



**Zusammenfassung, Auswertung und Interpretation von Bisphenol A
Messungen im Trinkwasser nach Rohrrinnensanierung mit
Epoxidharzen**

Studienbericht

Oktober 2015

bipro

Kunde	Verband der Rohrrinnensanierer e.V. Dudenstraße 27 D-68167 Mannheim
Projekt	Bisphenol A im Trinkwasser nach Rohrrinnensanierung
Beratung	Kontaktpersonen: Dr. Iris Gutiérrez, Sonja Bauer BiPRO GmbH Grauertstrasse 12 81545 Munich Germany
Kontakt	BiPRO GmbH
Telefon	+49-89-18979050
Telefax	+49-89-18979052
E-mail	Iris.Gutierrez@bipro.de, Sonja.Bauer@bipro.de
Website	http://www.bipro.de

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	4
1 Zusammenfassung.....	5
2 Hintergrund und Zielsetzung der Studie	6
2.1 Studienziel.....	6
2.2 Epoxidharz in Trinkwasserrohrinnensanierungen	7
2.3 Richtwerte für BPA im Trinkwasserbereich	7
2.4 Rolle des menschlichen Metabolismus auf Toxizität von BPA und gefährdete Personengruppen	8
3 Datenerhebung und Datenauswertung	9
3.1 Auswertung Fragebogen.....	9
3.2 Auswertung Messprotokolle.....	9
3.2.1 Überblick	10
3.2.2 Charakterisierung der Messprotokolle	12
3.2.3 Detektierte BPA-Konzentrationen	16
3.2.4 Mögliche Zusammenhänge von BPA-Konzentrationen, Probennahme und Sanierung	17
3.2.5 Vergleich der Ergebnisse mit Schwedischen KEMI Studie	21
4 Exkurse rund um BPA	25
4.1 Exkurs 1: BPA-Rückstände in Epoxy	25
4.2 Exkurs 2: Weitere Quellen für BPA im Trinkwasser	25
4.3 Exkurs 3: Fallstudie Schadensfall	28
5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	29
5.1 Empfehlung zu Laborversuchen.....	29
5.2 Empfehlung zu Versuchen im Feld: Systematische Probennahme	31
6 Literaturverzeichnis	33
7 Anhang.....	35

Abkürzungsverzeichnis

BPA	Bisphenol A
ECH	Epichlorhydrin
ECPI	European Council of Plasticizers Industry
EFH	Einfamilienhaus
MFH	Mehrfamilienhaus
WE	Wohneinheit
VdRi	Verband der Rohrinnensanierer e.V.
UBA	Umweltbundesamt

1 Zusammenfassung

Seit etwa 25 Jahren werden Epoxidharze erfolgreich in der Rohrrinnensanierung von Trinkwasserleitungen in Hausinstallationen eingesetzt. Seitens Behörden sowie in den Medien wurde vor allem Bisphenol A (BPA) kontrovers diskutiert, da Versuche Hinweise auf eine geringe östrogene Wirkung des Stoffes zeigten. Im Auftrag des deutschen Verbands der Rohrrinnensanierer e.V. wurden daher 187 Einzelmessergebnisse für BPA für 93 Wohnobjekte (Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser), deren Trinkwasserrohre in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2014 mit Epoxidharz saniert wurden, ausgewertet – es wurden Mehrfachproben innerhalb eines Objektes, in unterschiedlichen Wohnungen oder Kalt- und Warmwasserproben an einem Hahn, gezogen. Die zu Verfügung gestellten Messprotokolle decken etwa 2% der Wohnobjekte in Deutschland ab, die in den Jahren 2009-2014 mit Epoxidharz saniert wurden. Bei 151 Messwerten (die übrigen 36 Messwerte wurden gesondert betrachtet), lagen 81% der Proben (123 Stück) unter der Nachweisgrenze von 0,0005 bis 10 µg/L¹, wobei 64% der Proben (96 Stück) unter 0,05 µg BPA/L lagen. Auf Wohnobjekte bezogen, wurde bei 70 von 83 Wohnobjekten, kein BPA detektiert. In 28 Proben, aus 13 Objekte stammend, wurde die Nachweisgrenze überschritten und BPA-Werte wurden im Bereich von 0,1 bis 2,2 µg/L gemessen. BPA-Werte über 1 µg/L wurden in einem einzigen Mehrfamilienhaus gemessen. Alle vorliegenden BPA-Werte liegen daher unterhalb des provisorischen Trinkwasserhöchstwertes für BPA von 12 µg/L (Drinking Water Positive List Limit-Werte - DWPLL), welcher vom Umweltbundesamt derzeit empfohlen wird. Für positiv detektierte BPA-Werte konnte kein Zusammenhang zwischen Alter der sanierten Rohre, Art der Beprobung (z.B. Uhrzeit Beprobung, abgelaufenes Wasservolumen vor Beprobung) und BPA-Konzentrationen festgestellt werden. Eine leichte Tendenz, dass BPA eher in Warm- als Kaltwasserproben zu messen ist, wurde verzeichnet. An zwei Wohnobjekten wurden Trinkwasserproben vor Rohrrinnensanierung am Wasserhahn genommen und auf BPA untersucht. In einem Fall wurde jeweils im Kalt- und Warmwasser BPA gemessen (0,31 und 0,13 µg/L), im anderen Fall blieben die BPA-Werte unter der Nachweisgrenze (< 0,05 µg/L). Dies könnte Hinweis darauf sein, dass BPA bereits im Trinkwasser vor Hauseintritt auftauchen kann oder andere BPA-Quellen im Trinkwasserrohrsystem im Haus vorhanden sein könnten. Ersteres konnte nicht ausgeschlossen werden, zumal eine andere Studie ähnliches berichtete. Als weitere BPA-Quellen innerhalb einer Hausinstallation könnten andere Materialien wie PVC in Duschschläuchen in Betracht kommen, vor allem, wenn PVC aus Importen aus dem Nicht-EU Ausland stammt. Dem wurde allerdings im betreffenden Wohnobjekt nicht nachgegangen. Die übrigen 36 Einzelmesswerte der 187 Messungen stellen einen Sonderfall dar. Fehlerhafte Desinfektionsmaßnahmen bzw. vermutlich Nichteinhaltung der technischen Regel "Reinigung von Desinfektion und Trinkwasserinstallationen" (DVGW W 557) führten zu einem Schadensfall in zehn Mehrfamilienhäusern bei dem trotz Nachsanierung mit frischem Epoxidharz BPA-Werte bis zu 10 µg/L auftraten. Diese Messwerte wurden gesondert betrachtet. Wie oft ein solcher Schadensfall auftritt und ob er erkannt wird, bleibt unklar. Um weiterführende Aussagen bezüglich Materialstabilität von Epoxidharzen und möglichen BPA-Austritten in Trinkwasserrohren geben zu können, wurden verschiedene Empfehlungen gegeben. Zum einen könnten Migrationsmodellierungen Aufschluss über Alterungsprozesse und mögliche

¹ Bedingt durch unterschiedliche Prüfroutinen der Messlabore

Zusammenhänge zu BPA-Austritten geben. Zum anderen könnten in Laborversuchen Desinfektionsmaßnahmen und thermische Stabilität in Warm- und Kaltwasser nachgestellt werden. Nach Sanierung könnte eine systematisch gezogene Probe, z.B. eine gestaffelte Stagnationsbeprobung wie sie für Metalle vom Umweltbundesamt empfohlen wird, die Aussagekraft der BPA-Messungen erhöhen und Vergleiche zwischen Objekten zulassen. Um Schadensfälle frühzeitig zu erkennen, könnten sanierte Rohre standardmäßig nach Sanierung auf BPA im Trinkwasser untersucht werden. Stichprobenartig könnte nach längerer Nutzungsdauer in den Folgejahren eine erneute Beprobung erfolgen, um weiteren Aufschluss über mögliche BPA-Migrationen zu erhalten.

2 Hintergrund und Zielsetzung der Studie

2.1 Studienziel

Seit etwa 25 Jahren werden Epoxidharze in der Rohrrinnensanierung von Trinkwasserleitungen in Hausinstallationen eingesetzt. Ein Austausch von schadhafte, z.B. korrodierten Rohren wird dadurch kostengünstig vermieden. Der Verzicht auf Verbrauch von Neumaterialien schont Ressourcen; bestehende Leitungssysteme müssen nicht durch neue ersetzt werden. Eingesetzte Epoxidharze werden aus Synthese von Bisphenol A (BPA) und Epichlorhydrin (ECH) gewonnen. Beide Substanzen werden kritisch hinsichtlich ihrer Gesundheitsgefährdung beurteilt und können in Spuren im ausgehärteten Epoxidharz vorhanden sein. Seitens Behörden sowie in den Medien wurde vor allem BPA kontrovers diskutiert, da Versuche Hinweise auf eine geringe östrogene Wirkung des Stoffes zeigten. Inwieweit diese Wirkung im Menschen zum Tragen kommt, hängt von Faktoren im menschlichen Metabolismus ab und könnte sich zwischen verschiedenen Personengruppen unterscheiden. Dies wird in Kapitel 2.4 genauer erklärt.

Im Zuge der Diskussionen rund um BPA kamen alle Anwendungen von Epoxidharzen in den Fokus der Behörden, um mögliche Eintragspfade von BPA in die Umwelt und Expositionspfade für den Menschen zu eruieren. Neben der Aufnahme von BPA über Migration aus Lebensmittelverpackungen wurde und wird auch die Aufnahmeroute über Trinkwasser diskutiert. Da Epoxidharz zur Auskleidung von Trinkwasserrohren im Falle einer Sanierung verwendet wird, lag der Schluss nahe, die Trinkwasserrohrinnensanierung als eine zusätzliche Quelle für BPA im Trinkwasser anzusehen. Ein Beweis für diese Vermutung, der auf einer flächendeckenden Datenlage beruht, ist bisher nicht erbracht.

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, durchgeführte BPA-Messungen von den Mitgliedern des Verbands der Rohrrinnensanierer (VdRi) zu sammeln und auszuwerten. Hierbei werden Sanierungen, die in den Jahren 2009 bis 2014 in Deutschland gemacht wurden, berücksichtigt. Die ermittelten BPA Werte sollen mit vorhandenen Richtwerten von BPA, die als tolerierbar für den Menschen angesehen werden, verglichen werden, um letztlich eine Gefahrenabschätzung von Trinkwasserrohrsanierungen mit Epoxidharz abgeben zu können. Zugleich sollen die eingesandten Messprotokolle hinsichtlich ihrer Repräsentativität für ganz Deutschland beurteilt werden, um damit Schlussfolgerungen ziehen zu können, ob Epoxidharzbeschichtungen eine signifikante Eintragsquelle für BPA ins Trinkwasser darstellt.

2.2 Epoxidharz in Trinkwasserrohrinnensanierungen

Der VdRi repräsentiert Unternehmen, die Hausinstallationsrohre nach selbstaufgelegten „Technischen Regeln zur Innensanierung von Trinkwasserrohren“² sanieren. Das bedeutet, dass dünne, wenige Zentimeter dicke, metallische Rohre mit Sandstrahlen innen gereinigt werden und anschließend eine Innenbeschichtung mit Epoxidharz mittels Druckluft erfolgt. Die genaue Vorgehensweise mit anschließender Überprüfung mittels eines Endoskops wird für eine solche Epoxidharzrohrinnensanierung in den Technischen Regeln vorgeschrieben.

In der Regel wird das gesamte Trinkwasserrohrsystem, also Steigrohre und vertikale Rohre, in einem Haus saniert, da in den meisten Fällen schadhafte Rohre nicht einzeln auftreten. Bleirohre eignen sich im Gegensatz zu anderen metallischen Rohren nicht für eine solche Sanierungstechnik mit Epoxidharz. Daher wird vom VdRi empfohlen, Bleirohre nicht zu sanieren, sondern auszutauschen.

Zum Thema Rohrinnensanierung legte der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) ein Regelwerk (DVGW W 545, DVGW VP 548) vor, zog dieses jedoch 2012 ersatzlos zurück. Als Reaktion darauf, erarbeitete der deutsche Verband der Rohrinnensanierer e.V. (VdRi) verbindliche, technische Regeln, die eine ordnungsgemäße Vorbereitung des Sanierungsobjektes und eine Verarbeitung der eingesetzten Beschichtungsmaterialien nach Herstellerangaben sicherstellen. Der VdRi versucht derzeit größere Branchenzertifizierer für eine Erarbeitung eines Regelwerks zu gewinnen und strebt eine DIN-Spec Zertifizierung seiner Mitgliedsunternehmen an. Die anschließende Überführung in eine DIN Norm durch Normierungsgremien des DIN ist vom VdRi ausdrücklich gewünscht.

2.3 Richtwerte für BPA im Trinkwasserbereich

Das Umweltbundesamt (UBA) aktualisierte 2010 seine rechtlich unverbindliche „Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von organischen Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser (Beschichtungsleitlinie)“. Die UBA Leitlinie enthält eine Positivliste solcher Rohstoffe, die für die Formulierung von Beschichtungsstoffen im Kontakt mit Trinkwasser eingesetzt werden können. Die Positivliste basiert auf den Empfehlungen der European Food Safety Authority (EFSA) und des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR). Zu unterscheiden zur Positivliste ist die Produktliste in der Beschichtungsleitlinie (Anlage 5 der Beschichtungsleitlinie), in der konkrete Produkte namentlich genannt werden und damit für den Trinkwasserkontakt vorgeschlagen werden. Derzeit werden aber keine weiteren Beschichtungsprodukte in dieser Produktliste aufgenommen, da eine gesetzlich verbindliche Bewertungsgrundlage zurzeit erarbeitet wird (persönliche Kommunikation mit UBA, 19.5.2015). Die von den teilnehmenden Rohrinnensanierern verwendeten Beschichtungsmaterialien sind daher nicht in der Beschichtungsleitlinie aufgeführt. Die zur Herstellung dieser Beschichtungsstoffe verwendeten Rohstoffe entsprechen jedoch der Positivliste der Beschichtungsleitlinie.

Ein rechtsverbindlicher Grenz- oder Vorsorgewert für BPA in Trinkwasser ist bisher nicht in der Deutschen Trinkwasserverordnung zu finden (TrinkwV, 2001). Um Prüfstellen wie den

² Zu finden unter http://vdri-ev.de/download/C33c3a5f7X13f5ca7d04aXY5fd8/Technische_Regel_Rohrinnensanierung.pdf

Gesundheitsämtern dennoch eine Bewertungsgrundlage zu geben, wurden „humantoxikologische abgeleitete provisorische Trinkwasserhöchstwerte für materialbürtige Stoffe“ vom Umweltbundesamt entwickelt (UBA, 2014). Darunter fällt das sogenannte Drinking Water Positive List Limit (DWPLL), das im März 2015 von 30 µg/L auf 12 µg/L für BPA aus epoxidhaltigen Beschichtungen gesenkt wurde (UBA, 2015).

Grundlage für diesen DWPLL-Wert ist der sogenannte TDI-Wert (tolerable daily intake), welcher beschreibt, wieviel µg BPA pro Körpergewicht und Tag aufgenommen werden kann, ohne dass über die gesamte Lebensdauer eines Menschen Gesundheitsrisiken bestehen (WHO and FAO, 2009). Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA legte 2002 auf Grund von verschiedenen toxikologischen Studien einen TDI-Wert von 10 µg/kg bw * d⁻¹ fest (bw=body weight, d= Tag) (WHO and FAO, 2009). Wird nun angenommen, dass ein Mensch von 60 kg Körpergewicht täglich 2 L Trinkwasser zu sich nimmt und die BPA-Exposition über Trinkwasser 10% der Gesamtexposition mit BPA entspricht, errechnet sich eine Konzentration in Trinkwasser von $(10 \mu\text{g}/\text{kg bw} * \text{d}^{-1} \times 60 \text{ kg} \times 1 \text{ d} \times 10\%) / 2 \text{ L} = 30 \mu\text{g}/\text{L}$, der bisherige DWPLL-Wert. Laut UBA, kann dieser DWPLL-Wert auch auf Grundlage des sogenannten Specific Limit Value, kurz SML, berechnet werden. Der SML ist in der Verordnung (EU) Nr. 10/2011 über Materialien und Gegenstände aus Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen (Europäische Kommission, 2011), festgelegt und beträgt für BPA 600 µg/L. Multipliziert mit einem Faktor von 1/20, welcher der täglichen Aufnahme von BPA über Trinkwasser Rechnung tragen soll (es gibt noch andere Quellen für BPA außer Trinkwasser), ergibt sich ein DWPLL-Wert von 30 µg/L (persönliche Kommunikation mit UBA, 19.5.2015).

Der TDI von 10 µg * kg⁻¹ * bw * d⁻¹ wurde 2006 nach Berücksichtigung eines Unsicherheitsfaktors in Nagetierversuchen auf 50 µg * kg⁻¹ * bw * d⁻¹ hochgesetzt. Da die EFSA aufgrund von neuen Studienergebnissen und Überlegungen Anfang 2015 einen neuen temporären TDI-Wert für BPA von 4 µg * kg⁻¹ * bw * d⁻¹ festgelegt hat (EFSA, 2015), liegt der neue, derzeitige DWPLL-Wert analog zur oben gemachten Rechnung bei 12 µg/L, wenn eine Aktualisierung der derzeitigen Beschichtungsleitlinie vom UBA von 2010 erfolgt. Der TDI-Wert gilt als vorläufig, da Ergebnisse von Langzeitierversuchsstudien noch ausstehen und nicht ausgeschlossen werden sollen. Folglich gilt laut EFSA, dass vorläufig ein Wert von 12 µg/L an BPA im Trinkwasser am Zapfhahn keine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellt, auch für potentiell gefährdete Personengruppen wie ungeborene Säuglinge, Säuglinge, Kleinkinder, Kinder und Jugendliche. Diese Einschätzung wurde auf nationaler Ebene vom Umweltbundesamt (UBA) und dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) übernommen. Daher wird dieser provisorische Grenzwert von 12 µg/L als Bewertungsgrundlage für gemessene BPA Konzentrationen nach den Sanierungen mit Epoxidharz verwendet.

2.4 Rolle des menschlichen Metabolismus auf Toxizität von BPA und gefährdete Personengruppen

Um die Verstoffwechslung von BPA genauer zu beleuchten, wurden die folgenden Informationen aus dem neuesten Bericht zu BPA der EFSA verwendet (EFSA, 2015). Der Hauptentgiftungsweg von BPA im menschlichen Körper besteht in der Anlagerung von Glucuronsäure an BPA. Ein weiterer Entgiftungsweg ist die Anlagerung von Sulfat. Dieser Weg ist jedoch weniger relevant. In beiden Fällen wird BPA wasserlöslicher gemacht, so dass eine Ausscheidung über den Urin erfolgen kann. Abgesehen von der oralen Aufnahme konnte auch eine dermale Aufnahme in Tierversuchen gezeigt werden.

Die glucuronisierte Form von BPA kann sich nicht an den Estrogenrezeptor binden und somit auch keine nachgeschaltete Wirkkaskade auslösen. Andere Wirkmechanismen, die nicht über die Estrogenrezeptor laufen, sind nicht erforscht. Es wird vermutet, dass die freie Form von BPA, also die Form, die zur Ausprägung einer möglichen Toxizität über den Estrogenrezeptor führen kann, in nur schwer nachweisbaren, geringen Konzentrationen nahe einer Nachweisgrenze von 0,1 µg/L im Blutserum gefunden werden können. BPA reichert sich aufgrund des Entgiftungsmechanismus nicht im Körper an.

Ist dieser körpereigene Entgiftungsmechanismus über Glucuronsäure oder auch über Sulfatierung nicht in voller Stärke ausgeprägt, bleibt BPA vermehrt in freier Form im Organismus vorhanden und kann daher mögliche Wirkmechanismen, die an die Bindung an den Estrogenrezeptor gebunden sind, auslösen. In Tierversuchen wurde gezeigt, dass dieses Entgiftungssystem bei neugeborenen Tieren noch nicht vollständig ausgeprägt ist und daher höhere Konzentrationen an ungebundenem BPA gefunden wurden als in erwachsenen Tieren. Zudem ist die Aufnahme von BPA von ungeborenen Tieren im ersten Teil der Schwangerschaft höher als danach. Eine Übertragung dieser Ergebnisse auf den Menschen wurde von der EFSA nicht gemacht.

3 Datenerhebung und Datenauswertung

Über einen Fragebogen (siehe Anhang in Kapitel 7) wurden zusätzlich zu vorhandenen BPA-Messprotokollen weitere Informationen rund um die Rohrrinnensanierung abgefragt. Acht von neun kontaktierten Firmen antworteten und schickten BPA-Messprotokolle.

3.1 Auswertung Fragebogen

Der erste Teil des Fragebogens wurde sehr unvollständig beantwortet, nur vier Firmen antworteten auf einige Fragen. Die Frage, ob BPA-Messungen in Trinkwasser auch vor der Rohrrinnensanierung vorgenommen werden, beantworteten drei Firmen mit nein. Dennoch waren von 187 Einzelproben, die in den zugesandten Messprotokollen dokumentiert wurden, drei Wasserproben vor der Rohrrinnensanierung genommen. Diese werden in Exkurs 2: Weitere Quellen für BPA im Trinkwasser diskutiert. Drei Firmen gaben an, vor allem die Trinkwasserleitungen von Mehrfamilienhäuser zu sanieren. Auf Nachfragen bei einzelnen Firmen wurde angemerkt, dass meist das komplette Trinkwasserrohrsystem von Kalt- und Warmwasser eines Hauses saniert wird. Von drei Firmen wurde abgeschätzt, dass mit Epoxidharz sanierte Trinkwasserleitungen im Durchschnitt 30 Jahre in Gebrauch sind. Aufgrund des geringen Rücklaufs des Fragebogens, schließt sich an dieser Stelle keine Diskussion der Antworten an.

3.2 Auswertung Messprotokolle

Im Folgenden werden die eingegangenen BPA-Messungen genauer auf Aussagekraft für die Gesamt-sanierungssituation in Deutschland untersucht (Repräsentativität). Außerdem werden die BPA-Messungen hinsichtlich Art der Probennahme (z.B. Kalt- oder Warmwasser) und Art der Beschichtung (z.B. Epoxidharztyp) charakterisiert, um anschließend mögliche Zusammenhänge zwischen diesen Charakteristika und gemessenen BPA-Konzentrationen herzustellen (Korrelationen).

3.2.1 Überblick

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die Anzahl der erhaltenen Messprotokolle und Extrapolationen für die Gesamtsanierungssituation in Deutschland. Im Folgenden sind mit dem Ausdruck Wohnobjekt sowohl Einfamilien- als auch Mehrfamilienhäuser gemeint.

Rücklauf an Messprotokollen

Insgesamt wurden 187 Einzelmessergebnisse für BPA für 93 sanierte Wohnobjekte in Deutschland von acht Rohrrinnensanierungsfirmen für die Jahre 2009 bis 2014 zur Verfügung gestellt. Der Unterschied zwischen Anzahl an Einzelmessungen und Wohnobjekten ergibt sich daraus, dass Mehrfachproben innerhalb eines Objektes, in unterschiedlichen Wohnungen oder Kalt- und Warmwasserproben an einem Hahn, gezogen wurden.

Von den 93 sanierten Objekten, waren 6 Einfamilienhäuser (EFH), d.h. 6% der Gesamtwohnobjekte, 83 Mehrfamilienhäuser (MFH), 89% der Gesamtwohnobjekte, und 4 MFH mit Büro oder nur Büro, 5% der Gesamtwohnobjekte. Eine Firma sandte Ergebnisse für die Schweiz, welche aber auf Nachfrage auf Deutschland übertragen werden konnten, weil die gleiche Firma Sanierungen in gleicher Art und Größenordnung in Deutschland durchführte.

Messergebnisse für Objekte, die älter als fünf Jahre alt waren, d.h. vor 2009 saniert wurden, wurden nicht mitberücksichtigt, da lediglich die Jahre 2009 bis 2014 untersucht wurden. Dies gilt ebenfalls für Protokolle aus dem Jahr 2015 – hier war unklar, wie viele BPA-Messungen in welchem Zeitraum (wie viele Monate) genommen wurden.

Die Anzahl der sanierten Wohnobjekte, sei es MFH oder EFH, pro Firma lag zwischen 17 und 449 für den Zeitraum 2009 bis 2014, wobei sich die Gesamtanzahl der Sanierungsobjekte der acht Firmen, die sich an dieser Studie beteiligten, auf 1944 belief.

Für die Berechnung der Gesamtanzahl der sanierten Wohnobjekte in ganz Deutschland, wurde vom VdRi abgeschätzt, dass etwa 18 Firmen insgesamt in Deutschland Rohrrinnensanierungen in Hausinstallationen durchführen. Wird angenommen, dass die restlichen zehn Firmen, die nicht an dieser Studie beteiligt waren, in etwa gleich viele Objekte pro Firma wie die beteiligten Firmen sanieren, ergibt sich durch die Berechnung von $(1944 \text{ Objekte} / 8 \text{ Firmen}) \times 18 \text{ Firmen}$, dass insgesamt 4375 Wohnobjekte in ganz Deutschland für den Zeitraum 2009 bis 2014 saniert wurden. Eine solche Extrapolation ergibt für die Anzahl der sanierten WE in Deutschland, $(24.500 \text{ WE} / 8 \text{ Firmen}) \times 18 \text{ Firmen} = 55.125 \text{ WE}$, ebenfalls für 2009 bis 2014. Für diese Berechnung wurde angenommen, dass die Größe und damit die Sanierungsanzahl von an dieser Studie teilnehmenden und nicht-teilnehmenden Firmen in etwa gleich ist. Laut VdRi sind aber Nicht-VdRi-Mitglieder, also nicht-teilnehmende Firmen, kleiner als die VdRi-Firmen. Daher ist die oben gemachte Extrapolation vermutlich eine Überschätzung hinsichtlich sanierter Wohnobjekte und WE. Die Berechnung konnte jedoch nicht genauer erfolgen, da weder Größenordnung noch -verteilung der nicht-teilnehmenden Firmen zur Verfügung standen.

Nimmt man die berechneten Werte, zeigt das Gesamtbild der zurückgesandten Messprotokolle somit, dass für 2% (93/4375) der Wohnobjekte in Deutschland, saniert in den Jahren 2009-2014, BPA-Messprotokolle vorliegen, siehe Abbildung 1. Da die Gesamtanzahl sanierter Objekte in Deutschland vermutlich geringer ist, dürfte dieser Anteil höher sein, kann aber nicht quantifiziert werden, so dass die 2% eine eher konservative Berechnung darstellen.

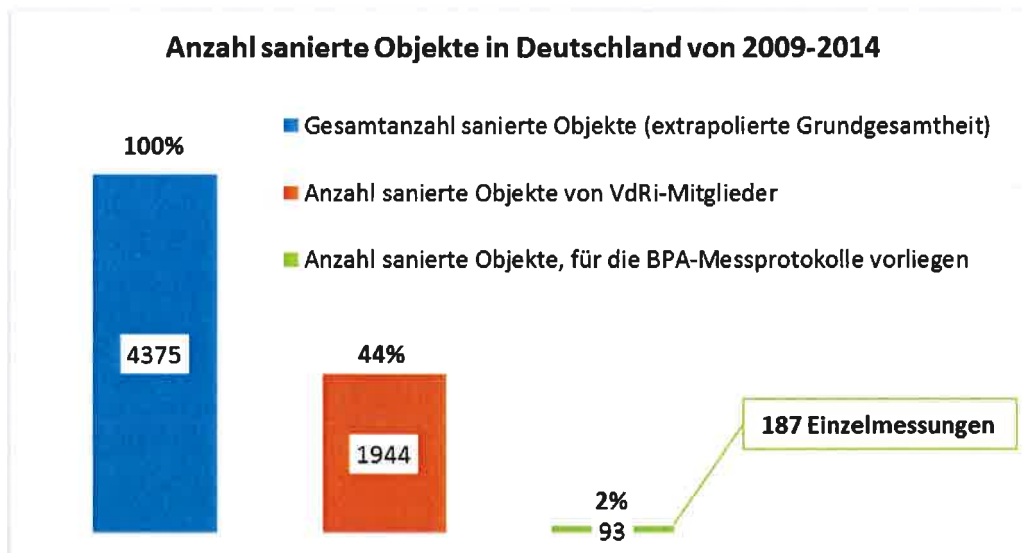


Abbildung 1: Überblick über Anzahl der Wohnobjekte, die mit Epoxidharz in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2014 saniert wurden. Prozente geben den Anteil an der Gesamtanzahl an sanierten Objekten an.

Die Aussagekraft der BPA-Messergebnisse für alle sanierten Objekte in Deutschland bleibt aufgrund der geringen Anzahl, aber auch aufgrund anderer Gegebenheiten begrenzt. Eine Stichprobe (saniertes Objekt, das auf BPA beprobt wird) gilt als repräsentativ, wenn sie die gleiche Wahrscheinlichkeit wie eine andere hat, gezogen zu werden – in diesem Fall, dass ein saniertes Objekt auf BPA im Trinkwasser untersucht wird. Außerdem spiegeln ihre Merkmale die Merkmale der Grundgesamtheit (alle sanierte Objekte) wieder, welche deskriptiv und anhand von Häufigkeitsverteilungen diskutiert werden.

Da von drei Firmen angegeben wurde, dass sie eher MFH beproben, haben sanierte EFH eine geringere Chance auf BPA untersucht zu werden, so dass nicht die gleiche Wahrscheinlichkeit, auf BPA beprobt zu werden, für alle sanierten Objekte (Stichproben) gilt. Außerdem unterscheiden sich die Merkmale der Probennahme und der sanierten Objekte in den Einzelmessungen (siehe nächstes Kapitel), so dass fraglich bleibt, ob die Messprotokolle repräsentativ für die Grundgesamtheit, also alle sanierten Objekte, sind. Zusätzlich zeigte sich, dass 36 der 187 Einzelmessungen einen Sonderfall bzgl. Sanierung darstellen – hier trat ein Schaden auf - und somit keinesfalls repräsentativ hinsichtlich BPA-Werten für Rohrrinnensanierungen mit Epoxidharz in Deutschland sind. Näheres dazu in Kapitel 4.3. Die Anzahl der Einzelmessungen verringert sich nach Abzug dieser 36 Einzelmessungen aus dem Schadensfall auf 151. Drei weitere Messungen fallen aus dem Rahmen, sie wurden vor der Sanierung mit Epoxidharz am Wasserhahn genommen und verringern die Anzahl der Einzelmessungen, für die eine Aussage über die Trinkwasserqualität nach Sanierung getroffen werden kann, weiter.

Trotz der vermutlich nicht vorhandenen Repräsentativität ist diese Studie einzigartig für die Branche der Rohrrinnensanierung in Deutschland, wenn nicht in Europa, da erstmals versucht wurde, alle vorhandenen BPA-Messungen des VdRi nach Rohrrinnensanierung mit Epoxidharz systematisch zu evaluieren. Bisher lag der Fokus einzelner Studien auf der Untersuchung von einzelnen Objekten, dokumentiert z.B. in (Jackson, et al., 2007), oder in Zusammenhang mit Schadensfällen, z.B. in (Bruchet, et al., 2014), aber auch (KEMI, 2013), welche aber womöglich nicht den Regelfall darstellen.

Personen, die an sanierte Trinkwasserleitungen angebunden sind

Um letztlich auf die Anzahl der Personen, die an sanierte Trinkwasserleitungen angebunden sind, abzuschätzen, werden im Folgenden die Anzahl der betroffenen Haushalte oder auch Wohneinheiten genannt, ermittelt. Betroffene Wohneinheiten (WE), die in den sanierten Wohnobjekten für den Zeitraum 2009 bis 2014 für die acht teilnehmenden Firmen lagen insgesamt für alle acht Firmen bei 24.500 WE für 2009 bis 2014. Für diese Hochrechnung wurden die WE bei zwei der acht Firmen anhand der Messprotokolle abgeschätzt, da keine Angabe der betreffenden Firmen diesbezüglich gemacht wurde. Für diese zwei Firmen wurde angenommen, dass das Verhältnis zwischen EFH und MFH in den Messprotokollen ebenfalls das Verhältnis der eigentlich sanierten Wohnobjekte insgesamt wiedergibt, sprich, dass BPA-Messungen in gleicher Weise, ohne Präferenzierung von Wohnobjekten, an EFH wie an MFH vorgenommen wurden. Diese Verteilung ist angreifbar, weil von drei Firmen mitgeteilt wurde, dass v.a. sanierte Mehrfamilienhäuser auf BPA getestet wurden, weniger aber sanierte Einfamilienhäuser. Dies könnte auch für die anderen Sanierungsfirmen gelten, so dass die Prozentzahl der sanierten EFH womöglich höher liegt als aus den Messprotokollen vermuten lässt. Da ein Einfamilienhaus als lediglich eine WE zählt im Gegensatz zu MFH und womöglich weniger MFH saniert wurden als aus den Messprotokollen angenommen, müsste die Gesamt-Anzahl der WE, deren Rohre mit Epoxidharz saniert wurden, etwas geringer sein als die extrapolierten $(24.500 \text{ WE}/8) \cdot 18 = 55.125$ WE in den Jahren 2009 bis 2014.

Aus der Anzahl der sanierten WE lässt sich ableiten, wie viele Personen Zugang zu Trinkwasser haben, das über Leitungen transportiert wird, welche mit Epoxidharz saniert wurden. Sechs der acht teilnehmenden Firmen gaben an, dass 1,5 bis 3,0 Personen pro WE in den sanierten Häusern leben. Laut Deutschem Mikrozensus 2014 leben in einem Haushalt, also WE, durchschnittlich 2,01 Personen (Destatis, 2015). Nimmt man diese Zahl und verrechnet man sie mit der Anzahl der sanierten WE, ergibt sich, dass $2,01 \times 55.125 \text{ WE} \approx 110.800$ Personen, an sanierte Trinkwasserleitungen in Deutschland angebunden sind, sofern die Sanierung nach 2009 vorgenommen wurde. Da Sanierungen auch vor 2009 vorgenommen wurden, dürfte die Anzahl der betroffenen Personen höher sein.

3.2.2 Charakterisierung der Messprotokolle

Eine Charakterisierung der Proben wurde für alle 187 Messprotokolle mit Hilfe von Matrix B des Fragebogens (siehe Anhang in Kapitel 7) vorgenommen.

Abbildung 2 zeigt die Anzahl der BPA-Messungen aufgeschlüsselt nach Jahren. Ab 2011 und 2012 wurden Trinkwasserproben nach einer Rohrrinnensanierung verstärkt auf BPA untersucht. Zu diesem Zeitpunkt lag der Vorsorgewert vom UBA bei $30 \mu\text{g/L}$ und BPA wurde verstärkt in den Medien diskutiert.

Als Reaktion auf die verstärkte Diskussion in der Öffentlichkeit wurden mehr Sanierungen beprobt, wobei die Anzahl der Sanierungen pro Firma über die Jahre verteilt in etwa gleich blieb (zu sehen aus Antworten in Matrix A), es wurden lediglich mehr BPA-Messungen durchgeführt.

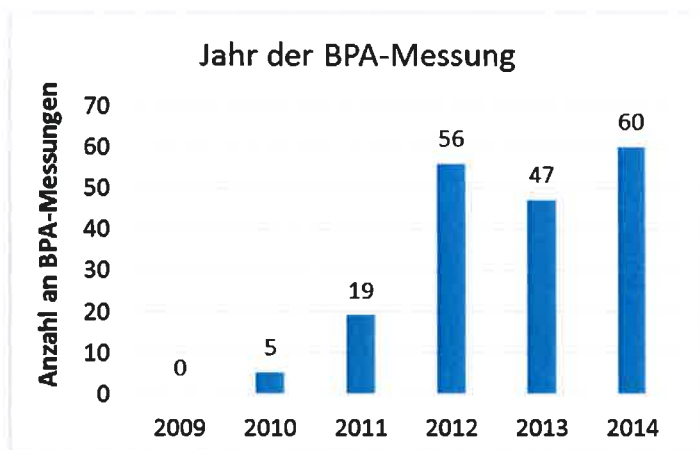


Abbildung 2: Anzahl der BPA-Messungen, die in den Jahren 2009 bis 2014 genommen wurden

Es wurden mehr Warm- als Kaltwasserproben für eine BPA-Testung herangezogen, siehe Abbildung 3. Als Grund nannten zwei Firmen, dass sie vermuteten, dass BPA eher in Warmwasserleitungen zu finden seien. Diese Vermutung bestätigte sich bei den vorliegenden Daten, siehe Kapitel 3.2.4, wurde aber auch in einer anderen Studie beobachtet (KEMI, 2013).

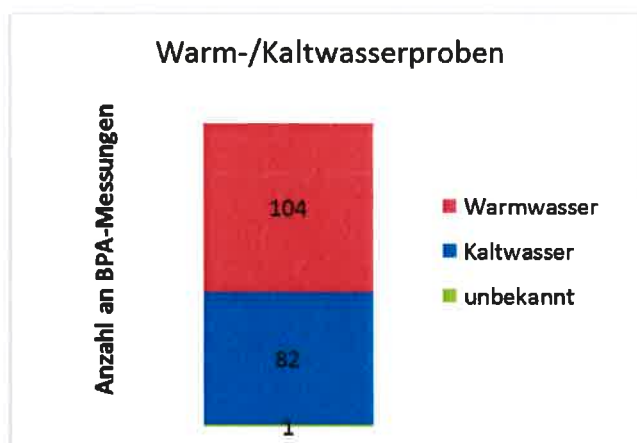


Abbildung 3: Anzahl der Warm- und Kaltwasserproben an den BPA-Messungen

Die Vorbereitung des Epoxidharzgemisches bestehend aus Harz und Härter beeinflusst maßgeblich, ob eine optimale Vernetzung der Polymermatrix und somit die gewünschten Materialeigenschaften, z.B. nahtlose Oberfläche, zum Tragen kommen. Dabei muss das vom Hersteller vorgegebene Mischungsverhältnis exakt eingehalten werden. Für das meist verwendete Epoxidharzprodukt, hier Produkt A genannt, das von den acht beteiligten Firmen benutzt wird, gilt beispielsweise ein Mischungsverhältnis von 1 Teil Härter zu 1 Teil Epoxidharz. Bis auf eine Firma verwenden alle acht Sanierungsfirmen ein automatisches Rührgerät, einen Zwangsmischer, zur Mischung von Epoxidharz und Härter. Dies wird vom VdRi empfohlen. Eine Mischung per Hand kann ebenfalls eine optimale Vermischung und damit Vernetzung des Polymers bewirken, wenn sie von einem Fachmann durchgeführt wird. Die BPA-Messungen, die von Rohr-sanierungen stammen, bei denen per Hand

gemischt wurde, zeigten alle Werte unter der Nachweisgrenze ($< 0,1 \mu\text{g/L}$). Die Mischung per Hand ist dennoch fehleranfälliger, wenn z.B. nicht geschultes Personal das Mischen durchführt.

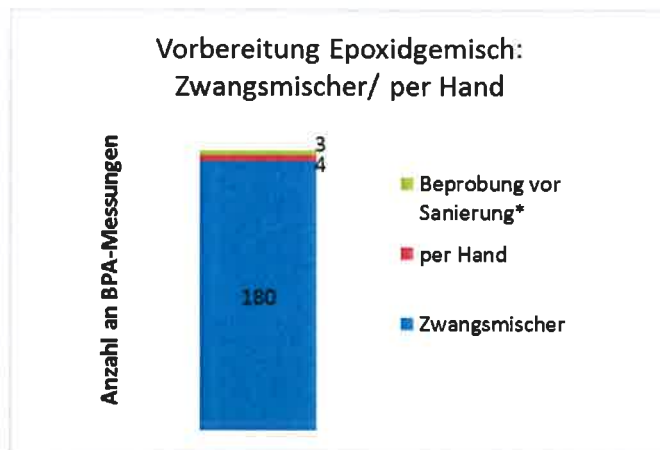


Abbildung 4: Art der Vorbereitung des Epoxidgemisches vor Aufbringung, *Beprobung erfolgte vor der Sanierung ohne Beschichtungsstoff

Wie bereits erwähnt, wurde vor allem ein bestimmtes Epoxy-Produkt von den befragten Rohrrinnensanierungsfirmen verwendet, siehe Abbildung 5.

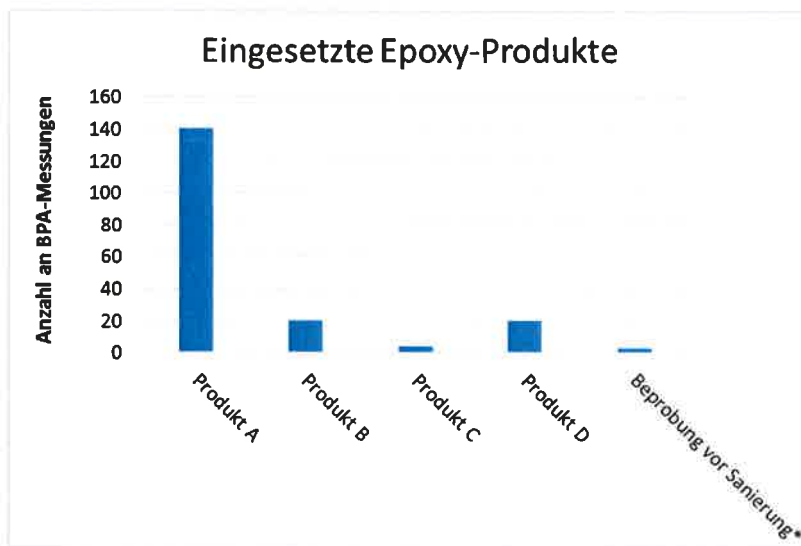


Abbildung 5: Eingesetzte Epoxy-Produkte in den Sanierungen, die auf BPA beprobt wurden, *Beprobung erfolgte vor der Sanierung ohne Beschichtungsstoff

Wieviel Zeit nach Sanierung bis zur BPA-Messung vergangen ist, wurde abgefragt, um herauszufinden, ob eine Abhängigkeit zwischen BPA-Detektion und Alter des Sanierungsobjektes besteht und somit BPA eher kurz nach der Sanierung oder nach längerer Rohrnutzung zu detektieren ist. Die meisten der Proben wurden innerhalb weniger Tage nach der Sanierung (≤ 7 Tage) genommen, siehe Abbildung 6.



Abbildung 6: Anzahl der Tage, die die Sanierung zurückliegt, bis Beprobung erfolgte, *Beprobung erfolgte vor der Sanierung ohne Beschichtungsstoff

Weiterhin wurde die Uhrzeit der Beprobung abgefragt, weil vermutet wurde, morgens höhere BPA-Konzentrationen zu finden als über den Tag verteilt aufgrund von Stagnationswasserbildung in den Trinkwasserleitungen über Nacht. Nach 8 Uhr, so wurde vermutet, werden die meisten Wasserhähne innerhalb eines Hauses betätigt, Stagnationswasser ist bereits abgeflossen und die Kontaktzeit zwischen Epoxidharzbeschichtung mit Wasser ist daher kürzer nach 8 Uhr als vor 8 Uhr.

Zu beachten ist hierbei, dass das UBA in zwei unterschiedlichen Ratgebern empfiehlt (UBA, 2007) (UBA, 2013), Stagnationswasser, das vier Stunden und länger in der Leitung steht, nicht zu konsumieren. Stattdessen sollte Wasser vor Konsum, z.B. in der Früh, ablaufen, bis es kühl aus der Leitung kommt (kein Stagnationswasser mehr). Diese Vorsichtsmaßnahme beruht darauf, dass sich generell Reste von Materialien, die für Trinkwasserleitungen eingesetzt werden, nicht speziell Epoxidharze, sondern auch z.B. Metalle, über Nacht im Wasser lösen könnten.

In den vorliegenden Messprotokollen wurde BPA hauptsächlich vormittags nach 8 Uhr gemessen – 4 Proben wurden vor 8 Uhr genommen, so dass in der Mehrzahl kein Stagnationswasser beprobt wurde. Üblicherweise erfolgte die Probennahme durch geschultes Fachpersonal, z.B. von den jeweiligen untersuchenden Laboratorien, welche auch die BPA-Messung durchführten.

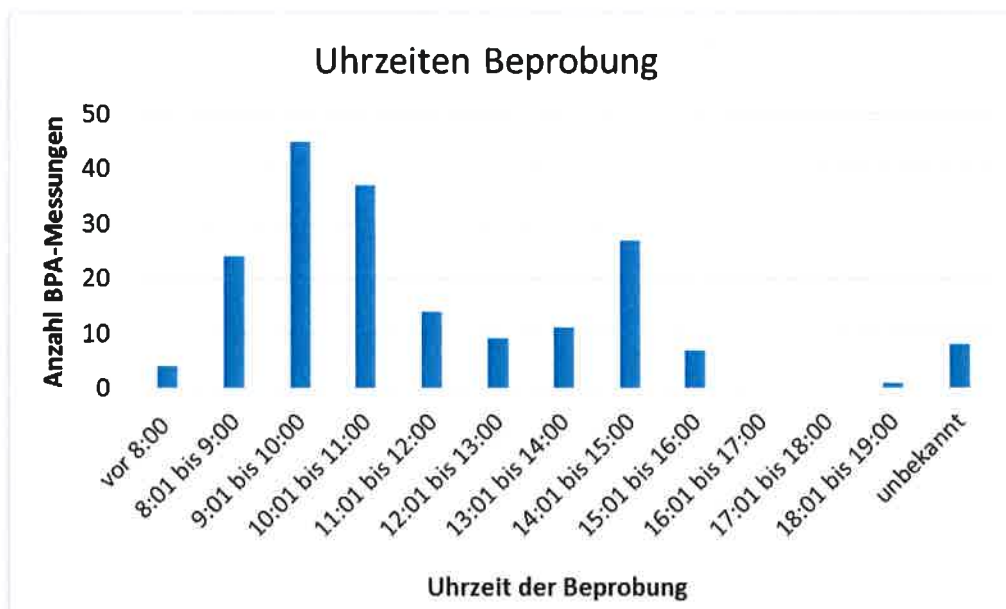


Abbildung 7: Uhrzeit, zu der die Beprobung auf BPA stattfand

3.2.3 Detektierte BPA-Konzentrationen

Es stellte sich heraus, dass eine Rohrrinnensanierungsfirma Daten zu einem Schadensfall lieferte, der in 10 Wohnobjekten zu verzeichnen war. Dieser Schadensfall wird gesondert unter 4.3 betrachtet und wurde nicht für die allgemeine Auswertung herangezogen, da er eine Sondersituation in den vorliegenden Daten darstellt.

Von den übrigen 151 Einzelmessungen, die in 83 Wohnobjekten gemacht wurden, wurde Abbildung 8 erstellt. 81% der Proben (123 Stück) lagen unter der Nachweisgrenze von 0,0005 bis 10 µg/L. Diese Nachweisgrenze ist durch unterschiedliche Prüfroutinen der Messlabore bedingt. 64% der Proben (96 Stück) lagen unter 0,05 µg BPA/L. Auf Wohnobjekte bezogen, wurde bei 70 von 83 Wohnobjekten, kein BPA detektiert. Demgegenüber stehen 13 Objekte, bei denen in 28 Proben BPA-Werte über der Nachweisgrenze gemessen wurden. Sieben Werte zeigten BPA-Werte über 1 µg/L, sie gehören zu einem einzelnen Objekt. Die meisten positiven BPA-Werte (erstes bis drittes Quartil) liegen zwischen 0,1 und 0,8 µg/L. Somit halten alle gemessenen BPA-Werte den vorläufigen DWPLL von 12 µg/L mit großem Abstand ein.

Zu bemerken ist, dass sich hinter den Nachweisgrenzen von 1 und 10 µg/L ebenso positive BPA-Werte über 0,06 µg/L verbergen könnten. Daher wird eine Nachweisgrenze unterhalb von 1 µg/L, z.B. 0,05 µg/L für zukünftige Beprobungen empfohlen.

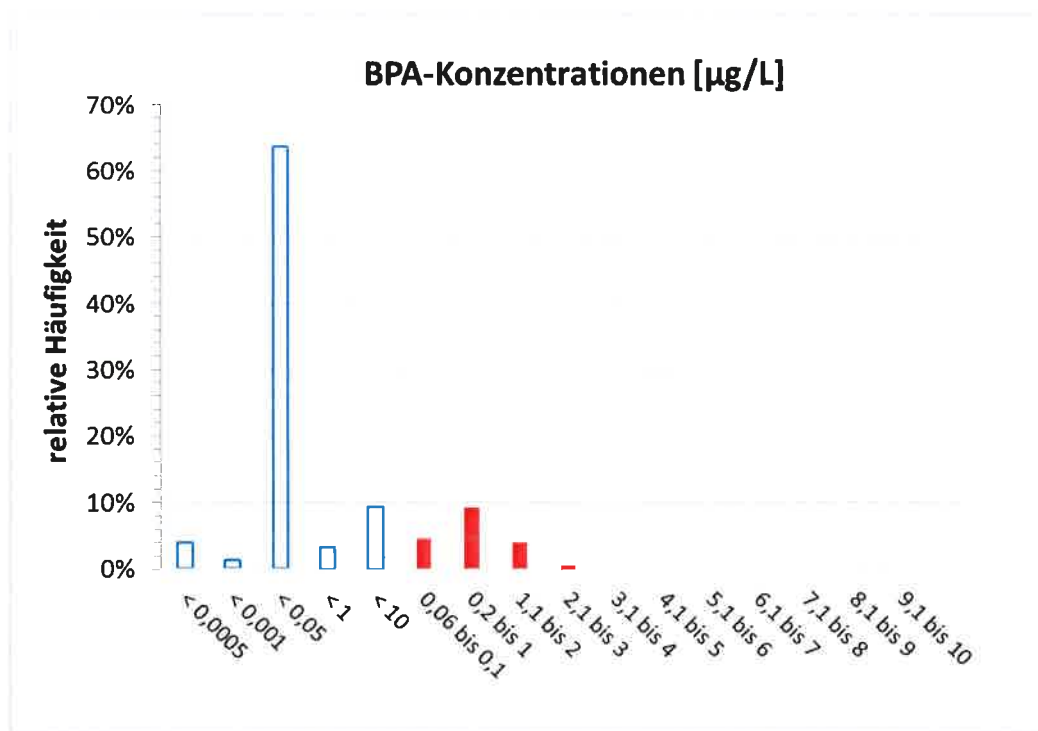


Abbildung 8: relative Häufigkeiten der BPA-Konzentrationen an der Gesamtzahl der Messungen; blau/leer: unter Nachweisgrenzen; rot: BPA-Konzentrationen über der Nachweisgrenze ($> 0,0005$, $> 0,001$, $> 0,05$ oder $> 1 \mu\text{g/L}$)

3.2.4 Mögliche Zusammenhänge von BPA-Konzentrationen, Probennahme und Sanierung

Im folgenden Kapitel werden die Messprotokolle genauer hinsichtlich Probennahme und Sanierungszeitpunkt betrachtet. Es wird nach einem Zusammenhang zwischen diesen Parametern und den BPA-Werten gesucht.

3.2.4.1 Wie lang ist Sanierung her

Der Zeitpunkt der Sanierung wurde abgefragt, um herauszufinden, ob BPA eher an neu sanierten Objekten detektiert wird oder wenn die Sanierung bis zu 5 Jahre (gleich 1825 Tage) zurückliegt. Diese Fragestellung ist eng verknüpft mit der Produktlebensdauer von beschichteten Trinkwasserleitungen. Anhand Abbildung 9 wird jedoch deutlich, dass keine Tendenz hinsichtlich höheren BPA-Konzentrationen auftreten, wenn die Sanierung kürzer oder länger zurückliegt. Es werden zu jedem Zeitpunkt Werte unter der Nachweisgrenze gemessen. Geringe BPA-Konzentrationen (0,06 bis 0,19 $\mu\text{g/L}$) wurden in elf verschiedenen Wohnobjekten, verteilt über 16 Einzelmessungen gemessen, wobei der Zeitpunkt der Sanierung verschieden lang zurückliegt. Konzentrationen zwischen 0,2 bis 1 $\mu\text{g/L}$ wurden in drei Objekten anhand von vier Einzelmessungen nachgewiesen. Die restlichen sieben Einzelmessungen mit Werten von 1,1 bis 3 $\mu\text{g/L}$ gehen auf ein einziges Wohnobjekt und damit einen Zeitpunkt der Sanierung, d.h. vor ca. 3 Jahren (≤ 1095 Tage), zurück (Kreis in Abbildung).

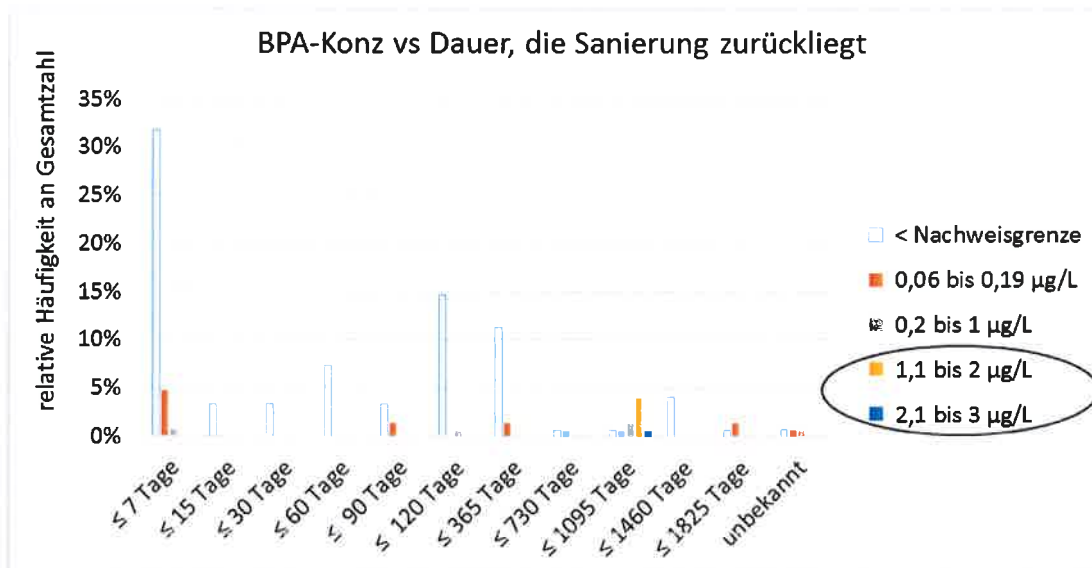


Abbildung 9: BPA-Konzentrationen aufgeschlüsselt nach Dauer an Tagen, die die Sanierung zurückliegt, Kreis: gleiches Wohnobjekt

Auch in einer anderen Studie zum gleichen Thema wird erwähnt, dass ein Zusammenhang zwischen BPA-Emissionen und Alterung der Epoxidbeschichtung in Trinkwasserleitungen unklar ist (KEMI, 2013).

3.2.4.2 Art der Beprobung

Zur Art der Beprobung gehört neben dem Zeitpunkt der Probennahme, das Volumen an Wasser, das vor Probennahme abläuft, und, ob die Probe im Kalt- oder Warmwasser genommen wurde.

Stagnationswasser

Wie bereits unter Kapitel 3.2.3 erklärt, beeinflusst der Zeitpunkt der Probenahme, ob Stagnationswasser beprobt wurde oder nicht. Es ist anzunehmen, dass kaum Stagnationswasser zur BPA-Messung genommen wurde, da nur 4 Proben an zwei Wohnobjekten vor 8 Uhr morgens gezogen wurden. Keine dieser Proben zeigte messbare BPA-Konzentrationen. Da sowohl negative als auch positive BPA-Konzentrationen zu verschiedenen Messzeiten detektiert wurden und BPA-Konzentrationen über 1 µg/L auf ein einzelnes Wohnobjekt (Proben mittags genommen) zurückzuführen sind, konnte bei den vorliegenden Messdaten kein Zusammenhang zwischen BPA-Konzentrationen und Zeitpunkt der Probennahme festgestellt werden (Abbildung 10).

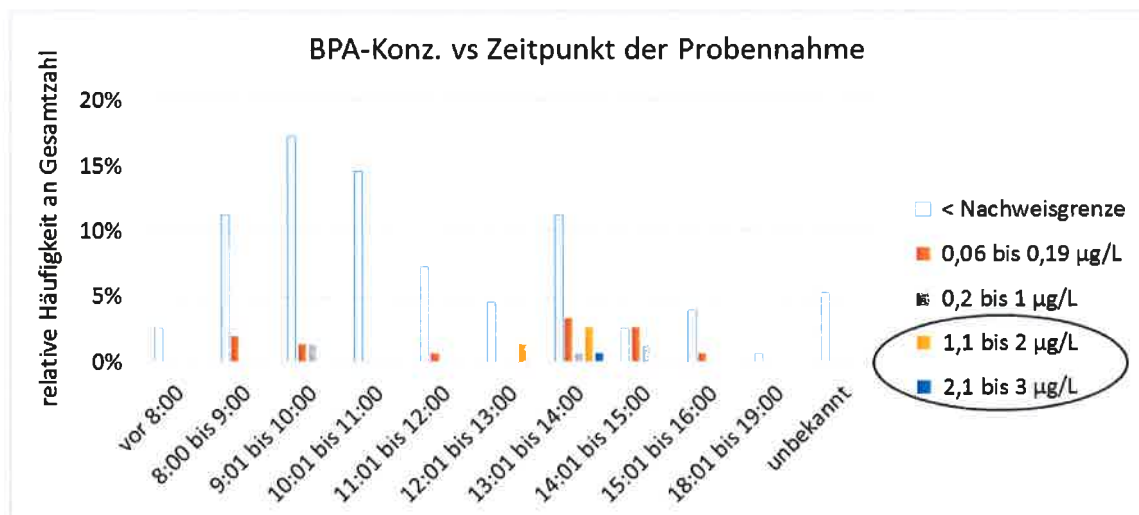


Abbildung 10: BPA-Konzentrationen aufgeschlüsselt nach Zeitfenster der Probennahme, Kreis: gleiches Wohnobjekt

Wie viele Liter sind vor Probennahme abgelaufen

Um zu erfahren, ob beprobtes Wasser tatsächlich in Kontakt mit der Epoxidharzbeschichtung kam, wurde gefragt, wieviel Wasser abgelaufen ist, bevor eine Wasserprobe genommen wurde. Dafür ist entscheidend, in welchem Teil des Hauses eine Rohrrinnensanierung vorgenommen wurde oder ob eine Komplettsanierung des Trinkwasserrohrsystems stattfand. In ersterem Fall, muss ausgerechnet werden, nach wie vielen Litern Wasser, der sanierte Teil zum Tragen kommt. Laut VdRi werden in der Regel komplette Rohrsysteme saniert, um neue schadhafte Stellen vorzubeugen und einen erneut nötigen Sanierungseinsatz zu verhindern. Demzufolge müsste nur das Wasser, das sich im Wasserhahn befindet, ablaufen, bis eine Wasserprobe für eine BPA-Untersuchung genommen werden kann. Bei den meisten Proben (49 Einzelmessungen) ist unklar, wieviel Wasservolumen vor Probennahme abgelaufen ist, siehe Abbildung 11. Bei den restlichen Messungen werden hauptsächlich entweder ein oder zwei Liter vor Probennahme abgelassen (40 und 43 Einzelmessungen). Dies ist damit zu erklären, dass für weitere Parameter, z.B. mikrobielle Richtwerte, 1 L Wasser vor Beprobung ablaufen sollen. Es ist kein Zusammenhang zwischen abgelaufenem Wasservolumen und BPA-Konzentrationen zu verzeichnen, da sowohl die BPA-Werte unter Nachweisgrenze als auch die Konzentrationsklasse von 0,06 bis 0,19 µg/L (in elf Objekten, verteilt über 16 Einzelmessungen) bei verschiedenen Ablaufwasservolumina vorkommen.

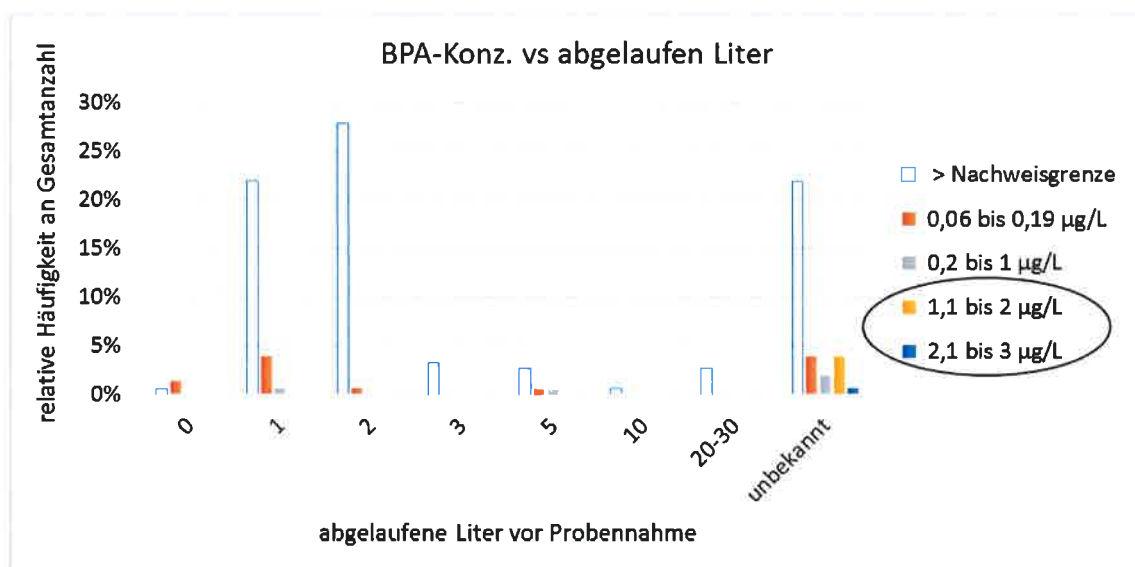


Abbildung 11: BPA-Konzentrationen aufgeschlüsselt nach abgelaufenen Liter vor Probennahme, Kreis: gleiches Wohnobjekt

Kalt-/Warmwasser

Erhöhte BPA-Konzentrationen wurden sowohl in Kalt- als auch in Warmwasser detektiert, siehe Abbildung 12. Im Wohnobjekt, bei dem Werte über 1 µg/L gefunden wurden, wurden neun Warmwasserproben und eine Kaltwasserprobe genommen. Während alle Warmwasserproben in diesem Objekt positive BPA-Werte aufwiesen, lag der BPA-Wert der einzigen Kaltwasserprobe unter 0,05 µg/L. Eine leichte Tendenz, dass BPA eher in Warm- als in Kaltwasserproben zu finden ist, ist in Abbildung 12 an den Konzentrationsklassen 0,06 bis 1 µg/L zu sehen.

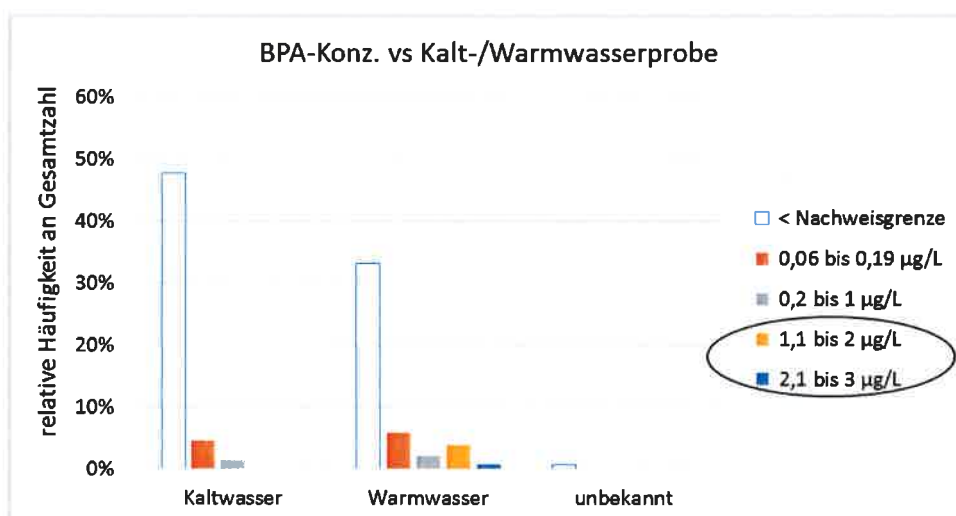


Abbildung 12: BPA-Konzentrationen aufgeschlüsselt nach Kalt- und Warmwasserprobe, Kreis: gleiches Wohnobjekt

Inwiefern BPA generell aus Epoxidharz in Warmwasser migrieren kann, wurde vom Hersteller von Produkt A getestet. Das Epoxidharz, das am meisten verwendet wurde, hier Produkt A genannt, siehe auch Abbildung 5, wurde vom Hersteller 16 Stunden lang mit 82°C warmem Wasser (1 L mit pH 8) in einem statischen Versuch versetzt. Anschließend wurde das Wasser auf verschiedene Chemikalien, u.a. BPA, getestet. BPA wurde mit einer Nachweisgrenze von 10 µg/L nicht detektiert. Aufgrund der hohen Nachweisgrenze kann mit diesem Herstellertests nicht ausgeschlossen werden, dass BPA in Warmwasser in Konzentrationen migriert, die in dieser Studie gefunden wurden.

Eine Migrationsstudie, auch hinsichtlich möglicher Alterung und den womöglich damit verbundenen höheren BPA-Migrationen, könnte hier zusätzliche Informationen zum Thema Verhalten von Epoxidharz bzgl. BPA-Migration in Kalt- und Warmwasser bringen. Empfehlungen hierzu werden in Kapitel 5 gegeben.

3.2.5 Vergleich der Ergebnisse mit Schwedischen KEMI Studie

Zur Einordnung der gemessenen BPA-Konzentrationen wird im Folgenden eine Studie aus Schweden diskutiert, die vermutlich als Grundlage für ein geplantes Restriktionsvorhaben unter REACH seitens Schwedens für Epoxidharzbeschichtungen von Trinkwasserrohren in Europa verwendet werden soll (ECHA, 2015).

Studiendesign

In Schweden wurden in einer 2013 durchgeführten Studie der nationalen Chemikalienbehörde (KEMI) in 29 Apartments von abgeschätzten 3000 Wohnungen insgesamt, deren Trinkwasserrohre mit Epoxidharz beschichtet wurden, Warm- und Kaltwasserproben auf BPA untersucht (KEMI, 2013). Die Intention der Studie war, im Gegensatz zur vorliegenden Studie, herauszufinden, welche maximale BPA-Konzentration im Trinkwasser anzutreffen ist. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die durchschnittliche BPA-Konzentration nach Rohrrinnensanierung zu erfassen, also den Regelfall zu betrachten. In der schwedischen Studie wurden unter anderem Apartments ausgewählt, bei denen in der Vergangenheit bereits erhöhte BPA-Konzentrationen bekannt wurden. Außerdem wurden Trinkwasserproben in der Früh im obersten Stockwerk eines MFH beprobt, um eine maximale Kontaktzeit (Stagnationswasser), sowie maximale Kontaktfläche zwischen Trinkwasser und sanierter Rohrstrecke zu gewährleisten. Die Probennahme erfolgte durch den jeweiligen Wohnungsbewohner nach vorgegebenem Protokoll. Pro Apartment wurden Kalt- und Warmwasserproben oder nur Warmwasserproben genommen. In einigen Fällen wurde zusätzlich zur sogenannten A-Probe, eine zweite Probe, die B-Probe, genommen. Es wurden Apartments, die zwischen 2007 und 2011 saniert wurden, beprobt. Zusätzlich wurde die Trinkwasserqualität des Wasserversorgers bei 17 Apartments auf BPA untersucht. Eine direkte Vergleichbarkeit hinsichtlich Ergebnisse in der vorliegenden Studie mit denen der schwedischen Studie ist nicht nur aufgrund der Zielsetzung und der damit gekoppelten Beprobungsstrategie schwierig, auch ist unklar, ob in Schweden andere Epoxidharze als in Deutschland eingesetzt werden. Zudem ist nicht bekannt, inwieweit die Sanierungspraxis in Schweden von der in Deutschland abweicht. In Deutschland wird nach streng einzuhaltender Vorgehensweise laut VdRi Reglement saniert. Eine Probennahme durch ungeschulte Hausbewohner, wie sie in der schwedischen Studie gemacht wurde, wird vom VdRi nicht empfohlen.

Ergebnisse

10 Kaltwasserproben zeigten BPA-Werte oberhalb der Nachweisgrenze ($> 0,01 \mu\text{g/L}$), minimal $0,014 \mu\text{g/L}$ und maximal $1,1 \mu\text{g/L}$. Die restlichen 19 Proben waren unter der Nachweisgrenze. Damit unterschritten alle Kaltwasserproben den aktuellen DWPLL-Wert von $12 \mu\text{g/L}$ deutlich. Die Größenordnung der positiven BPA-Konzentrationen sind mit denen der vorliegenden Studie vergleichbar, da BPA-Konzentrationen in Kaltwasser in der vorliegenden Studie zwischen $0,06$ und $1 \mu\text{g/L}$ liegen (Abbildung 12). Allerdings ist der Anteil der Kaltwasserproben, in denen BPA detektiert wurde, in der Studie von KEMI deutlich höher, er liegt bei $1/3$ (33%). Wohingegen in der Studie in Deutschland, Kaltwasserproben mit erhöhten BPA-Werten 11% der Gesamtkaltwasserproben, verteilt auf lediglich 5 Wohnobjekte ausmachten. Ähnliches ist beim Vergleich der Warmwasserproben in beiden Studien zu beobachten. Der Anteil der positiven BPA-Proben in Warmwasserproben liegt bei 17% der Gesamtwasserproben, die in 10 Wohnobjekten in Deutschland genommen wurden. Im Gegensatz dazu, wurden in Schweden 19 Warmwasserproben von 29 Proben (=29 Apartments) insgesamt als BPA-positiv getestet, was einem Anteil von $2/3$ (66%) entspricht. Die Größenordnung der gemessenen BPA-Konzentrationen unterscheidet sich in den Studien dahingehend, dass drei sehr hohe Werte in drei verschiedenen Wohnungen, nämlich 20 , 25 und $60 \mu\text{g/L}$ in der Schwedischen Studie auftraten. Die restlichen BPA-Werte lagen hauptsächlich im Bereich von $0,02$ und $1,5 \mu\text{g/L}$, siehe Abbildung 13.

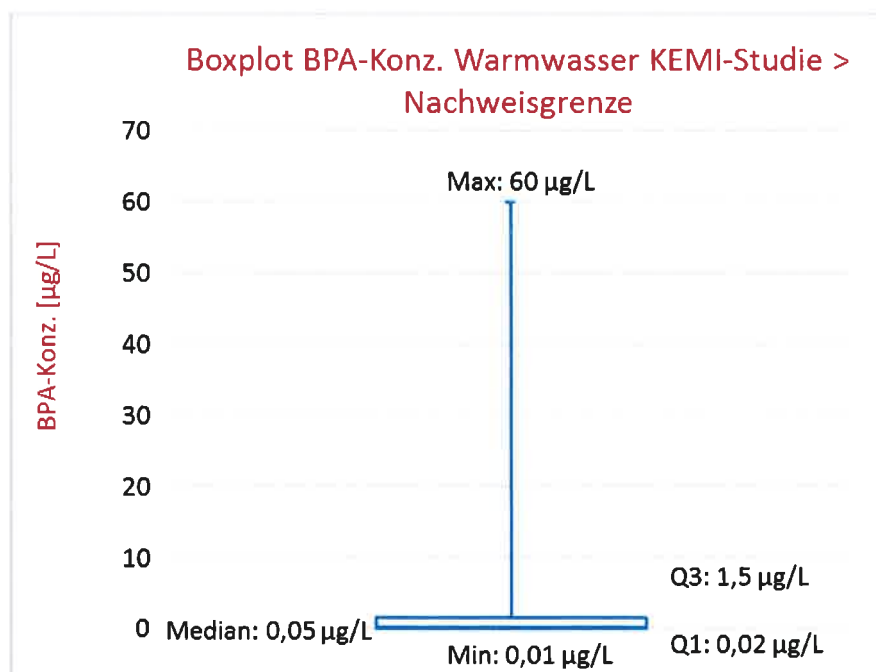


Abbildung 13: Verteilung der BPA-Konzentrationen aus Warmwasserproben, die in (KEMI, 2013) genommen wurden und über der Nachweisgrenze von $0,01 \mu\text{g/L}$ lagen

Die Ergebnisse der A- und B-Proben wichen zum Teil deutlich voneinander ab. So wurden in vier Kaltwasserproben und in einer Warmwasserprobe BPA nur in der A-Probe (z.B. im Kaltwasser $1,1 \mu\text{g/L}$), nicht mehr aber in der B-Probe ($< 0,01 \mu\text{g/L}$) gefunden. Ursachen wurden nicht diskutiert.

Drei der insgesamt 17 Wasserproben, die vor Einlass in die sanierten Rohrstränge zur Überprüfung der Trinkwasserqualität des Wasserversorgers genommen wurden, zeigten BPA-Werte über der Nachweisgrenze von 0,01 µg/L. Als Quellen für BPA wurden Epoxidhaltige Innenbeschichtungen von Wassertürmen in Schweden vermutet, sowie Beschichtungen von Ventilen im Verteilernetz. Eine eindeutige Ursachenzuweisung war jedoch nicht möglich. Es wurden in zwei Fällen BPA-Werte im Trinkwasser vor Einlass ins sanierte Rohrsystem gemessen, die höher waren als Werte in den Kalt- und/oder Warmwasserproben im gleichen Apartment. Eine Erklärung erfolgte nicht.

Diskussion

Die Auswahl der zu überprüfenden Apartments erfolgte in (KEMI, 2013) nicht zufällig, wie es in der Studie in Deutschland der Fall ist. Es wurden zum Teil Wohnobjekte gesucht, bei denen BPA bereits detektiert wurde, um letztlich eine maximal mögliche BPA-Exposition für den Konsumenten zu finden. Vermutlich wurde daher in Schweden gezielt nach Schadensfällen gesucht. Ein Schadensfall mit hohen BPA-Konzentrationen, die aus einer zerstörten Epoxidharzbeschichtung migrieren, trat auch in der vorliegenden Studie auf. Ursachen für das Auftreten eines solchen Schadensfalls werden in Kapitel 4.3 diskutiert. Auf Basis dieses Wissens aus der vorliegenden Studie, wird vermutet, dass es sich bei den hohen BPA-Werten in Schweden ebenfalls um einen Schadensfall handelt, der aber keineswegs den Regelfall darstellen dürfte. Dennoch bleibt die Vermeidung eines solchen Schadensfalls oberstes Ziel von Rohrrinnensanierern.

Bei der schwedischen Studie kann ebenfalls nicht von einer repräsentativen Probe gesprochen werden, da nur ca. $29/3000 = 0,9\%$ der sanierten Apartments in Schweden beprobt wurden (in der vorliegenden Studie wurden mindestens 2% abgedeckt). Die Größenordnung der positiv gefundenen BPA-Werte ohne die vereinzelt sehr hohen Werte in der schwedischen Studie ist in beiden Studien ähnlich. Die teils sehr unterschiedlichen BPA-Werte der A- und B-Probe wurden nicht diskutiert, könnten aber auf eine nicht gleich durchgeführte Probennahme bei A- und B-Probe hinweisen. Korrekte Probennahme erfordert geschultes Fachpersonal, um Kontaminationen aus vielfältigen Quellen ausschließen zu können.

Der höchste BPA-Wert von 60 µg/L (Überschreitung des DWPLL um das Fünffache) im Warmwasser und der höchste BPA-Wert von 1,1 µg/L im Kaltwasser in der Studie in Schweden wurden letztendlich für eine Risikoabschätzung in (KEMI, 2013) herangezogen. Es wird sowohl von der zuständigen Schwedischen also auch von der Deutschen Behörde (UBA) empfohlen, nur kaltes Wasser aus der Leitung zu konsumieren. Da dies aber nicht unbedingt vom Verbraucher eingehalten wird, werden in der schwedischen Studie Verbraucherverhalten beschrieben, bei denen Warmwasser konsumiert wird: Warmwasser wird aus Energiespargründen zum Kochen verwendet oder für die Zubereitung von Milchpulvergetränken für Babys. Letzteres Szenario dient in (KEMI, 2013) einer Abschätzung, bei der die maximale Aufnahme von BPA von Babys mit dem TDI der EFSA von 2006, i.e. $50 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ (heutiger vorläufiger TDI = $4 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$), verglichen wird. Eine Risikoabschätzung für Babys ist sinnvoll, da vermutet wird, dass der Entgiftungsmechanismus für BPA in Neugeborenen noch nicht vollständig ausgeprägt ist, siehe auch Kapitel 2.4. Daher kann nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass Babys empfindlicher gegenüber BPA reagieren.

Für den höchsten BPA-Wert von 1,1 µg/L in Kaltwasser ergibt sich für ein 6 kg schweres Baby, das pro Tag 1 L Wasser (zur Lösung von Milchpulver) aufnimmt, folgender Wert: $(1,1 \mu\text{g}/\text{L} \cdot 1 \text{L})/6 \text{kg} = 0,18 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1} = 180 \text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$. Die Autoren nehmen an, dass BPA auch aus anderen Quellen wie Staub täglich vom Baby aufgenommen werden und sich letztlich ein täglicher Aufnahmewert von 300

$\text{ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ ergibt. Die EFSA hat bereits in ihrer Bewertung von 2015 die Aufnahme von BPA über Staub durch Inhalation und orale Aufnahme berücksichtigt (EFSA, 2015).

Dieser Wert wird im Anschluss in Beziehung zum TDI gesetzt, um ein Risiko abzuschätzen. Je höher das Verhältnis von Aufnahmewert zu TDI ist, desto niedriger ist der Sicherheitsabstand zum empfohlenen TDI. Daher sind niedrige Aufnahmewerte und somit ausreichende Sicherheitsabstände zu favorisieren, so die Herangehensweise der Schwedischen Autoren. Allerdings widerspricht diese Logik der Ableitung des TDI, welche einen inter- und intraspezifischen Unsicherheitsfaktor von 150 berücksichtigt und damit bereits einen Sicherheitsfaktor beinhaltet. Somit deckt der TDI verschiedene Altersstufen ab. Die Einhaltung des TDI bedeutet keine Gesundheitsgefährdung durch BPA über Trinkwasser und macht damit einen Sicherheitsabstand zum TDI, wie er in der schwedischen Studie berechnet wird, obsolet.

Für ihre Risikoabschätzung rechneten die Schwedischen Autoren wie folgt. Das Verhältnis von $300 \text{ ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ zu $50 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$, dem alten TDI von 2006, ergibt $0,3/50 = 0,006$, errechnet in der Schwedischen Studie; das Verhältnis zum neuen TDI von $12 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ läge bei 0,025. In beiden Fällen besteht daher kein Risiko für die Gesundheit des Babys. Im Fall, dass Warmwasser mit $60 \mu\text{g/L}$ BPA verwendet wird, würde der tägliche Aufnahmewert für Babys etwa 60-fach höher liegen und sich damit auch der Sicherheitsabstand zum TDI verringern. Die Autoren gehen in einem solchen Szenario mit Warmwasser und anderen BPA-Quellen von $10.000 \text{ ng} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ täglicher BPA-Aufnahme aus. Es ergibt sich ein Verhältnis zum TDI von 0,2. Wird nur die Hälfte an täglicher Wasseraufnahme mit Warmwasser mit $60 \mu\text{g/L}$ BPA gedeckt, halbiert sich dieser Wert. Der Sicherheitsabstand zum TDI verringert sich daher deutlich bei Konsum von Warm- statt Kaltwasser. Zum Teil verwenden die schwedischen Autoren zur Risikoabschätzung statt dem TDI auch eine Dosis-Wirkungsbeziehung, die von der Schwedischen Behörde selbst entwickelt wurde und geringere Referenzwerte als den TDI aufweist. Werden diese Referenzwerte aus Schweden herangezogen, wird damit ein höheres Risiko für Kalt- und Warmwasser ausgerechnet.

Obwohl die Autoren der schwedischen Studie einräumen, dass es unwahrscheinlich ist, dass nur Warmwasser für die Babyernährung eingesetzt wird, erachten sie die Sicherheitsmarge zum TDI und ihren eigenen Referenzwerte als zu gering. Diese Schlussfolgerung ist nicht richtig, da es keinen Sicherheitsabstand zum TDI bedarf, auch für Babys nicht, da dieser bereits mit einem Sicherheitsfaktor für alle Altersstufen, also auch für Babys, berechnet wurde. Außerdem scheint die Herleitung des Risikos aufgrund folgender Umstände konstruiert und nicht übertragbar auf die Sanierungssituation insgesamt:

- Die Probennahme erfolgte so, dass Wohnobjekte, bei denen BPA-Konzentrationen im Vorhinein bekannt wurden, in die Studie miteinbezogen wurden. In wie weit es sich hierbei um Schadensfälle, die nicht den Regelfall darstellen, handelte, ist unbekannt; wie oft Schadensfälle generell auftreten, ist ebenfalls unbekannt; die Höchstkonzentrationen, die in einem einzigen Apartment zu messen waren (vermutlich ein Schadensfall oder fehlerhafte Probennahme), heranzuziehen, um eine Risikoabschätzung vorzunehmen, wird der Gesamt-sanierungssituation daher nicht gerecht.
- In wie vielen Fällen einer Rohrsanierung mit Epoxidharz es zu BPA-Austritten kommt, ist nicht erfasst, da keine zufällige Beprobung, wie in der vorliegenden Studie, vorgenommen wurde. Es wurde nur Stagnationswasser beprobt, um abzuschätzen, welche maximale BPA-Konzentration in der Früh auftreten kann, wenn der Verbraucher kein Wasser vor Konsum am Wasserhahn ablaufen lässt. Es wurden jedoch keine BPA-Konzentrationen, über den Tag verteilt, erhoben. Daher ist es als äußerst unwahrscheinlich anzusehen, dass ein Baby

tatsächlich täglich über längere Zeit BPA-Konzentrationen aus Stagnationswasser ausgesetzt ist – der TDI der EFSA basiert auf einer Berechnung, die von einer täglichen, lebenslänglichen Aufnahme ausgeht.

- Weiterhin ist eine Risikoabschätzung auf Grundlage von einzelnen BPA-Werten äußerst vorsichtig zu betrachten. Es bedarf mehr Datenpunkten, um den Regelfall einer Rohrrinnensanierung mit Epoxidharz bewerten zu können.
- Andere Quellen für BPA im Trinkwasser neben der Epoxidharzbeschichtung von Trinkwasserrohren werden nicht weiter in Betracht gezogen, obwohl in drei Fällen BPA bereits im Trinkwasser vor Hauseintritt detektiert wurde und dies zum Teil in höherer Konzentration als am Zapfhahn.

4 Exkurse rund um BPA

4.1 Exkurs 1: BPA-Rückstände in Epoxy

In einer kürzlich durchgeführten BiPRO-Studie, in der unter anderem Epoxidharzhersteller konsultiert wurden, wurde die Höchstrestmenge an nicht-gebundenem BPA in Epoxidharz auf 10 ppm geschätzt (BiPRO, 2015). Dieses BPA ist bei der Herstellung von Epoxidharz nicht abreagiert, liegt also ungebunden zwischen den Polymersträngen und könnte theoretisch aus der Epoxidharzmatrix freigesetzt werden. Eine Freisetzung von BPA aus Epoxidharz konnte teilweise unter Wassereinfluss unter Laborbedingungen nachgewiesen werden (im ng/L-Bereich), allerdings war diese Freisetzung Epoxidharzprodukt-abhängig (Bruchet, et al., 2014) und kann somit nicht allgemein geltend gemacht werden, zumal unklar blieb, welche Epoxidharzprodukte getestet wurden. Weiterer Forschungsbedarf wird hier als erforderlich angesehen, siehe auch Empfehlungen in Kapitel 5.

Neben ungebundenen BPA, könnten theoretisch BPA-Moleküle von den Enden der Polymerstränge abgespalten werden und ebenfalls freigesetzt werden. Eine solche Abspaltung unter Wassereinfluss (Hydrolyse) ist unter normalen Bedingungen im Trinkwasser ($T < 100^{\circ}\text{C}$, keine aggressiven Chemikalien vorhanden) aber unwahrscheinlich, wie in der BiPRO-Studie dargelegt (BiPRO, 2015).

4.2 Exkurs 2: Weitere Quellen für BPA im Trinkwasser

In den vorliegenden Messprotokollen wurde Trinkwasser vor der Rohrsanierung in zwei MFH gemessen. Die Proben wurden am Wasserhahn im Haus genommen. In einem Fall wurde jeweils im Kalt- und Warmwasser BPA gemessen (0,31 und 0,13 $\mu\text{g/L}$), im anderen Fall blieben die BPA-Werte unter der Nachweisgrenze ($< 0,05 \mu\text{g/L}$). BPA könnte im ersteren Fall entweder bereits im Trinkwasser vorhanden gewesen sein, bevor es ins Haus gelangt oder aus Materialien im Rohrsystem im Haus abgegeben wurden sein. Beide mögliche Quellen werden im Folgenden diskutiert.

BPA im Trinkwasser vom Wasserversorger

Da BPA deutschlandweit in Gewässern anzutreffen ist (UBA, 2010), kann das Trinkwasser des Wasserversorgers als BPA-Quelle nicht a priori ausgeschlossen werden.

Um zu eruieren, inwieweit BPA bereits im Trinkwasser zu finden ist, bevor es ins Haus gelangt, wurden stichpunktartig die Landesämter von Baden-Württemberg, Bayern und Nordrhein-Westfalen

kontaktiert. Diese drei Kontaktpunkte wurden gewählt, da sie die bevölkerungsstärksten Bundesländer repräsentieren, in der Annahme, dass hier die meisten Sanierungen stattfinden oder stattfinden werden. Der Zweckverband Landeswasserversorgung, Baden-Württemberg, teilte mit, dass Trinkwasser, bevor es in die Verteilernetze gelangt, mehrmals im Jahr und seit mehreren Jahren (> 5 Jahre) auf BPA untersucht wird. Die Messkonzentrationen für BPA überschritten in keinem Fall die Nachweisgrenze von 0,01 µg/L. Das Bayerische Landesamt für Umwelt analysiert dagegen BPA nicht routinemäßig in Trinkwasserproben und beruft sich dabei darauf, dass es keinen Grenzwert für BPA gibt. Die kontaktierte Behörde von NRW wies daraufhin, dass BPA nur auf freiwilliger Basis vom Wasserversorger gemessen würde. Sie schickte BPA-Messwerte vom Ausgang von Wasserwerken und sogenannten Netzproben. Bei letzteren wird in öffentlichen Gebäuden, z.B. im Keller, solange Wasser am Zapfhahn abgelassen bis Wasser vom Wasserversorger fließt. Von 24 gelieferten Messdaten, konnte bei 10 Messungen BPA in sehr geringen Mengen, durchschnittlich 0,00002 µg/L, nachgewiesen werden. Die Proben stammten von fünf Messobjekten, die jeweils an zwei unterschiedlichen Tagen beprobt wurden. Ursachen für dieses gefundene BPA könnten Oberflächengewässer wie der Rhein sein, dessen Wasser über Uferfiltration, gemischt mit landseitigem Grundwasser, laut zuständiger Behörde als Trinkwasser verwendet wird. Eine genauere Ursachenforschung war nicht möglich. Wie bereits in der Diskussion zur Studie der Schwedischen Chemikalienbehörde erwähnt, könnten Epoxidharzbeschichtungen von Wassertürmen oder auch beschichtete Ventile im Wasserverteilersystem Ursache für BPA in Trinkwasser vor Eintritt ins Haus sein. Inwieweit diese Vermutungen aus (KEMI, 2013) auf Deutschland übertragbar sind, bleibt aufgrund fehlender Informationen unklar und somit nicht auszuschließen.

Trinkwasser im Rohrleitungssystem des Hauses

Auf Nachfrage bei den Verbandsmitgliedern, ob neben Epoxidharz beschichteten Wasserrohrleitungen weitere BPA-Emissionsquellen im Rohrleitungssystemen vorhanden sein könnten, nannten drei Rohrsanierungsfirmen folgende mögliche BPA-Quellen: Duschschläuche, Kunststoffrohrleitungen im Keller, Dichtungsringe, Innenauskleidung von Armaturen mit nicht geeigneten Epoxidharzen.

Generell wird BPA hauptsächlich für die Herstellung von Epoxidharz, Polycarbonat (PC) und Polyvinylchlorid (PVC) verwendet - Nebenverwendung von BPA ist die Herstellung von Spezialchemikalien und Thermopapier. Das bedeutet, dass Materialien, die nicht aus genannten Polymeren bestehen, keine BPA-Emissionsquellen darstellen können.

Duschschläuche können aus weichem PVC bestehen wie eine Kurzsrecherche auf Webseiten von deutschen Baumärkten zeigte. Dies bestätigte sich nicht für sogenannte flexible Wasserhahnaufsätze oder Schwenkbrausen, die für Küchenwasserhähne verwendet werden – nach einer Kurzsrecherche auf Webseiten von Baumärkten und Möbelgeschäften konnte kein Hinweis auf PVC-Einsatz in derartigen Aufsätzen gefunden werden. Dies konnte allerdings auch nicht ausgeschlossen werden, da teilweise keine Materialzusammensetzung von den Herstellern angegeben wurde.

Bezüglich Duschschläuchen und Schläuchen generell zeigte eine Studie, die Gartenschläuche aus PVC auf Migration von Chemikalien, u.a. Weichmachern und BPA, untersuchte, dass PVC-Schläuche BPA abgeben können (Ökotest, 2015). Obwohl sowohl Weich- als auch Hart-PVC in Deutschland und Europa seit 2001 nicht mehr mit BPA hergestellt wird (Vinyl, 2010), gilt dies nicht zwingend für Importware, so dass BPA-haltige PVC-Schläuche (Weich-PVC), sei es für den Garten oder in der heimischen Dusche, in deutschen Häusern anzutreffen sind. Außerdem kann BPA als Stabilisator agieren und wird daher in der Weiterverarbeitung von PVC-Produkten teilweise in Verbindung mit einem Phtalate-Gemisch als Weichmacher eingesetzt (Information aus laufender BiPRO-Studie mit REACHCentrum). Dies trifft

allerdings nur auf importierte oder ältere Duschschläuche zu. Bei neueren Duschschläuchen wird in Europa BPA nicht mehr als Stabilisator als Teil von Phtalate-Mischungen in Weich-PVC verwendet, diese Verwendung wurde seit wenigen Jahren laut des Präsidenten des Europäischen Verbandes der Weichmacher Industrie, European Council of Plasticizers Industry (ECPI), eingestellt (persönliche Kommunikation im Oktober 2015). Im Gegensatz dazu könnten importiertes PVC und daher auch importierte Duschschläuche oder solche, die vor längerer Zeit in Europa produziert wurden, immer noch BPA enthalten. Deshalb können Duschschläuche als mögliche BPA-Quelle bei Beprobung der sanierten Rohre im Bad nicht ausgeschlossen werden, sofern die Probe über einen Duschschlauch genommen wird (hierzu gab es keine Angaben).

Dies gilt nicht zwingend für Kunststoffrohrleitungen. Auf Nachfrage bei einem Rohrsanierer, der eine Kunststoffrohrleitung im Keller als BPA-Quelle verdächtigte, zeigte sich, dass die genannte Leitung aus Polyethylen mit hoher Dichte bestand (PE-HD), ein Werkstoff, der nicht auf BPA Basis hergestellt wird und somit nicht als BPA-Quelle gelten kann. Spezielle Abwasserrohre, die mit Epoxidharz ausgekleidet sind, z.B. von (Düker, 2015), stellen ähnlich wie sanierte Rohrrinnenleitungen theoretisch eine BPA-Quelle dar. Ob solche Rohre auch für Frischwasser verwendet werden, bleibt unklar, ist jedoch unwahrscheinlich, da sie laut Hersteller speziell für aggressive Abwässer entwickelt wurden.

Laut Umweltbundesamt (UBA, 2007) werden in 2% der deutschen Haushalte hartes PVC-C (PVC mit höherem Chlorgehalt) in Trinkwasser-Installationen eingesetzt. Die Nutzung von BPA als Stabilisator in Hart-PVC-Anwendungen ist dem Präsidenten von ECPI nicht bekannt. Außerdem wurde in Europa die Verwendung von BPA für der Herstellung von Weich- und Hart-PVC oder als Antioxidans (Stabilisator) vor einigen Jahren eingestellt, wie zuvor erwähnt. Dennoch könnte BPA immer noch für die Produktion von PVC (während der Polymerisation) in Nicht-EU Ländern verwendet werden. Folglich bleibt es unklar, ob Rohre aus Hart-PVC, welche aus Nicht-EU Ländern importiert werden, BPA enthalten könnten. Es bleibt ebenfalls nicht geklärt, in welchem Umfang solche Importe aus Nicht-EU Ländern überhaupt relevant für die deutsche Bauindustrie sind. Außerdem könnten PVC-Rohre, die vor einigen Jahren eingebaut wurden, bevor die Nutzung von BPA in der PVC Herstellung eingestellt wurde, auch BPA enthalten aufgrund alter PVC Herstellungsprozesse mit BPA. Da die Reparatur von Rohren eher in älteren Häusern stattfindet, dann wenn ein Schaden der Rohre stattfand (z.B. Korrosion von Metallrohren), könnte dies auf Leitungen in dieser Studie zutreffen – sie könnten zum Teil aus BPA-haltigem PVC bestehen. Somit bleibt unklar, ob PVC-Rohre in Trinkwasserinstallationen eine mögliche BPA-Quelle darstellen. Das gleiche gilt für Verbindungsstücke aus PVC, z.B. Rohrwinkel – es ist unklar, in welchem Ausmaß diese in Trinkwasserinstallationen eingesetzt werden und BPA abgeben.

Dichtungsringe, welche in der Regel aus Gummi bestehen, können nicht als BPA-Quelle gelten, da laut BPA-Hersteller BPA nicht als Additiv in Gummi eingesetzt wird (Informationen aus laufender BiPRO-Studie mit REACHCentrum). Inwieweit Dichtungsringe aus PVC eingesetzt werden und ob sie BPA abgeben, bleibt ebenfalls unklar.

Bezüglich Innenauskleidung von Armaturen mit Epoxidharzen, weist die Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V. in einer Veröffentlichung darauf hin, dass Auskleidungen von Formstücken und Armaturen aus duktilem Gusseisen mit Epoxidharz möglich sind, um „das Medium Trinkwasser unbeeinflusst bis zum Endverbraucher...“ zu leiten (EADIPS®/FGR®, 2015). Gusseiserne Rohre werden v.a. in Rohrnetzen verwendet, nicht in Hausinstallationen. Inwieweit Armaturen, wie Wasserhähne auch mit Epoxidharz ausgekleidet werden, wie ein Rohrrinnsanierer berichtete, konnte nicht ermittelt werden. Zudem bleibt unklar, ob hier oder in gusseisernen Rohren eingesetztes Epoxidharz BPA abgibt, weil es z.B. nicht hitzebeständig ist.

4.3 Exkurs 3: Fallstudie Schadensfall

Eine der befragten Rohrsanierfirmen lieferte Daten zu einem Schadensfall, bei dem extrem hohe BPA-Konzentrationen ($> 35 \mu\text{g/L}$) im Trinkwasser von mehreren MFH mit insgesamt 600 WE gefunden wurden. Als Quelle des BPA wurde eine schadhafte Epoxidharzformulierung, mit dem das Trinkwasserrohrsystem in den Häusern saniert wurde, ermittelt. Eine Nachsanierung mit Entfernung dieser Epoxidharzformulierung und Neuaufbringung einer anderen Epoxidharzbeschichtung erfolgte. Die BPA-Konzentrationen gingen danach deutlich zurück, blieben aber nachweisbar. Abbildung 14 zeigt die BPA-Werte von 36 Messungen, verteilt auf 10 Objekte (MFH) nach der Nachsanierung. Die meisten Werte (16 Stück) liegen im Bereich von 2,1 bis $3 \mu\text{g/L}$. Lediglich ein Wert war unter der Nachweisgrenze von $0,05 \mu\text{g/L}$. Laut Sanierungsfirma sind Reste des schadhafte Epoxidharzes in den Rohrssystemen verblieben, z.B. an Ventilen. Diese Restmengen, die weiterhin BPA abgeben, werden in einem weiteren Sanierungsschritt, der derzeit läuft, entfernt. Hierfür liegen noch keine Messergebnisse vor.

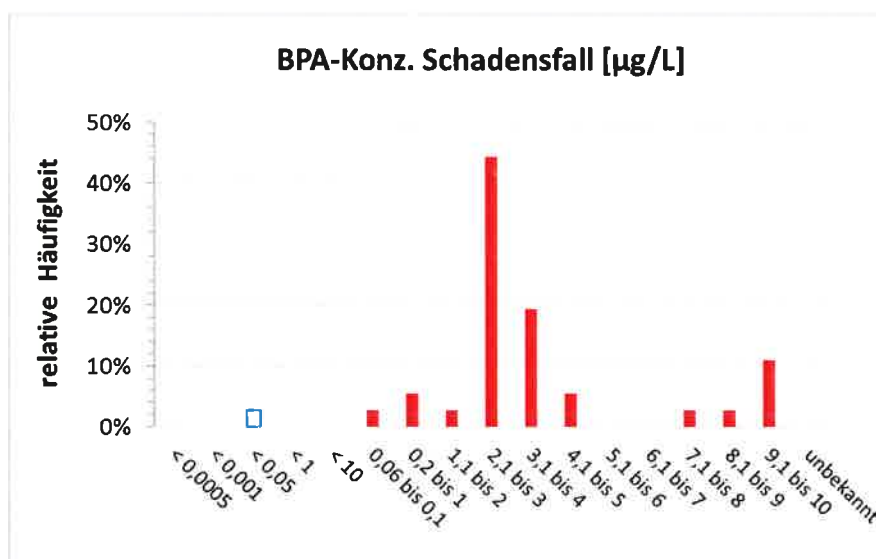


Abbildung 14: relative Häufigkeiten der BPA-Konzentrationen an der Gesamtzahl der Messungen; Werte nach Nachsanierung; rot: BPA-Konzentrationen über der Nachweisgrenze ($> 0,0005$, $> 0,001$, $> 0,05$ oder $> 1 \mu\text{g/L}$)

Der Rohrsanierer, der nach Auftreten der hohen BPA-Konzentrationen mit der Nachsanierung beauftragt wurde, ebenso wie eine weitere, informierte Sanierungsfirma nannte folgende Gründe für den Schadensfall: Eine Kombination aus extrem hohen Wassertemperaturen und chemischer Desinfektion, vermutlich Chlor, über einen langen Zeitraum, führte zur Auflösung der Epoxidharzbeschichtung und damit Freisetzung von BPA. Vermutlich wurden die Regeln, die durch den Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches für Desinfektion festgelegt wurden, nicht eingehalten (DVGW, 2012).

Grundsätzlich sind laut VdRi Epoxidharzbeschichtungen für chemische und thermische Desinfektion geeignet. Laut Literatur besteht thermische Stabilität von ausgehärteten Epoxidharzen bis zu 200°C (Patel, et al., 1988; Sharma, 2007; Sharma, et al., 2006). Unterschiede von verschiedenen Epoxidharztypen gegenüber chemischen und thermischen Einflüssen sind zu erwarten und wurden in der Literatur bereits beschrieben (Bruchet, et al., 2014). Diese Unterschiede lassen sich allerdings anhand der Produktinformationsblätter nicht feststellen und vorhandene Studien enthalten keine

Produktnamen. Das am häufigsten verwendete Epoxidharz, das mit Produkt A in diesem Bericht benannt wurde, ist laut Hersteller für bis zu 82°C zugelassen. Allerdings beruht diese Angabe auf einem Test, bei dem auf BPA mit lediglich einer Nachweisgrenze von 10 µg/L im umliegenden Wasser getestet wurde (nach 16 Stunden bei 82°C). Es wurde kein BPA gefunden. Somit kann derzeit keine Aussage über thermische Stabilität und möglichen niedrigeren BPA-Konzentrationsmigrationswerten von Epoxidharzen, die in Deutschland eingesetzt werden, gemacht werden. Letztendlich können nur Labortests mit ausreichend niedriger Nachweisgrenze Aufschluss darüber geben, ob manche Epoxidharz-haltige Produkte besser geeignet für die Trinkwasserrohrsanierung sind als andere.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die vorliegende Studie belegt, dass gemessene BPA-Werte in 151 Einzelmessungen, vorgenommen an 83 Wohnobjekten nach Rohrrinnensanierung mit Epoxidharz weit unter dem DWPLL-Wert von 12 µg/L liegen und darüber hinaus in der großen Mehrheit der Wasserproben kein BPA nachgewiesen werden konnte, so dass nach Maßstäben des Umweltbundesamts Epoxidharzbeschichtungen in Trinkwasserrohren als unbedenklich für die Gesundheit im Hinblick auf BPA zu betrachten sind. Basierend auf den verfügbaren Messprotokollen konnte kein Zusammenhang zwischen Probennahme, Alter des Sanierungsobjektes und BPA-Konzentrationen festgestellt werden. Eine leichte Tendenz zu höheren BPA-Konzentrationen in Warmwasser wurde verzeichnet.

Die vorliegende Studie gibt lediglich einen Ausschnitt der Rohrrinnensanierung mit Epoxidharz und möglichen BPA-Freisetzung daraus, wieder, da nur für abgeschätzte 2% der Wohnobjekte in Deutschland, die mit dieser Methode von 2009 bis 2014 saniert wurden, BPA-Messungen vorliegen. Dennoch stellt nach Information der Autoren die vorliegende Studie die umfassendste Analyse von vorhandenen BPA-Messdaten in Zusammenhang mit Rohrrinnensanierungen, die bisher gemacht wurde, dar. Um ein weiterführendes Bild von möglichen BPA-Austritten aus epoxidharzbeschichteten Trinkwasserrohren zu gewinnen, werden folgende Maßnahmen empfohlen.

5.1 Empfehlung zu Laborversuchen

Testung auf BPA-Rückstände in Epoxidharz

Um generell abschätzen zu können, wieviel BPA im schlimmsten Fall aus dem Epoxidharz herausgelöst werden könnte, sollten BPA-Rückstände im Originalepoxidharzprodukt analytisch quantifiziert werden. Bisher existieren verschiedene Methoden zur BPA-Bestimmung in Epoxidharz. Eine Festlegung auf die geeignetste analytische Methode wird in einem Projekt von PlasticsEurope, das von BiPRO in Kürze durchgeführt wird, erarbeitet werden. Mithilfe dieser Methode könnten alle von den Rohrrinnensanierern genannten Epoxidharzprodukte auf BPA untersucht werden. Im gleichen Zuge sollte mithilfe der Hersteller eruiert werden, ob die eingesetzten Härter BPA enthalten.

Migrationsversuche

Folgende Ausführungen könnten der Beurteilung von Beschichtungsstoffen im Labor dienen. Laborversuche könnten generell Aufschluss über mögliche BPA-Migration im Verlauf der Nutzungsdauer geben, z.B. um neue Epoxidharzprodukte von Herstellerseite zu beurteilen.

Anhand der Werte der BPA-Rückstände in den verschiedenen Epoxidharzprodukten könnte mithilfe einer Modellierung die Migration von BPA aus Epoxidharzbeschichteten Rohren abgeschätzt werden. Solche Modellierungen wurden z.B. für Blei-Verbindungen aus PVC-Trinkwasserrohre für stagnierendes und fließendes Wasser für verschiedene Temperaturen und Durchflusszeiten gemacht (Fabes, 2013). Hierfür werden Diffusions- und Verteilungskoeffizient des Migranten (Blei-Verbindung oder BPA) in das Wasser und innerhalb der Matrix (PVC oder Epoxidharz) berechnet. Eine erste Aussage darüber, ob BPA generell aus epoxidharzbeschichteten Rohren migrieren kann und wenn ja, in welcher Höhe und bei welcher Temperatur, wird dadurch möglich. Außerdem kann durch eine solche Modellierung abgeschätzt werden, ob BPA durch Alterungsprozesse des Epoxidharzes nach mehreren Jahren vermehrt austreten kann oder ein BPA-Austritt aus der Epoxidharzmatrix vor allem kurz nach der Sanierung auftritt.

Für epoxidharzhaltige Beschichtungen können außerdem laut Beschichtungsleitlinie sogenannte maximal tolerierbare Migrationsraten M_{max} überprüft werden, welche aus dem DWPLL-Wert produktspezifisch mit Hilfe von Konversionsfaktoren (F_c) berechnet werden: $M_{max, Produktgruppe} = DWPLL/F_c$ [$\mu\text{g}/\text{dm}^2\text{d}$] (UBA, 2010). Konversionsfaktoren werden in d/dm (Tag pro Dezimeter) ausgedrückt. Beispielhaft sind im Folgenden F_c für Wasserrohre gelistet:

Tabelle 1: Auswahl von Konversionsfaktoren, die in der Beschichtungsleitlinie vom UBA zu finden sind, und errechnete M_{max} = maximal tolerierbare Migrationsraten, DWPLL= Drinking Water Positive List Limit

Produktgruppe	Konversionsfaktor F_c in d/dm	Errechnete M_{max} [$\mu\text{g}/\text{dm}^2\text{d}$] mit DWPLL = 30 $\mu\text{g}/\text{L}$ (alter DWPLL)	Errechnete M_{max} [$\mu\text{g}/\text{dm}^2\text{d}$] mit DWPLL = 12 $\mu\text{g}/\text{L}$ (neuer DWPLL)
Rohre mit DN < 80 mm (Hausinstallation)	20	1,5	0,6
Rohre mit 80 mm \leq DN < 300 mm (Versorgungsleitungen)	10	3	1,2
Rohre mit DN \geq 300 mm (Hauptleitungen)	5	6	2,4

Um zu überprüfen, ob errechnete maximale Migrationsraten eingehalten werden, werden Migrationsraten mittels Modellierung, sofern bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind, oder über Migrationstests ermittelt. Migrationsraten werden anhand eines Migrationstests nach DIN EN 12873-1 und -2 ermittelt. Die Prüfergebnisse dürfen keine steigende Tendenz aufweisen und das letzte Prüfergebnis muss unter der maximal tolerierbare Migrationsrate bleiben, wenn der Hersteller der Epoxidharzbeschichtung eine Zertifizierung nach der Beschichtungsleitlinie erhalten will (UBA, 2010). Da diese nationale Leitlinie jedoch bisher nicht rechtsverbindend ist, erfolgt eine solche Prüfung auf freiwilliger Basis. Zudem ist eine Aufnahme von neuen Epoxidharzprodukten, die diese Prüfung erfolgreich bestanden haben, in die Positivliste der Beschichtungsleitlinie zur Zeit nicht möglich, da eine gesetzlich verbindliche Bewertungsgrundlage derzeit erst erarbeitet wird (persönliche

Kommunikation mit UBA, 19.5.2015). Dennoch könnten solche Migrationstests Aufschluss über das Freisetzungverhalten von BPA aus Epoxidharzprodukten in Trinkwasserrohren geben.

Alterungsversuche

Unterstützen könnte eine Migrationsmodellierung Laborversuche, die den Alterungsprozess von Epoxidharz in Trinkwasserleitungen für Warm- und Kaltwasser nachstellen und gleichzeitig BPA im Wasser messen. Solche Alterungsversuche werden z.B. zur Nachstellung von Witterungsbedingungen für beschichtete, epoxidhaltige Windrotorenblätter empfohlen (Feil, 2014). Ein Rohrrinnensanierer berichtete, dass er einen Alterungsversuch mit Epoxidharz durchführen ließ, hier wurde aber lediglich auf die mechanische Integrität der Epoxidharzbeschichtung und nicht auf mögliche Migration von BPA geachtet.

Ebenso denkbar sind Laborversuche, in denen frisch sanierte Rohre und Rohre, die schon einige Jahre in Betrieb sind und ausgebaut werden, in Stagnations- und Durchflussversuchen auf BPA-Konzentrationen im Wasser getestet werden. Vergleichbare Versuchsanordnungen für Epoxidharz sind z.B. aus (Pierce, 2009) bekannt.

5.2 Empfehlung zu Versuchen im Feld: Systematische Probennahme

Die vorliegende Studie deckt mit ihren BPA-Messungen lediglich etwa 2% der mit Epoxidharz sanierten Objekte in Deutschland ab. Allein aufgrund dieser geringen Anzahl, ist fraglich, ob die vorliegenden Ergebnisse das Gesamtbild der Sanierung mit Epoxidharz abbilden, zumal keine systematische Probennahme erfolgte. Eine explizite Empfehlung auf wieviel % die beprobten Objekte in Zukunft erhöht werden sollten, ist schwierig, da die Varianz zwischen Sanierungsobjekten nicht bekannt ist. Wünschenswert wäre, dass jedes sanierte Wohnobjekt kurz nach Sanierung beprobt wird. In den Folgejahren sollte diese BPA-Messung stichpunktartig wiederholt werden. Dadurch könnten die BPA-Werte innerhalb einer Zeitgruppe und hinsichtlich möglicher Alterung der Epoxidharzprodukte verglichen werden. Zudem könnte abgeschätzt werden, ob und wenn ja, wie oft in etwa Schadensfälle auftreten. Diese Schadensfälle könnten intensiv untersucht werden, um sie in Zukunft zu vermeiden. Neben einer deutlichen Erhöhung der beprobten Objekte, würde eine systematische Probennahme erlauben, verschiedene sanierte Wohnobjekte dezidiert zu vergleichen und letztendlich Aussagen über Einflussparameter wie Unterschiede der Epoxidharzprodukte oder Alter der Sanierungsobjekte bzgl. BPA-Migration ins Trinkwasser zu treffen. Letztlich sollte eine systematisch gezogene Probe das Verbraucherverhalten widerspiegeln. Im Fall von z.B. Blei wird von einer „für die durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme durch Verbraucher repräsentative Probe“ in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV, 2001) gesprochen.

Da BPA erst innerhalb der letzten drei bis fünf Jahre in den Fokus der Behörden und auch der Öffentlichkeit gelangte, wurde bisher keine Empfehlung zur Probennahme, wie sie z.B. für Blei, Kupfer und Nickel in Trinkwasserleitungen existiert (UBA, 2004), erarbeitet. In dieser Empfehlung vom Umweltbundesamt wird beschrieben, wie eine sogenannte gestaffelte Stagnationsbeprobung genommen wird. Hierfür werden drei Proben genommen: Die Probe S0 soll die Qualität des Wasserversorgers wiedergeben, in dem so viel Wasser vor Probennahme an der Entnahmestelle abläuft, bis alles Wasser aus den Rohren im Hause abgelaufen ist. Diese Menge muss individuell bestimmt werden. Im Anschluss wird der Zapfhahn für 4 h nicht betätigt (Stagnation). Danach werden zwei aufeinanderfolgende Proben von je 1 L genommen (Probe S1 und S2), wobei S1 auf den Einfluss

der Entnahmeapparatur abzielt und S2 für die Hausinstallation steht. Überschreitet kein Wert der Proben S0, S1 und S2 einen bestimmten Wert (z.B. Grenzwert bei Metallen laut Trinkwasserverordnung), ist auch eine Überschreitung des Wochenmittelwerts unwahrscheinlich. Diese Vorgehensweise bei der Beprobung kann als worst-case-Ansatz betrachtet werden, weil angenommen wird, dass während einer Stagnation, eine Anreicherung der Kontaminanten stattfindet und somit die Konzentration in Stagnationswasser höher gegenüber fließendem Wasser ist.

Übertragen auf BPA könnte eine Stagnationsbeprobung wie folgt aussehen: In einem EFH, dessen Trinkwasserleitungen komplett mit Epoxidharz ausgekleidet wurden, beträgt die Länge der sanierten Rohrleitungen in etwa 50 Meter von der Wasseruhr im Keller bis zu den Zapfleitungen (Auskunft eines befragten Rohrrinnensanierer). Der Durchmesser in den vertikal verlaufenden Strangleitungen beträgt ca. 25 mm (1 Zoll), dieser Wert verringert sich auf 15 mm in den horizontal verlaufenden Stockwerksleitungen. Nimmt man einen Durchmesser von 25 mm (Radius 12,5 mm) für alle Leitungen an, beträgt das Wasservolumen im gesamten Trinkwasserleitungssystem im Haus $\pi \times (12,5 \text{ mm})^2 \times 50 \text{ 000 mm} \sim 25 \text{ Mio mm}^3 \sim 25 \text{ L}$. Demnach müssten 25 L an einem Wasserhahn im Haus abgelassen werden, bevor Probe S0 für die Qualität des Wassers vom Wasserversorger gezogen wird. Für Probe S1 könnten ca. 250 mL am Wasserhahn nach 4 h Stagnation in der Küche oder im Bad abgelassen werden, um den Einfluss der Entnahmeapparatur, sprich dem Wasserhahn, bzgl. BPA-Migration zu bestimmen. Dies ist vor allem relevant, wenn vermutet wird, dass Armaturen BPA-Emissionsquellen darstellen, z.B. wenn Wasserhähne mit Epoxidharz ausgekleidet wurden oder PVC-Duschschläuche verwendet werden. Darauffolgend könnte die Probe S2 genommen werden, um zu testen, ob BPA im Stagnationswasser zu finden ist.

Oberste Priorität sollte die Vermeidung von Schadensfällen mit sehr hohen BPA-Austritten sein. Um auftretende Schadensfälle frühzeitig zu erkennen, könnten sanierte Rohre standardmäßig auf BPA im Trinkwasser untersucht werden, z.B. 7 Tage nach der Sanierung. Zusätzlich könnte als Zusatzleistung eine Beprobung nach längerer Zeit angeboten werden.

Inwieweit eine solche eher aufwendige Beprobung dieser Art für deutsche Rohrrinnensanierer machbar ist, bleibt zu klären. Eine Zusammenarbeit mit Gesundheitsämtern, die Trinkwasserproben aufgrund von anderen Gründen z.B. mikrobiellen Belastungen, durchführen, könnte diskutiert werden.

6 Literaturverzeichnis

- BiPRO. 2015.** *Elaboration of background papers for exposure of Bisphenol A from epoxy resin-applications.* s.l. : commissioned by PlasticsEurope, Epoxy Resin Committee, 2015.
- Bruchet, A., et al. 2014.** Leaching of bisphenol A and F from new and old epoxy coatings: laboratory and field studies. *Water Science & Technology: Water Supply.* 2014, pp. 383-389.
- Destatis. 2015.** *Haushalte 2014: rund 40 Millionen Privathaushalte in Deutschland.* 2015.
- Düker. 2015.** Effektiver Schutz bei aggressiven Abwässern. [Online] 2015.
http://www.dueker.de/fileadmin/download/PR/02_Abflusstechnik/GAT_Broschuere_MLK-protec.pdf.
- DVGW. 2012.** *Technische Regel, DVGW W 557 (A), Reinigung und Desinfektion von Trinkwasser-Installationen.* s.l. : DVGW, 2012.
- EADIPS®/FGR®. 2015.** Kapitel 15: Auskleidungen. *E-Book - Guss-Rohrsysteme.* 2015.
- ECHA. 2015.** Current restriction intentions, Bisphenol A. [Online] 2015.
<http://echa.europa.eu/registry-of-current-restriction-proposal-intentions/-/substance-rev/10205/term>.
- EFSA. 2015.** Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs: Executive summary. *EFSA Journal.* 2015, p. 13(1):3978.
- Europäische Kommission. 2011.** *Verordnung (EU) Nr. 10/2011 über Materialien und Gegenstände aus Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen.* 2011.
- Fabes. 2013.** *Modelling migration of lead-stearate from a mono-layer PVC-pipe into water, work commissioned by vinylPlus.* 2013.
- Feil, F. 2014.** *Weathering testing of wind turbine rotor blade coatings.* www.coatingsgroup.com : PPCJ, 2014.
- Jackson, P.J., Warren, I.C. and James, H.A. 2007.** *The Long Term Migration of Substances from In-situ Applied Epoxy Resin Coatings: Final Report to the Drinking Water Inspectorate.* s.l. : WRc-NSF Ltd, 2007.
- KEMI. 2013.** *Release of Bisphenol A (BPA) from the renovation of drinking water pipes - Reporting from a government commission.* Sundbyberg : Kemikalieinspektionen, 2013.
- Ökotest. 2015.** *Gartenschläuche, Knick in der Leitung.* 2015.
- Patel, R.D., Patel, R.G. and Patel, V.S. 1988.** Kinetics of thermal degradation of cured epoxy resins based on triglycidyl-p-aminophenol. *Thermochimica Acta.* 1988, Vol. 128, pp. 149-156.
- Pierce, R. 2009.** *Impact of an Epoxy Pipe Lining Material on Distribution System Water Quality.* s.l. : Thesis submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009.
- Sharma, P. 2007.** Chapter IV: Thermal stability of cured epoxy resin. *Effect of structure of aromatic imide-amines on curing and thermal behaviour of epoxy resin.* Delhi : s.n., February 2007.
- Sharma, P., Choudhary, V.L and Narula, A.K. 2006.** Curing of epoxy resin using imide-amines. *Journal of Applied Polymer Science.* 2006, Vol. 101, 5, pp. 3503-3510.
- TrinkwV. 2001.** *Trinkwasserverordnung.* 2001.
- **2001.** *Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.* 2001.
- UBA. 2004.** *Beurteilung der Trinkwasserqualität hinsichtlich der Parameter Blei, Kupfer und Nickel.* 2004.
- **2010.** *Bisphenol A, Massenchemikalie mit unerwünschten Nebenwirkungen.* 2010.
- **2014.** *Empfehlung: Beurteilung materialbürtiger Kontaminationen des Trinkwassers.* 2014.
- **2010.** *Empfehlung: Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von organischen Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser (Beschichtungsleitlinie).* 2010.
- **2015.** *Neubewertung von Bisphenol A - Konsequenzen für Materialien im Kontakt .* 2015.
- **2013.** *Rund um das Trinkwasser.* 2013.
- **2007.** *Trink was - Trinkwasser aus dem Hahn, Gesundheitliche Aspekte der Trinkwasser-Installation.* 2007.
- Vinyl. 2010.** *A voluntary commitment of the PVC industry.* 2010.

WHO and FAO. 2009. Bisphenol A (BPA) - Current state of knowledge and future actions by WHO and FAO. [Online] 2009. WHO-BPA-2009.
http://www.who.int/foodsafety/publications/fs_management/No_05_Bisphenol_A_Nov09_en.pdf.

7 Anhang

Anschreiben

Sehr geehrte Damen und Herren,
 Der VdRI erstellt derzeit eine Studie zum Thema Bisphenol A migrierend aus sanierten Trinkwasserleitungen und hat die BiPRO GmbH mit der Durchführung der Studie betraut. Hintergrund der Studie ist, dass Bisphenol A (BPA) potentiell endokrin wirksam ist und ein möglicher Eintragspfad in Wasser Trinkwasserrohre sind, die mit Epoxidharz saniert wurden. Dieser mögliche Eintragspfad soll anhand der Studie genauer betrachtet werden. Hierzu erhalten Sie beiliegend einen Fragebogen mit der Bitte, Angaben zu Ihren Sanierungsaktivitäten in den letzten 5 Jahren zu machen. Für den Erfolg der Studie wäre vor allem wichtig, wenn Sie uns alle verfügbaren Messprotokolle, bei denen BPA nach einer Sanierung gemessen wurde (auch solche bei denen BPA oberhalb der Detektionsgrenze lag), zur Verfügung stellen könnten. Möglicherweise können Sie nicht alle Fragen beantworten. Wir ermutigen Sie aber, so viele wie möglich zu beantworten, damit wir uns ein realistisches Bild der gängigen Epoxy-Sanierungspraxis machen können.

Wir würden uns freuen, wenn Sie uns den ausgefüllten Fragebogen bis 26. Juni 2015 zurücksenden könnten.

Bei jeglichen Fragen, stehe ich jederzeit zur Verfügung!

Vielen Dank im Voraus für Ihre Unterstützung.

Beste Grüße,

Teil 1

Frage	Ihre Antwort	Hintergrund der Frage wie im Angebot spezifiziert
Allgemein 1) Wieviele Trinkwasserrohrsanierungen haben Sie in den letzten 5 Jahren mit Epoxidharz durchgeführt. Verwenden Sie bitte zur Beantwortung Matrix A (nächstes Tabellenblatt).	in Matrix A	Anzahl Sanierungen, Repräsentativität der zugesandten Messprotokolle
2) Wieviel Epoxy plus Härter wurde dabei verwendet? Wieviel Epoxy-Gemisch wurde im Durchschnitt in g/cm ² aufgetragen? Verwenden Sie bitte auch hier zur Beantwortung Matrix A.	in Matrix A	Masse Epoxy/Härter: wieviel BPA sind maximal in den sanierten Rohren vorhanden. Aufgetragene Epoxygemischmasse: wieviel Epoxy-Fläche ist mit Trinkwasser exponiert.

- 3) Bei wieviel % der durchgeführten Sanierungen wird auf BPA getestet? Unterscheiden Sie bitte nach Testung direkt nach Sanierung und Testung nach einigen Betriebsjahren
Repräsentativität der zugesandten Messprotokolle
- 4) Testen Sie BPA auch im zulaufenden Trinkwasser vor Durchfluss durch das sanierte Rohr?
Unterscheidung zwischen BPA endogen im Trinkwasser und aus der Sanierung resultierend
- 5) Wieviel Personen sind in etwa an sanierte Trinkwasserleitungen im Durchschnitt angebunden?
Wieviel Personen könnten mit BPA über das Trinkwasser nach Rohr-sanierung exponiert werden, wie wahrscheinlich ist die Bildung von Stagnationswasser?
- 6) Wenn Sie dies nicht beziffern können, können Sie stattdessen abschätzen, ob v.a. Einfamilienhäuser oder Mehrfamilienhäuser / Bürogebäude saniert werden?
Messprotokolle: Kalt-/Warmwasser, Sanierungs-Methode und eingesetzten Materialien: Zusammenhang zu Häufigkeit von erhöhten BPA Konzentrationen nach Sanierungen. Anzahl Personen: wieviele sind betroffen, wie wahrscheinlich ist die Bildung von Stagnationswasser? Masse Epoxy/Härter: wieviel BPA sind maximal in den sanierten Rohren vorhanden. Epoxygem schmasse: wieviel Epoxy-Fläche ist mit Trinkwasser exponiert. Zeitpunkt der BPA-Messung: Wurde Wasser beprobt, das durch den sanierten Rohrschnitt durchgelaufen ist? Ist Stagnationswasser berücksichtigt worden?
- zu Messprotokollen**
- 7) Bitte senden Sie alle Messprotokolle der vergangenen 5 Jahre (2009-2014+2015), bei denen BPA gemessen wurde - auch solche bei denen BPA unterhalb der Detektionsgrenze lag.
als Anhang
- 8) Bitte charakterisieren Sie tabellarisch diese BPA-Messungen genauer. Verwenden Sie hierfür Matrix B (nächstes Tabellenblatt).
in Matrix B
- 9) Sofern BPA über der Nachweisgrenze gemessen wurde, welche Ursachen vermuten Sie (bitte verwenden Sie zur Beantwortung die Kommentarspalte in Matrix B)?
in Matrix B
- 10) Stehen Ihnen Produktinformationen vom Hersteller der eingesetzten Epoxy und Härter zur Verfügung, bei denen auf BPA-Rückstände getestet wurde? Wenn ja, würden wir Sie bitten, uns diese ebenfalls zur Verfügung zu stellen.
als Anhang
- Ist BPA in Epoxy oder Härter nachweisbar?

11) Wie lange schätzen Sie sind sanierte Trinkwasserleitungen im Durchschnitt in Gebrauch, z.B. 20 Jahre bis zum Abriss des Hauses)?

Alterungseinflüsse, die BPA-release begünstigen könnten

12) Sonstige Kommentare/Anmerkungen Ihrerseits.

Vielen Dank!

Teil 2

Matrix A

Jahr	Anzahl Sanierungen	Masse Epoxy	Masse Härter	durchschnittl. verwendet	Epoxygemischmasse pro Rohrinnefläche (g/cm ²)
	x	xy kg	z kg		y g/cm ²
2009					
2010					
2011					
2012					
2013					
2014					
2015					

Matrix B

