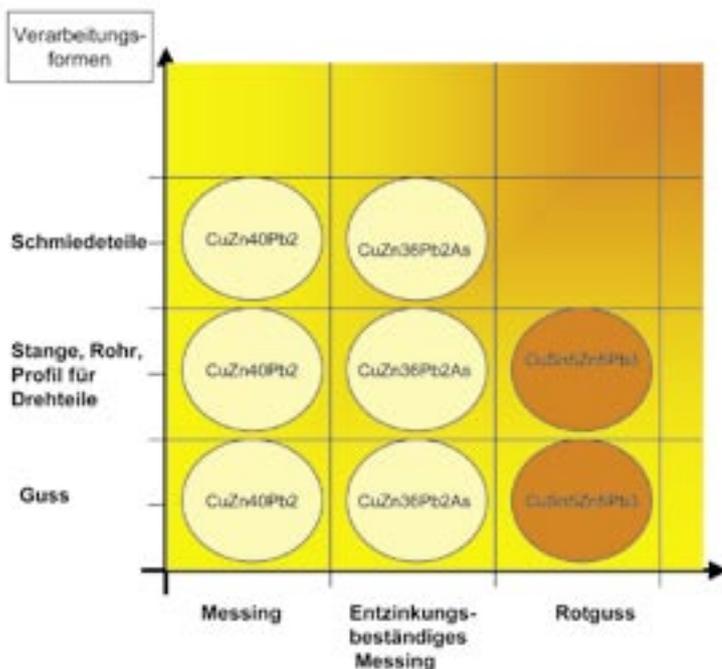


Bild 5 Lieferformen der beschriebenen Legierungen

Armaturen (außer Sanitärarmaturen), Schraub-, Löt- und Pressfittings verarbeitet. Die drei beschriebenen Legierungsgruppen werden bestimmt durch die Basiselemente Kupfer (Cu) und Zink (Zn) und gegebenenfalls Zinn (Sn). Diese Elemente sorgen für die Grundfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit der Sanitärprodukte und Funktionsteile und lassen sich durch Zugabe weiterer Legierungselemente gezielt beeinflussen (Bild 4). In allen drei Werkstoffgruppen kommen geringe Mengen Blei zum Einsatz. Es dient als Spanbrecher und Schmiermittel bei der Ver- und Bearbeitbarkeit des Werkstoffs bzw. der Funktionsteile (Bild 5).

Schutz vor Korrosionsangriffen

Die minimale Beigabe von Arsen (As) im entzinkungsbeständigen Messing dient als Inhibitor: als Hemmstoff, der einer Entzinkung

von Messing entgegenwirkt. Diese Form eines selektiven Angriffes kann in stark chloridhaltigem, weichem Wasser auftreten. In einem derartigen Medium, das als Trinkwasser in Deutschland eher selten verteilt wird, können sich beim Standardmessing Kupfer und Zink auflösen. Das Zink wird in der Folge weggeführt, während das Kupfer wieder als schwammartige Masse abgeschieden wird. Die Korrosionsbeständigkeit der Kupferwerkstoffe beruht auf ihrer Fähigkeit, stabile Deckschichten auszubilden, die den Werkstoff vor Korrosionsangriffen schützen. Dieser Prozess lässt sich durch Zugabe von Legierungselementen positiv beeinflussen. Bei der Deckschichtbildung laufen folgende Vorgänge ab: Wird ein mit sauerstoffhaltigem Trinkwasser beaufschlagtes Bauteil aus Kupferwerkstoffen in Betrieb genommen, so bildet sich zunächst aufgrund einer Reaktion der Legierungsbestandteile mit dem im Wasser gelö-

ten Sauerstoff eine Schutzschicht aus überwiegend Kupferoxid auf der Bauteiloberfläche. In der Regel reagiert diese Schutzschicht dann mit den Salzen und Gasen, die im Wasser enthalten sind. Auf der Schutzschicht bildet sich eine Deckschicht aus, die hauptsächlich aus basischen Kupferkarbonaten besteht. Diese Deckschichten sind schwer löslich und können in Abhängigkeit von der Wasserbeschaffenheit und den Betriebsbedingungen die unterschiedlichsten Farbtöne annehmen. Mit der Zeit nimmt der Reaktionsprozess zwischen den Wasserinhaltsstoffen und den Legierungsbestandteilen immer weiter ab und es kommt annähernd zu einem Stillstand der Deckschichtbildung. Es bildet sich ein Gleichgewichtszustand zwischen einer wegen der geringen Löslichkeit der Deckschicht nur in geringsten Mengen stattfindenden Deckschichtauflösung und einer in gleichem Umfang stattfindenden Deckschichtneubildung. Im Ergebnis gelangen mit zunehmender Deckschicht immer weniger Reaktionsprodukte in das Trinkwasser.

Grenzwertbetrachtung chemischer Parameter

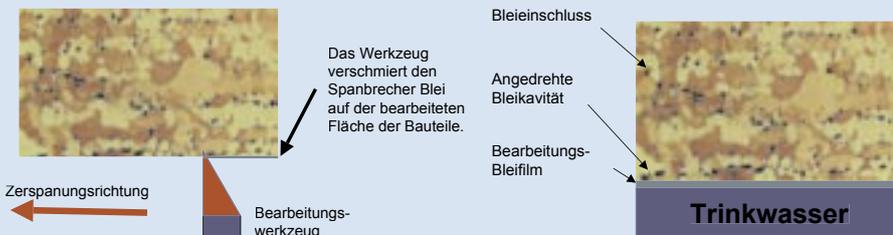
Entscheidend für die hygienische Bewertung der Einsetzbarkeit eines Werkstoffs bzw. Bauteils in Trinkwasser-Installationen ist die Einhaltung bzw. Unterschreitung von Grenzwerten verschiedener chemischer Parameter (die in der TrinkwV 2001 aufgelistet sind) an der Zapfstelle. Für Kupfer liegt der Grenzwert bei 2 mg/l, für Blei bei 0,025 mg/l (bis 30. Nov. 2013) bzw. 0,01 mg/l (ab Dezember 2013), für Nickel bei 0,02 mg/l und für Arsen bei 0,01 mg/l, um die für den Einsatz von Kupferwerkstoffen relevanten Größen zu nennen. Im Unterschied zu anderen Parametern der TrinkwV wird der Grenzwert bei den Metallen Kupfer, Nickel und Blei auf der Grundlage einer durchschnittlichen wöchentlichen Wasseraufnahme des Verbrauchers ermittelt. Hierzu gibt es eine entsprechende Probenahme-Empfehlung des Umweltbundesamtes, die z. B. unter www.dvgw.de zu finden ist. Für den Bauteilehersteller von Trinkwasser-Installationen stellte sich vor dem Erscheinen der DIN 50930-6 die Frage, wie die Werkstoffe beschaffen sein müssten, damit sie diese Grenzwerte sicher einhalten. Die DIN 50930-6 ist ein Regulativ für den Bauteilehersteller. Sie gibt dem Planer und Installateur die Sicherheit, dass die an der DIN 50930-6 ausgezeichneten Werkstoffe bzw. Bauteile die Anforderungen der TrinkwV 2001 automatisch erfüllen. Das Prüfzeichen des DVGW oder das RAL-Siegel der Gütegemeinschaft Messing-Sanitär e.V. garantieren, dass die eingesetzten Bauteile der Armaturen- und Fittinghersteller

in allen Trinkwässern uneingeschränkt verwendet werden können. Bereits an dieser Stelle sei festgehalten, dass die von deutschen Produzenten eingesetzten Kupferlegierungen CuZn40Pb2 (Messing), CuZn36Pb2As (entzinkungsbeständiges Messing) und CuSn5Zn5Pb3 (Rotguss) den Hygieneanforderungen der DIN 50930-6 entsprechen und in allen Trinkwässern nach TrinkwV 2001 uneingeschränkt einsetzbar sind.

Migrationsverlauf des Legierungselementes Blei

Die Konzentration chemischer Stoffe im Trinkwasser wird, wie erwähnt, durch mehrere Faktoren beeinflusst. Eine zentrale Einflussgröße auf die mögliche Änderung der Wasserbeschaffenheit ist die Aufnahme von Reaktionsprodukten metallischer Komponenten mit den Wasserinhaltsstoffen. Dabei kann es sich um werkstoff- und wasserseitige Einflussgrößen sowie um Einflussgrößen aus der Installation, Inbetriebnahme und dem Betrieb handeln.

Die Reaktionsfreudigkeit eines Werkstoffs wird primär durch das elektrochemische Potenzial bestimmt und richtet sich meist nach den Eigenschaften der Deckschicht, die sich nach der Inbetriebnahme der Installation bei Kontakt mit Wasser bildet. Im Allgemeinen ist davon auszugehen, dass die Konzentration von Reaktionsprodukten bei neuen Installationen größer ist als bei alten Installationen, da die Ausbildung der Deckschicht einige Zeit in Anspruch nimmt. Bei Bauteilen aus Messing und Rotguss richtet sich der Blick dabei besonders auf Elemente, die in geringem Maße zulegiert werden, so z. B. auf das Legierungselement Blei.



Wie erwähnt, dient Blei als Spanbrecher. Durch die spanende Bearbeitung werden die im Grundwerkstoff enthaltenen Bleipartikel zerschnitten und es wird ein hauchdünner Bleifilm auf der Oberfläche der Funktionsteile erzeugt. Dieser reagiert während der Anfangsbetriebszeit mit dem Wasser. Die Auflösung dieses Films führt zunächst zu höheren Werten, die jedoch nach kurzer Betriebsdauer deutlich unter die von der WHO festgelegten und in der TrinkwV 2001 aufgeführten Grenzwerte sinken. Dieser Zeitraum entspricht oftmals dem, der vor der eigentlichen Nutzung auftritt. In der Folge ist die Migration von Blei in das Trinkwasser keine nennenswerte Größe mehr – vor allem vor dem Hintergrund der 50-jährigen Lebensdauer von Komponenten der Trinkwasser-Installation.

Die DIN 50930-6 trägt dem Rechnung, indem sie darauf verweist, dass die „Beurteilung der Eignung eines Werkstoffes oder einer Installationskomponente im Hinblick auf eine Veränderung der Wasserbeschaffenheit durch Korrosionsprodukte frühestens dann möglich (ist), wenn nach einer bestimmten Betriebsdauer keine ungünstigen Anfangsbe-



Bild 6
Zirkulationsregelventil

dingungen mehr vorliegen.“ Aus mehreren Messproben und Messphasen, die über einen Zeitraum von max. 104 Wochen, mindestens jedoch 26 Wochen (sofern die Parameterwerte unterschritten werden und der Kurvenverlauf abfallend ist) laufen, wird nach einem in DIN 5930-6 beschriebenen Verfahren ein Wert ermittelt, der als repräsentativ für das Trinkwasser angesehen wird. Für die Werkstoffe CuZn40Pb2, CuZn36Pb2As und CuSn5Zn5Pb3 gilt nach DIN 50930-6 der Nachweis als erbracht, dass diese in allen Trinkwässern uneingeschränkt einsetzbar

Sicht nicht relevant sind, sondern nur, wieviel davon in Lösung geht.

Modifizierte Kupferwerkstoffe

Schon 1993 hat sich die Industrie den Anforderungen gestellt, die eine novellierte Trinkwasserverordnung mit sich bringen würde. Die nachfolgenden Entwicklungsarbeiten zielten darauf, die Legierungsbestandteile von Kupferwerkstoffen für die Trinkwasser-Installation so zu modifizieren, dass sie in allen Trinkwässern gemäß der damals sich abzeichnenden und heute gültigen TrinkwV 2001 einsetzbar sind. Im Fokus dieser Bemühungen stand vor allem die Verringerung der Blei-, Nickel- und Arsengehalte. Zahlreiche Tests und Messungen wurden durchgeführt, bis die Ergebnisse hinsichtlich Funktionalität, Ver- und Bearbeitbarkeit und – natürlich – hinsichtlich der sicheren Einhaltung der Trinkwasserverordnung den Ansprüchen der Bauteilhersteller genügten. Herausgekommen sind eine Reihe modifizierter Kupferwerkstoffe, die auch in wirtschaftlicher Hinsicht den heutigen und künftigen Anforderungen an ein lebenslang konsumiertes Trinkwasser gerecht werden. Denn so wichtig es ist, die Migration von chemischen Stoffen in das Trinkwasser möglichst gering zu halten, so wichtig ist es, die Funktionalität der eingesetzten Werkstoffe möglichst immer weiter zu verbessern und auch die Wirtschaftlichkeit nicht aus den Augen zu verlieren. Ein Beispiel hierfür ist das Zirkulationsreguliertventil (Bild 6), das zur Verringerung des Legionellenwachstums beiträgt.

Zwei Jahre Erfahrung mit der neuen Trinkwasserverordnung machen deutlich, dass unser wichtigstes Lebensmittel das Trinkwasser besser geschützt und kontrolliert wird, als je zu vor. Die früh begonnenen Entwicklungen der Kupferindustrie zur Herstellung von modifizierten Legierungen, deren Bauteile nach der heute gültigen Trinkwasserverordnung durchaus in allen Wasserqualitäten eingesetzt werden können, haben sich bewährt. Diese Erkenntnis zeigt, dass das Potenzial, Kupferlegierungen auf spezifische Anforderungen hin zu modifizieren, noch nicht ausgeschöpft ist. □