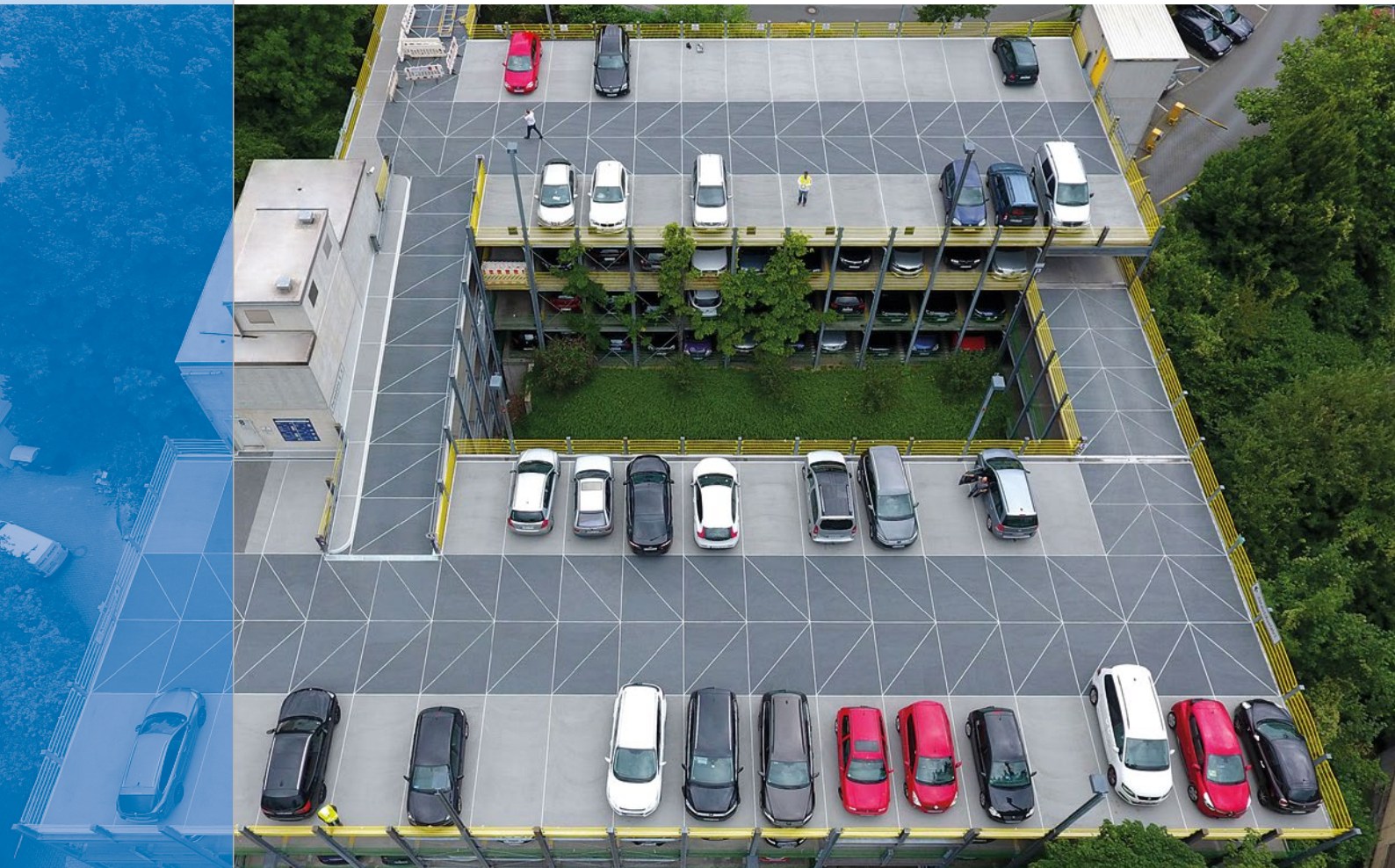


SACHSTANDSBERICHT



Harze auf der Basis von
Methylmethacrylat in der
Bauwirtschaft und der Umwelt

3. Ausgabe, April 2023

INHALT

1	EINLEITUNG	3
2	CHEMISCHE GRUNDLAGEN VON MMA-HARZEN	4
2.1	Zusammensetzung und Verwendung	4
2.2	Aushärtung von MMA-Harzen	4
3	EIGENSCHAFTEN UND EINSATZGEBIETE	6
3.1	Leistungsfähigkeit	6
3.2	Eigenschaften	6
3.3	Einsatzgebiete	7
3.3.1	Allgemeines	7
3.3.2	Industrieboden- und Küchenbeschichtungen	8
3.3.3	Dekorative und funktionelle Oberflächen	9
3.3.4	Parkhausbeschichtungen	10
3.3.5	Dachabdichtungen	11
3.3.6	Balkone, Loggien, Laubengänge und Terrassen	12
3.3.7	Brückenabdichtungen und Brückenbeschichtungen	13
3.3.8	Abdichtungen von Innenräumen	14
3.3.9	Abdichtung erdberührter Bauteile	15
3.3.10	Vergussmörtel	16
3.3.11	Kanalrohrsanieung	16
3.3.12	Weitere Verwendungen von MMA-Harzen	17
4	VERARBEITUNG – HINWEISE ZUM SICHEREN UMGANG	18
4.1	Allgemeines	18
4.2	Belüftungsmaßnahmen und Atemschutz	18
4.3	Hautschutz	19
4.4	Augenschutz	20
4.5	Weitere technische Schutzmaßnahmen	20
4.6	Maßnahmen gegen Explosions- und Brandgefahr	20
4.7	Entsorgung auf der Baustelle	20
4.8	Transport	20
4.9	Lagerung	22
4.10	Betriebsanweisungen für den Umgang mit MMA-Harzen	23
4.11	REACH	23
5	MMA-HARZE IN DER UMWELT – ASPEKTE ZUR NACHHALTIGKEIT	24
5.1	Nachhaltiges Bauen	24
5.1.1	Lebenszyklus-Analyse (life cycle assessment) – Ökobilanz	25
5.1.2	Gebäudezertifizierung	26
5.1.3	Umweltproduktdeklarationen	26
5.2	Einflüsse auf die Umwelt während der Nutzungsphase	26
5.2.1	Ausgehärtetes Produkt (MMA-Harz-Produkt)	26

5.2.2	Qualität der Innenraumluft – VOC	26
5.2.3	Oberflächenwasser, Boden, Grundwasser	27
5.3	Rückbau und Verwertung	27
6	FAZIT	27
NACHWORT		28
LITERATUR		28

1 EINLEITUNG

Die globale Nachfrage nach Methylmethacrylat, kurz MMA, steigt seit 2015 stetig an und erreichte 2019 einen weltweiten Wert von 3,6 Mio. Tonnen, davon ca. 600.000 Tonnen in Europa. Die farblose Flüssigkeit ist der Ausgangsstoff für viele weitere Produkte wie beispielsweise Acrylglasplatten und Formmassen für Extrusion und Spritzguss. Auch in Reaktionsharzen, Lacken, Emulsionen und Dispersionen findet MMA seinen Einsatz. [39]

Durch die chemische Weiterverarbeitung von MMA werden sogenannte Methacrylsäureester hergestellt. Diese bilden ein Baukastensystem, mit dem maßgeschneiderte Eigenschaften bei den vielfältigen Anwendungen in der Bau- und Kunststoffindustrie realisiert werden.

Im täglichen Leben finden Produkte auf Basis von MMA und Methacrylsäureestern vielseitigen Einsatz. Die bekannteste Form sind transparente Kunststoffverglasungen, aus denen beispielsweise Flugzeugfenster, Lärmschutzwände und Spuckschutzscheiben hergestellt werden. Auch Fassaden oder Dächer – wie z. B. das Dach des Olympiastadions in München – werden aus Acrylglas gefertigt. Weniger bekannt aber genauso wichtig ist der medizinische Bereich, wo es in Tablettenüberzügen oder Knochenzement zum Einsatz kommt. Auch Straßenmarkierungen, Fußböden, Farben und Lacke basieren auf MMA, um nur einige weitere der zahlreichen Anwendungen zu nennen.

In diesem Sachstandsbericht wird ausschließlich auf die Eignung von Methacrylat-Harzen für die Anwendung im Baubereich und deren Verhalten und Verbleib in der Umwelt eingegangen. Die Aussagen zu MMA und Methacrylat-Harzen sind nicht nur für die Anwendung im Baubereich gültig, prinzipiell treffen die Aussagen auch in anderen Bereichen zu – natürlich unter Anpassung auf die jeweiligen Gegebenheiten.

In der Praxis werden die Harze auch als MMA-Harz, PMMA-Harz, Methacrylat-Harz (MA-Harz), Acrylharz, Acrylat-Harz oder Polyurethan(Meth)acrylate bezeichnet. Sie sind jedoch nicht mit den Acrylat-Dispersionen auf wässriger Basis zu verwechseln. Im weiteren Text werden alle vorgenannten Typen unter dem Begriff MMA-Harze zusammengefasst.

Die Haupteinsatzgebiete von MMA-Harzen in der Baubranche mit einem jährlichen weltweiten Verbrauch von über 35.000 t sind der Oberflächenschutz und Abdichtungen für Bauwerke (z. B. dickschichtige Beläge als Industriefußböden oder Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Beton, wie Einsatz in Parkhäusern). Weitere Einsatzbereiche sind die Verwendung als Bindemittel für die Herstellung von Reaktionsharzbeton (Polymerbeton), kalthärtende Straßenmarkierungssysteme und Klebstoffe. Dabei kommt der schnellen Härtungsreaktion auch bei tiefen Temperaturen eine hohe Bedeutung zu.



2 CHEMISCHE GRUNDLAGEN VON MMA-HARZEN

2.1 Zusammensetzung und Verwendung

Die Systemkomponenten sind:

- Das flüssige Harz
- Der pulverförmige Härter
- Ggf. die Füllstoffe

MMA-Harze sind lösemittelfreie Flüssigharze, die durch Polymerisation der entsprechenden Monomere ausgehärtet werden. In den überwiegenden Fällen ist der reaktive Hauptbestandteil Methylmethacrylat (MMA). Daher wird in den folgenden Kapiteln auf dieses Monomer detaillierter eingegangen, wenn beispielsweise Umwelt- und Sicherheitsaspekte beschrieben werden.



MMA-Harze werden prinzipiell als Monomer-Polymer-Systeme angeboten und enthalten zusätzlich noch weitere Bestandteile zur Einstellung der geforderten Anwendungseigenschaften.

Werden unterschiedliche Monomere miteinander kombiniert (chemisch: copolymerisiert), lassen sich die mechanischen Grundeigenschaften von spröde/hart bis elastisch/biegsam stufenlos einstellen. MMA-Harze beinhalten meist auch noch andere Comonomere aus der Gruppe der Methacrylate bzw. Acrylate. Neuere Systeme werden mit Polyurethan(meth)acrylaten (PUMA) formuliert und kommen vorwiegend im Abdichtungsbereich zum Einsatz. Bei diesen Systemen werden die positiven Eigenschaften aus beiden Technologien kombiniert: die schnelle Aushärtung auch bei tiefen Temperaturen mit der Kälteflexibilität der Polyurethane.

MMA-Harze sind relativ niedrigviskos und werden bei Bedarf mit Füllstoffen und Farbpigmenten versetzt. Für spezielle Anwendungsgebiete wie z. B. die Beschichtung von Ingenieurbauten sind auch vorgefüllte und pigmentierte, also werkseitig ausformulierte Systeme im Handel. Aufgrund des günstigen Benetzungsverhaltens lassen sich die Mischzeiten von Harz und Füllstoff auf wenige Minuten beschränken. MMA-Harze sind 2K-Systeme und werden unter Zugabe eines Härterpulvers ausgehärtet.

Für die Aushärtung der MMA-Harze verwendet man radikalbildende Initiatoren, die als pulverförmige Härter zugesetzt und homogen untergemischt/gelöst werden müssen.

Nach Zugabe des Härters (Initiators) wird die Mischung anschließend innerhalb von ca. 15 Minuten verarbeitet. Die niedrige Viskosität der Mischungen ermöglicht bei der Verarbeitung eine leichte Verteilung und somit hohe Verlegeleistung. Als fertiges Produkt entsteht ein leicht vernetzter chemisch inerte Werkstoff, der zwar je nach Zusammensetzung mehr oder weniger elastisch, im Gegensatz zu reinen Thermoplasten jedoch nicht mehr schmelzbar ist. In diesem ausgehärteten Produkt liegen die anfänglich flüchtigen Monomere als festes und geruchsloses Polymer Netzwerk vor.

2.2 Aushärtung von MMA-Harzen

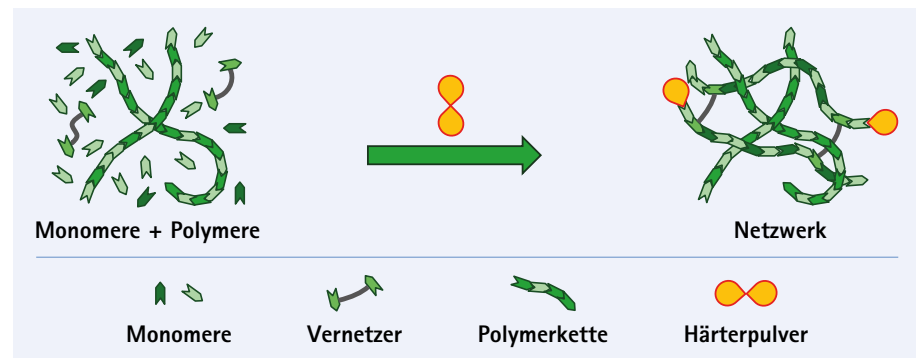
MMA-Moleküle zeichnen sich dadurch aus, dass sie aufgrund einer reaktiven Doppelbindung sehr schnell aushärten. Die Aushärtung von MMA-Harzen ist eine chemische Reaktion, bei der viele einzelne Moleküle miteinander zu langen Kettenmolekülen, sogenannten Polymeren, verknüpft werden. Diese spezielle Art der Aushärtung wird als radikalische Polymerisation bezeichnet.

Bei der radikalischen Polymerisation zerfällt ein sogenannter Initiator (Starter, Härter) zu kleineren Einheiten, die ein freies Elektron besitzen und daher hochreaktiv sind. Von

diesem freien Elektron ausgehend werden in Sekundenbruchteilen lange Kettenmoleküle aufgebaut. Der wesentliche Unterschied zu anderen Polymerreaktionen ist, dass nicht eine Komponente A mit einer Komponente B in einem bestimmten Mengenverhältnis reagiert, sondern der Initiator lediglich die Kettenbildung der monomeren Harzbestandteile einleitet. Die Aushärtung der gesamten Beschichtung dauert ca. 1 Stunde, da nicht alle Initiatorpartikel zur selben Zeit zerfallen und die monomeren Bestandteile erst nach und nach an diese Kette angeschlossen werden.

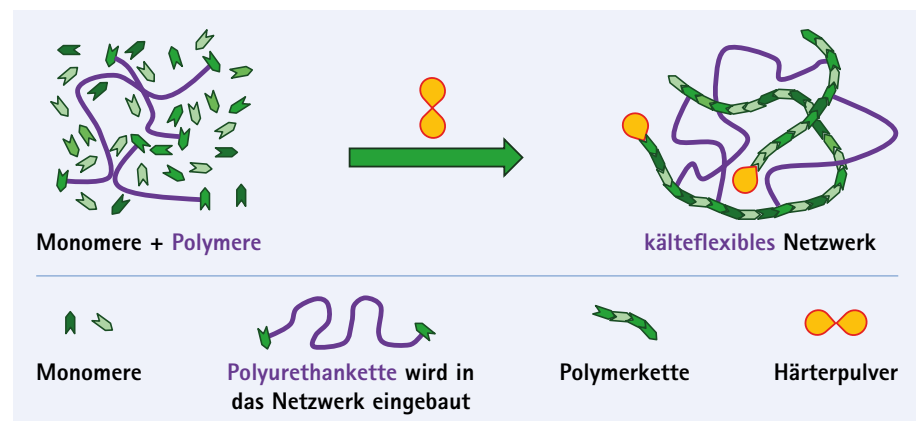
MMA-Harze können sowohl bei tiefen als auch bei hohen Temperaturen verlegt werden. Dies ist möglich durch die passende Dosierung des Härterpulvers abhängig von der Verarbeitungstemperatur (typisch: 1–5 Gewichtsprozent). Mit Sondereinstellungen lassen sich MMA-Harze auch im Tiefkühlbereich und über +35 °C verarbeiten.

Im Vergleich zu anderen Aushärtereaktionen verläuft die radikalische Polymerisation somit in einem stark erweiterten Temperaturbereich.



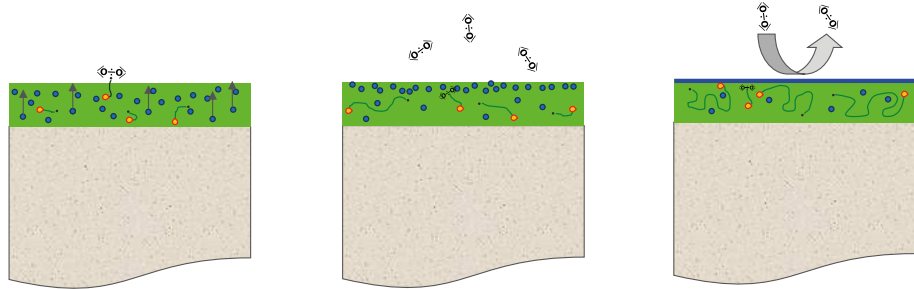
Schema 1 zeigt die Polymerisation eines typischen Harzes, bei welchem Polymerketten in flüssigen Monomeren gelöst sind. Auf der Baustelle werden dann die Monomere mittels Härterpulver zu festen Polymeren verkettet bzw. sogar vernetzt.

Für PU-modifizierte MMA-Harze werden die Monomere mit Polyurethansegmenten ergänzt, welche Teil des Netzwerks werden, siehe Schema 2.



Die radikalische Polymerisation kann jedoch durch Luftsauerstoff (O_2), insbesondere an der Beschichtungsfläche, gestoppt werden. Eine klebrige Oberfläche wäre die Folge. Um dies zu verhindern wird i. d. R. dem Harz eine kleine Menge Wachs zugefügt, welches die Tendenz hat, nach oben zu treiben. Um das Wachs in eine homogene Verteilung zu bringen, müssen die Harze vor der Verarbeitung aufgerührt werden. Die Wachspartikel bilden bei der Applikation an der Oberfläche eine geschlossene Schicht, welche eine Barriere für Luftsauerstoff darstellt. Es muss für einen ausreichenden Luftwechsel gesorgt werden, um die Ausbildung der Wachsschicht zu fördern, siehe Schema 3.

Schema 3
Verhindern einer klebrigen Oberfläche
durch fein verteiltes Wachs



Eine wachsende Kette kommt an der Oberfläche mit O_2 in Kontakt und kann dadurch nicht weiter wachsen. **Wachspartikel** sind leichter als **flüssiges MMA** und treiben an die Oberfläche.

Eine **Wachsschutzschicht** gegen O_2 bildet sich aus.

Die **Wachsschutzschicht** hat sich ausgebildet, das **flüssige MMA** kann nun unter O_2 -Ausschluss weiter aushärten.

3 EIGENSCHAFTEN UND EINSATZGEBIETE

3.1 Leistungsfähigkeit

Produkte auf Basis von MMA-Harzen kommen im Bauwesen seit mehreren Jahrzehnten erfolgreich zum Einsatz. Insbesondere finden sie Anwendung beim Beschichten, Abdichten und Instandsetzen von Bauwerken, Parkdecks, Industrie- und Küchenböden, Dächern, Balkonen, Terrassen, Laubengängen und vielem mehr – sowie als Straßen- und Bodenmarkierungen und Baukleber. MMA-Harze gelten seit vielen Jahren als etablierte Lösung im Baubereich und sind in vielen Normen und anerkannten Regelwerken verankert.

Die Handhabung von MMA-Harzen unterscheidet sich aufgrund des Härtungsmechanismus der Polymerisation deutlich von anderen Beschichtungssystemen, die nach der Polyadditions- oder Polykondensationsreaktion aushärten (wie z. B. Polyurethane oder Epoxidharze). Die Grundeigenschaften können je nach Einsatzzweck durch entsprechend formulierte MMA-Harze über einen weiten Bereich variiert werden. Typische Eigenschaften solcher MMA-Harzformulierungen und deren Einsatzgebiete sind nachfolgend zusammengestellt.

3.2 Eigenschaften

Aus der Art der chemischen Reaktion und der besonderen chemischen Beschaffenheit von MMA-Harzen resultiert eine Vielzahl wichtiger Eigenschaften:

- Sehr schnelle Durchhärtung, bereits nach 1 bis 2 Stunden belastbar, Regenfestigkeit bereits nach ca. 30 Minuten
- Sehr rascher Aufbau mehrlageriger Systeme ohne Zwischenstandzeiten
- Sehr schnelle vollständige Durchhärtung auch bei niedrigen Temperaturen, daher Beschichtungs- und Abdichtungsarbeiten bis unter 0°C , mit besonderen Formulierungen bis -30°C möglich
- Weitgehende Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeitseinfluss während der Aushärtungsphase
- Gute chemische Beständigkeit gegen eine Vielzahl von Chemikalien wie Säuren, Laugen, Öle, Fette, Reinigungsmittel und bedingte Beständigkeit gegen bestimmte Lösemittel
- Verseifungs-/alkalihydrolysebeständig, daher für zementgebundene Untergründe und in vielen Fällen für die Verwendung auf jungem Beton geeignet

- Hohe Bewitterungsresistenz und UV-Beständigkeit – z. B. keine Versprödung, kein Vergilben und kein Verkreiden – daher auch für Außenanwendungen sehr gut geeignet
- Gute Haftung auf den unterschiedlichsten Materialien, dadurch dauerhaft guter Verbund zwischen Untergrund und Beschichtung
- Vorhandene Altbeschichtungen können auch nach vielen Jahren ohne hohen Aufwand gut überarbeitet werden
- Gute Zwischenschichthaftung auch ohne Abstreuerung
- Hohe Abriebfestigkeit, daher ausgeprägte Dauerhaftigkeit
- Breites Einsatzgebiet durch adaptierte Produkte (flexibel, schlagzäh bis hin zu hart)
- Lösemittelfrei, da zu 100% reaktiv
- VOC-Freisetzung bei der Verlegung konform mit nationalen und internationalen Anforderungen
- VOC-Freisetzung aus der ausgehärteten Beschichtung in Innenräumen konform mit nationalen und europäischen Anforderungen
- Physiologische Unbedenklichkeit, daher für die Lebensmittelindustrie geeignet



3.3 Einsatzgebiete

3.3.1 Allgemeines

Das wichtigste Anwendungsgebiet für Beschichtungen und Abdichtungen auf Basis von MMA-Harzen sind begeh- oder befahrbare, meist horizontale Flächen, die erhöhten mechanischen, chemischen, thermischen oder witterungsbedingten Belastungen genügen müssen. Die MMA-Harz-Beschichtungen und -Abdichtungen schützen die darunterliegenden Bauwerksteile dauerhaft vor den vorgenannten Einflüssen und bieten dem Nutzer je nach Ausführung der Beschichtungsoberfläche zusätzliche ästhetische oder funktionelle Eigenschaften, wie z. B. Rutschhemmung oder schwere Entflammbarkeit.

Flüssigkunststoffe auf MMA-Basis werden seit Jahrzehnten erfolgreich als Abdichtungen und Oberflächenschutzsysteme eingesetzt. Daher war es nur eine Frage der Zeit, bis Produkte auf MMA-Basis nicht nur bauaufsichtlich zur Abdichtung hoch beanspruchter Bereiche geregelt wurden, sondern sukzessive Eingang in nationale und europäische Regelwerke gefunden haben. Das Normenwerk zur Bauwerks- und Dachabdichtung (DIN 18531 bis DIN 18535) dokumentiert eindrucksvoll das breite Einsatzspektrum der Flüssigkunststoffe als praxisbewährte Abdichtungen und damit die allgemein anerkannten Regeln der Technik.

MMA-Harze kommen auf unterschiedlichsten Untergründen vorzugsweise auf porösen Oberflächen, wie Beton, zement- oder kunstharzgebundenen Estrichen oder Asphalt zum Einsatz. Aber auch auf Holz, Kunst- oder Naturstein oder – mit speziellen Grundierungen – selbst auf glatten Oberflächen aus Metall oder Keramik werden sie eingesetzt.

Die Untergründe müssen i. Allg. tragfähig, trocken und frei von Inhibitoren oder haftungsmindernden Stoffen wie z.B. Fett, Öl, Wachs oder Silikon sein.

Auch ältere Kunstharzbeschichtungen – vorzugsweise auf MMA-Basis – können beschichtet werden, was eine einfache und schnelle Instandsetzung und damit eine besonders nachhaltige Beschichtungslösung ermöglicht.

3.3.2 Industrieboden- und Küchenbeschichtungen

Industrieböden in Fertigungshallen, Werkstätten oder auch Unternehmen der pharmazeutischen und der Lebensmittelindustrie unterliegen den unterschiedlichsten Belastungen. Tonnenschwere Gabelstapler, Stoßbelastungen durch das Aufsetzen schwerer Güter oder herabfallende Teile und Verunreinigungen mit Ölen, Treibstoffen und Chemikalien beanspruchen die Böden bis zum Äußersten. Reinigungsverfahren mit heißem Wasserdampf und aggressiven Industriereinigern strapazieren zusätzlich.

Hier kommen die Vorteile der schnellen Aushärtung auch bei niedrigen Temperaturen voll zum Tragen. Die Beschichtungsarbeiten lassen sich zeit- und somit kostensparend durchführen. Für den Endnutzer/Kunden resultieren daraus die wichtigen Vorteile von kurzen Stillstandszeiten und minimalem Produktionsausfall. Die schon angesprochene Variabilität der MMA-Harz-Formulierungen erlaubt die Auswahl von Produkten mit mechanischen Eigenschaften von hart über schlagzäh und elastisch bis kälteflexibel.

Je nach chemischer Zusammensetzung und Vernetzungsgrad sind MMA-Produkte für Anwendungen sowohl bei tiefen Temperaturen, z. B. in Kühlräumen, als auch für Anwendungen mit hoher thermischer Belastung, z. B. in Küchen, verfügbar.

Je nach Anforderung und Einsatzgebiet, steht eine große Bandbreite von Produkten zur Verfügung. Diese reicht von dünnen Imprägnierungen über rollbare Dünnbeschichtungen, selbstverlaufende glatte oder abgestreute Beschichtungen (von 1 – 8 mm Schichtdicke) bis hin zu schnellhärtenden Reparaturmörteln, mit denen im Instandsetzungsfall Ausbrüche oder andere Schäden im Untergrund verfüllt werden können. Kleinere Reparaturen von Ausbrüchen auf hochfrequentierten Fahrwegen sind beispielsweise während einer Stunde möglich. Die Flächen sind anschließend mechanisch voll belastbar.

Weiterhin werden spezielle Produkte für Fugen und Ausbildung von senkrechten Wandanschlüssen angeboten. Die Oberflächenbeschaffenheit der Beschichtungen kann von glatt bis rutschfest in jeder geforderten Bewertungsgruppe der Rutschgefahr (R-Gruppe) variiert werden.

Auch die optische Gestaltungsfreiheit ist bei den MMA-Harz-Beschichtungen durch Verwendung von Farbsanden, Pigmenten und farbigen Chips nahezu unbegrenzt.

Die Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Laugen, Fette, Reinigungs- und Desinfektionsmittel sowie die fugenlose Ausführung begründen den Einsatz von Beschichtungen auf MMA-Harz-Basis in der Lebensmittelindustrie bzw. im Besonderen in der fleischverarbeitenden Industrie. Vor allem in Metzgereien, Zerlege- oder Räucherbetrieben und Tiefkühlbereichen haben sie sich besonders bewährt.

Neben den Belastungen im Zuge der Produktion kommt es aufgrund der hohen Hygieneanforderungen in diesen Betrieben zu regelmäßigen intensiven Reinigungsmaßnahmen. Die Belastung für die Beschichtungen durch Fettrückstände und Warmwasser aus der Nutzung sowie durch Hochdruckreiniger sind hier beträchtlich. Wegen ihrer ausgeprägten Beständigkeit gegen Wasser- und Fetteinfluss können MMA-Harz-Beschichtungen ihre Funktionsfähigkeit über viele Jahre aufrechterhalten.

Ein zusätzlicher positiver Aspekt ergibt sich aus dem ausgezeichneten Verbund zwischen neu verlegten und älteren MMA-Harz-Beschichtungsflächen. Dieser Verbund wird durch Anlösen und Erweichen der Altbeschichtung durch die Monomere der neuen



Beschichtung herbeigeführt. Vor allem bei der Überarbeitung von alten Industriefußböden bietet diese Eigenschaft einen großen Vorteil.

Beschichtungen auf Basis von MMA-Harzen sind bei bestimmungsgemäßem Gebrauch physiologisch unbedenklich. Das ist besonders wichtig in der Lebensmittelindustrie. Eine den Nutzungsbedingungen angemessene Beschichtung auf Basis von MMA-Harz hält hohen mechanischen Belastungen über einen langen Zeitraum stand, verhindert sicher das Eindringen von Flüssigkeiten in den Untergrund und gewährleistet einen ebenen, reinigungsfähigen Bodenbelag für die unterschiedlichsten Nutzungen.

Gerade in Großküchen wie z.B. in Kantinen, Mensen, Systemgastronomie, Hotels oder Krankenhäusern sind Fußböden täglich mechanischen, thermischen und chemischen Belastungen ausgesetzt, die denen in den vorgenannten industriellen Anwendungen gleichkommen. Gleichzeitig bestehen hohe Hygieneanforderungen an den Küchenfußböden der daher gut zu reinigen und dennoch rutschhemmend sein muss. Hierfür können spezielle Fußbodensysteme auf MMA-Harz-Basis eingesetzt werden, die gute chemische Beständigkeit und Heißwasserbeständigkeit unter Dauerbelastung bieten, physiologisch unbedenklich sind und rutschhemmend ausgestattet sind. Solche Systeme haben ihre Eignung in industriellen Küchen seit Jahrzehnten in der Praxis unter Beweis gestellt und bei unabhängigen Prüfstellen nachgewiesen. Beispielsweise wird in einigen Ländern die Eignung der Ausstattung für den Lebensmittelbereich über ein HACCP-Zertifizierungsprogramm sichergestellt. MMA-Beschichtungen können eine HACCP-Zertifizierung erlangen.

3.3.3 Dekorative und funktionelle Oberflächen

Neben der Erfüllung industrieller Anforderungen wie mechanischer oder chemischer Schutz des Untergrundes oder Rutschfestigkeit (z.B. von R9 bis R13 einstellbar bzw. Barfußbereiche A bis C) sollen Bodenbeschichtungen auch ansprechend in der Oberfläche sein.

Typische Deckschichten sind

- glatt, in verschiedenen Farben
- eingestreut mit farbigen Chips, ggf. klar versiegelt
- eingestreut mit naturfarbenen Sanden, farbig versiegelt
- eingestreut mit farbigen Sanden, klar versiegelt

Dezent abgestimmte Farbsandmischungen in unterschiedlicher Körnung und Farbe werden z.B. in eine selbstverlaufende Fließbeschichtung eingestreut. Diese Oberflächen sind rau, rutschfest und werden farblos versiegelt. Solche Beschichtungen können auch für nass genutzte Flächen verwendet werden.



Rein dekorative Beschichtungen können durch Farbchipseinstreuungen hergestellt werden. Hierzu mischt man Farbflocken in unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen Farben, bis eine gewünschte Farbgestaltung entsteht. Diese Farbchipseinstreuungen können sowohl flächendeckend als auch sparsam eingesetzt werden. Bei der flächendeckenden Abstreuerung mit Farbchips wird in jedem Fall eine farblose Versiegelung zur Einbindung der Chips aufgetragen.

Erfahrene Verleger können unterschiedlich eingefärbte Verlaufsbeschichtungen ineinanderfließend mit der Kelle aufziehen, sodass ein Marmor-Effekt entsteht. Spezielle Produkte helfen, eine Freihandoptik zu betonen. So kann z.B. eine unten liegende, dunkle Schicht durch eine milchige Deckschicht wolzig geblockt werden, es entsteht eine Zementoptik.

Eine interessante Kombination sind Böden mit abgesetzten Teilflächen mit unterschiedlichem Dekor. So können z.B. Fahrwege und Stellflächen unterschiedlich gestaltet werden.

3.3.4 Parkhausbeschichtungen



MMA-Harze bieten sich für Parkhausbeschichtungen wegen der sehr guten Witterungsbeständigkeit, der Flexibilität und insbesondere der schnellen Aushärtung an. Rampen und Auffahrten lassen sich innerhalb eines Tages oder über Nacht sanieren, sodass keine Einbußen durch ausfallende Nutzung entstehen. In erster Linie sind dies selbstverlaufende, flexible Beschichtungen mit Quarzsandeinstreuung. Es besteht die Option von darunterliegenden Membran- oder Abdichtungslagen, die sowohl im Roll- und Spachtelverfahren als auch im Spritzauftrag verarbeitet werden können. Bei Bedarf können auch Einlagen aus Polyestervlies oder Glasgewebe eingearbeitet werden.

Die Verwendung von Beschichtungen in Parkhäusern ist u. a. durch eine Technische Regel des DIBt „Instandhaltung von Betonbauwerken“ (DIBt-TR Instandhaltung) [6] und zusätzlich die Ausführung durch die DAfStb-Richtlinie „Instandsetzung von Betonbauteilen“ (RL SIB), Teil 3 aus dem Jahr 2001 [7] vorgegeben. Parallel werden in der DIN 18532 [13] Parkhausabdichtungen geregelt und es gelten die Angaben im DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [9].

Die Parkhausflächen werden maßgeblich in drei Verwendungsbereiche eingeteilt:

- a) Innenbereiche, in denen erhöhte mechanische Belastung erwartet wird, die aber nicht rissgefährdet sind. Dies sind in der Regel Zwischendecks oder Tiefgaragen. Da hier keine Belastung durch Witterung und insbesondere nicht durch UV-Einwirkung vorliegt, sind starre Systeme ohne dynamische Rissüberbrückung völlig ausreichend. Für die Produktsysteme lautet die Bezeichnung OS 8 (OS = Oberflächenschutzsystem).
- b) Innenbereiche, die dynamisch beansprucht werden, also Flächen, die stark mechanisch belastet werden und die bereits gerissen sind oder bei denen starke Rissgefahr besteht. Für diese Bereiche wird eine dynamische Rissüberbrückung bei -20°C gefordert. In der Regel ist hier OS 11 b vorgesehen.
- c) Bereiche, die rissgefährdet sind und dynamisch belastet werden, wie z. B. frei bewitterte Parkdecks. Hier können nach Regelwerk die Systeme OS 11 a, OS 10 und OS 14 zum Einsatz kommen (das OS 14 entspricht aktuell noch nicht dem anerkannten Stand der Technik). Dabei handelt es sich um Beschichtungssysteme mit integrierter Nutzschiicht, die direkt befahren werden. Für diese Bereiche wird eine dynamische Rissüberbrückung bei -20°C gefordert.



In den letzten Jahren haben sich mehr und mehr die OS 10-Systeme durchgesetzt. Diese wirken dynamisch rissüberbrückend und sind geeignet für den Top-Deck-Bereich sowie für Rampen. Die entsprechenden Systeme weisen ihre Verwendbarkeit über ein bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) nach Absatz C 3.12 oder Absatz 3.16 der MVV TB nach. In diesem Bereich haben sich in den letzten Jahren aufgrund ihrer hohen dynamischen Rissüberbrückung insbesondere die vliesarmierten MMA-Systeme durchgesetzt.

Aufgrund der hervorragenden Hitzebeständigkeit können vliesarmierte MMA-Abdichtungen als Dichtungsschiicht im Verbund unter Gussasphalt oder Fahr beton eingesetzt werden.

Alternativ zu den klassischen, wie zuvor beschriebenen OS 10 Aufbauten unter Gussasphalt hat sich auch ein Gesamtaufbau mit Dichtungsschiicht und Schutz- und Deckschicht auf Basis von MMA durchgesetzt. Dabei werden Dichtungsschiichten mit und ohne Vliesarmierung verwendet. Bei den Schutz- und Nutzschiichten werden MMA-

Beschichtungen mit unterschiedlichen Einstreuungen (Quarzsand oder Hartkorn) oder Strukturbeläge ausgeführt. Auch diese Systeme erfüllen die Anforderungen an Oberflächenschutzsysteme OS 10.

Da der gesamte Systemaufbau konsequent auf MMA-Produkten basiert, gibt es keine Schwierigkeiten z. B. durch eine schlechte Zwischenhaftung der Schichten untereinander.

Weitere Details können dem Leitfaden „Flüssigkunststoffe“ der DBC [8] und dem DBV Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ [9] entnommen werden.

Eigenschaften	OS 8	OS 10 ¹⁾	OS 11 a/b	OS 14 (nicht Stand der Technik)
Regelwerk	DIN 18532 / TR Instandhaltung	DIN 18532 / RL SIB	DIN 18532 / TR Instandhaltung	(TR Instandhaltung)
Kurzbeschreibung	Starre Beschichtung für befahrbare Flächen	Beschichtung als Dichtungsschicht mit hoher Rissüberbrückung unter Schutz- und Deckschichten für begeh- und befahrbare Flächen	Beschichtung mit erhöhter dynamischer Rissüberbrückungsfähigkeit für begeh- und befahrbare Flächen	Beschichtungssystem mit hoher dynamischer Rissüberbrückung, mit integrierter Nutzschrift, direkt befahrbar (mit/ohne Einlage), bestehend aus einem flexiblen Reaktionsharz und einer zusätzlichen Nutzschrift aus Reaktionsharz (ungefüllt/gefüllt), mit ggf. mineralischer Einstreuung und ggf. Deckversiegelung.
Mindestschichtdicke in mm	2,5 (Gesamtschichtdicke inklusive Grundierung u. Deckversiegelung)	2,0	OS 11 a Deckschicht: 3,0 elast. OS-Schicht: 1,5 OS 11 b 4,0	Deckschicht: 4,0 elast. OS-Schicht: 2,0
Anwendungsbereiche	Mechanisch u. chemisch beanspruchte Flächen im überdachten Bereich	Abdichtung von Betonbauteilen mit Trennrissen und planmäßiger mechanischer Beanspruchung, z. B. Brücke, Trog- und Tunnelsohlen u. ä. Bauwerken wie Parkdecks	OS 11 a: Freibewitterte Betonbauteile mit oberflächennahen Rissen und/oder Trennrissen und planmäßiger mechanischer Beanspruchung auch im Sprüh- oder Spritzbereich von Auftausalzen OS 11 a/b: Zwischendecks	Oberflächenschutz für Betonbauteile mit Trennrissen u. planmäßiger mechanischer Beanspruchung, z. B. direkt befahrene freibewitterte Parkdecks
Rissüberbrückung (dynamisch)	-	B 4.2 (-20 °C)	B 3.2 (-20 °C)	B 4.2 (-20 °C)

1) in Zukunft wird vrs. das OS 10 entfallen

Anwendung und Eigenschaften der OS-Systeme OS 8, OS 10, OS 11 und OS 14 nach DIN 18531-1 und DIBt-TR Instandhaltung (Fassung 05.2020)

3.3.5 Dachabdichtungen

Neben den klassischen Bahnenabdichtungen haben sich Flüssigkunststoffe und darunter auch solche auf MMA-Basis als Abdichtungstechnologie für nicht genutzte und genutzte Dachflächen durchgesetzt.

Zu den nicht genutzten Dachflächen gemäß DIN 18531-1 [13] zählen:

- Flache und geneigte Flächen, die nur zum Zwecke der Wartung, Pflege und allgemeinen Instandhaltung begangen werden
- Dachflächen mit extensiver Begrünung

Als genutzte Dachflächen werden in der Norm definiert:

- Begehbar Dachflächen (z. B. Dachterrassen) sowie Gehwege in begrünten Dächern
- Dachflächen mit intensiver Begrünung (Anstaubbewässerung ≤ 100 mm)
- Dächer mit am Tragwerk befestigten oder ballastierten Solaranlagen und/oder haustechnischen Anlagen



Flüssigkunststoffe auf MMA-Basis sind als anwendungsfertige, verlaufs-fähige Systeme für großflächige Abdichtungen und als thixotrop eingestellte Varianten für Detaillösungen im Handel. Der beabsichtigten Nutzung entsprechend sind sie kälteflexibel, rissüberbrückend und brandhemmend (als harte Bedachung) ausgerüstet. Um die Schichtdicke kontrollieren zu können und um die Gesamtfestigkeit zu erhöhen, sind in Deutschland und vielen anderen europäischen Ländern Vlieseinlagen vorgeschrieben. Diese Einlage muss gemäß den gängigen Regelwerken [13] [18] ein Mindestflächengewicht von 110 g/m² besitzen. Die Applikation erfolgt zumeist manuell durch Rollauftrag, es sind aber auch verspritzbare 2-Komponenten-Systeme möglich. Aufgrund ihres flüssig-sämigen Zustandes während der Applikationsphase sind die MMA-Systeme passgenau einsetzbar und nicht an geometrische Vorgaben des abzudichtenden Daches gebunden. Sie passen sich jeder komplexen Geometrie an, liegen an wie eine zweite Haut und gelten als hinterlaufsicher. Die mechanische Befestigung und das gesonderte Abdichten von Stößen, Kanten und Überlappungen, wie es bei Bahnenware an den Durchdringungen eines Daches zwingend notwendig ist, entfällt bei den flüssig applizierbaren MMA-Systemen. Aus diesen Gründen hat sich die Abdichtungskombination von Bahnenware in der Fläche und Flüssigkunststoff für die Details in den letzten Jahren am Markt durchgesetzt. Insbesondere die guten Haftungseigenschaften von MMA auf beschieferten Bitumenbahnen und vielen Kunststoff- und Elastomerbahnen auch ohne Grundierung sind einer der Gründe für den Einsatz von MMA-Detailsystemen.



Von großem Vorteil sind bei den Dachabdichtungen die schnelle Aushärtung der MMA-Harze und die Möglichkeit der Anwendung bei tiefen Temperaturen. Hinzu kommt eine vergleichsweise hohe Unempfindlichkeit gegenüber Luftfeuchtigkeit und Regen. Dadurch können MMA-Abdichtungen fast ganzjährig, auch bei unbeständiger Witterung, mit hoher Sicherheit verarbeitet werden.

Eine Besonderheit stellen begrünte Dachflächen dar. Bei intensiv und extensiv begrünten Dachflächen muss die Abdichtung wurzelbeständig sein oder der Schutz gegen Durchwurzelung muss durch andere Maßnahmen sichergestellt werden.

Flüssigkunststoffe werden auf nicht genutzten Dachflächen als einlagige Abdichtungen ausgeführt. Aufgrund der hohen Bewitterungsresistenz und der UV-Beständigkeit muss bei MMA-Abdichtungen auf nicht genutzten Dachflächen keine weitere Überarbeitung mit einer Versiegelung oder sonstigem erfolgen. Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit kann ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis für Dachabdichtung mit FLK (abP) gemäß MVV TB oder eine ETA/EAD (Europäische Technische Bewertung/European Technical Assessment) nach ETAG 005 [14] bzw. EAD 030350-00-0402 gefordert sein. In Deutschland sind die DIN 18531 und die Flachdachrichtlinie [13] [18] die maßgeblichen Verwendungsregeln.

3.3.6 Balkone, Loggien, Laubengänge und Terrassen

Diese Bauteile werden in DIN 18531 [13] und teilweise auch über die Flachdachrichtlinie [18] geregelt. Dabei wird unterschieden in die Bereiche „Balkone, Loggien und Laubengänge“ auf der einen und „(Dach-)Terrassen“ auf der anderen Seite.

Die Dachterrassen fallen unter die genutzten Dachflächen, da sich unter ihnen genutzter Wohnraum befindet. Hier kommen vliesarmierte MMA-Abdichtungen unter sogenannten Fremdbelägen wie beispielsweise Platten- oder Holzbeläge zum Einsatz. Aber auch direkt begehbare Systemaufbauten mit vliesarmerter Abdichtung und integrierter Nuttschicht auf MMA-Harz-Basis werden ausgeführt. Hierbei ist zu beachten, dass die direkt begehbaren Systemaufbauten auf Wärmedämmung und einer Druckverteilschicht, wie

z. B. aus Betonfertigteilen wie Trockenestrichplatten, appliziert werden. Als Eignungsnachweis der verwendeten Stoffe im Bereich der Dachterrassen ist wie bei den nicht genutzten Dachabdichtungen eine Europäische Technische Bewertung (ETA) nach der ETAG 005 bzw. EAD 030350-00-0402 erforderlich.

Bei Balkonen, Loggien und Laubengängen handelt es sich um auskragende Bauteile bzw. Bauteile über nicht bewohnten Bereichen. Hier können neben den Abdichtungen für Dachterrassen oder Abdichtungen mit ETA nach ETAG 005 bzw. EAD 030350-00-0402 ohne Vlieseinlage auch Beschichtungssysteme eingesetzt werden. Geeignet hierfür sind die Oberflächenschutzsysteme OS 8 (mindestens 2,5 mm Schichtdicke) und OS 11 sowie OS 10, die auch auf befahrenen Flächen (Abschnitt 3.2.4) verwendet werden. Die mineralische Abstreuerung in den Oberflächenschutzsystemen kann auch durch eine Abstreuerung mit Kunststoffgranulat oder Chips ersetzt werden.



Im Unterschied zum Flachdach erhalten die genutzten, begehbaren Dachflächen neben der Abdichtung noch eine dekorative (integrierte) Nutzschiicht mit Versiegelung, die dann den höheren Anforderungen hinsichtlich des Abriebs, der Rutschfestigkeit und der Druckbelastung gerecht wird. Je nach Hersteller und Systemaufbau sind glatte, einfarbige Oberflächen möglich, ebenso wie mit Kunststoffchips oder Farbquarz eingestreute Beläge. MMA-Abdichtungen werden auch unter Steinteppichen, Fliesen, Platten, Holz oder anderen Fremdbelägen eingesetzt.

Für die Ausführung von Anschlüssen und Detailausbildungen werden dieselben Werkstoffe und Einlagen verwendet, die auch für die Flächenabdichtung zur Anwendung kommen.

Besondere Bedeutung kommt den Laubengängen zu, da diese als Fluchtwege gelten und besonderen Brandschutzbestimmungen unterliegen. Hier werden in der Regel schwer entflammable Systeme ($B_{fl}(s1)$ oder $C_{fl}(s1)$ nach DIN EN 13501) gefordert und auch höhere Rutschfestigkeiten (mindestens R11) müssen eingehalten werden.

Die Deutsche Bauchemie hat mit dem Leitfaden „Flüssigkunststoffe – Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Flüssigkunststoffen für Dächer sowie begehbare und befahrbare Flächen nach DIN 18531 und DIN 18532“ [8] eine umfangreiche und praxisnahe Informationsschrift erarbeitet.

3.3.7 Brückenabdichtungen und Brückenbeschichtungen

Abdichtungen und/oder Beläge von Fahrbahntafeln und Brückenkappen auf Basis flexibel eingestellter MMA-basierter Harze bieten einen wirkungsvollen Schutz der tragenden Brückenkonstruktion gegen eindringendes Regenwasser oder Eintrag von Chloriden aus Tausalrückständen und kommen sowohl für Stahl- als auch für Betonbrücken zum Einsatz. Beläge aus diesem Material sind zudem außerordentlich verschleißfest und dauerhaft.

Wiederum sind schnelle Aushärtung und Anwendbarkeit bei niedrigen Temperaturen, sowie – bei Verwendung geeigneter Formulierungen – Anwendbarkeit auf feuchtem Beton entscheidende Argumente für MMA-Harze. Unterschiedliche Systeme, sowohl für maschinelle Anwendungen im Spritzverfahren, als auch zur manuellen Verarbeitung haben sich etabliert.

Die ETAG 033 bzw. ggf. ihr Nachfolgeregelwerk gilt als europaweite Leitlinie für „Bausätze für flüssig aufzubringende Brückenabdichtungen“. In Deutschland gilt u. a. die DIN 18532 für befahrene Verkehrsflächen aus Beton [15].

Die Systeme bestehen in der Regel aus drei Schichten: einer Grundierung, der gefüllten Membranschicht, in zwei Arbeitsgängen appliziert, und ggf. einem sogenannten „Tack Coat“, der eine besonders gute Adhäsion zum befahrbaren Asphaltbelag gewährleistet. In der Regel besteht die Nutzschrift bei Brückenbauwerken aus Asphalt. Wegen der exzellenten Witterungsbeständigkeit und hohen mechanischen Beständigkeit besteht die Möglichkeit, die Nutzschrift auch aus MMA-Harzen zu gestalten.

Die sogenannten reaktionsharzgebundenen Dünnbeläge (RHD-Beläge) ermöglichen die Realisierung von langlebigen dünn-schichtigen Beschichtungen auf Stahlbrücken und damit besonders leichte Brückenkonstruktionen als Voraussetzung für große Spannweiten. Solche MMA-Systemaufbauten bestehen aus Grundierung, Abdichtungsmembran und einer abgestreuten Nutzschrift. Zusätzlich kann auch noch eine Versiegelung aufgebracht werden.

Gerade für die Instandhaltung der alternden Brückenkonstruktionen liefert die MMA-Harz-Technologie eine Lösung für eine möglichst schnelle Projektausführung auch in kalter Jahreszeit.

Eine weitere Verwendungsmöglichkeit von MMA-Harzen eröffnet sich zunehmend in kalten Ländern, wenn sogenannte Grundierungen unter Schweißbahnen appliziert werden. Die oft in Anlehnung an die deutsche TL/TP BEL EP (Technische Lieferbedingungen und Prüfvorschriften für Grundierungen, Versiegelungen und Kratzspachtelungen unter Asphaltbelägen auf Beton) geprüften MMA-Harze können auch bei Temperaturen $< 8^{\circ}\text{C}$ verwendet werden. Ein europäisches Regelwerk gibt es hierzu nicht. Für Deutschland gilt seit November 2018 das Hinweisblatt „H PMMA“ von der FGSV [40]. Damit ist der Einsatz von schnellen MMA-Harzen in Verbindung mit einer Dichtungsschicht aus einer Polymerbitumen-Schweißbahn eine anerkannte Bauweise, die die Ausführung auch in kälteren Jahreszeiten ermöglicht.

Geprüfte Kombinationen aus FLK und Schweißbahnen werden in den sogenannten „BASt-Listen“ veröffentlicht und freigegeben.

Im Bereich der Sanierung von Betonbrücken ist vor der Aufbringung der vorgenannten Abdichtungs- bzw. Beschichtungssysteme häufig eine Verfestigung des Beschichtungsuntergrundes erforderlich. Hierzu stehen niedrigviskose MMA-Imprägnierharze zur Mikrorissverfüllung und Strukturverfestigung zur Verfügung.

3.3.8 Abdichtungen von Innenräumen

Bei keramischen Belägen kann durch undichte Fugen, aber auch durch kleinste Risse, Wasser in den Untergrund eindringen. Ist das Bauteil nicht ausreichend gegen Feuchtigkeit geschützt, können entsprechende Schäden auftreten.

Abdichtungen auf Basis von MMA-Harzen in Verbindung mit keramischen Fliesen werden insbesondere in chemisch und mechanisch hoch belasteten Bereichen eingesetzt. Nach dem Aushärten bilden diese Systeme eine dichte Membranschicht und sind beständig gegen die Einwirkung einer Vielzahl von Chemikalien, aggressiven Reinigungsmitteln, Heißdampf etc.

Aufgrund dieser Eigenschaften sind solche Flächen widerstandsfähig gegen chemische und mechanische Belastungen, wie sie z. B. in Schwimmbädern, Großküchen, Betrieben der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, der chemischen Industrie, Laboratorien oder Lagerräumen auftreten können.





Diese Bauart wird in unterschiedlichen Regelwerken behandelt, maßgeblich sind die Normen DIN 18531 und DIN 18534. Als Verwendbarkeitsnachweise für diese Bereiche werden allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) für Verbundabdichtungen nach PG AIV-F „Prüfgrundsätze für Abdichtungsstoffe im Verbund mit Fliesen- und Plattenbelägen“ gefordert. Als weiterer Verwendbarkeitsnachweis ist auch eine europäische technische Bewertung nach ETAG 022 Teil 1 bzw. EAD 030352-00-0503 möglich.

Für den Anwendungsbereich Innenräume (gewerbliche Küchen, Bäder, etc.) wurde die Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten normativ gefasst und bauaufsichtlich geregelt.

Die Lösung, einen Küchenboden durchgängig aus Flüssigkunststoff herzustellen, ist aktuell Stand der Technik und hat sich in der Praxis bewährt. Diese Bauweise stellt damit eine höhere Stufe der technischen Entwicklung dar. Diese hat sich aber in den Normungsgremien noch nicht als allgemein anerkannte Regel der Technik durchgesetzt. Dieses Beschichtungssystem kann als Sonderbauweise individuell mit dem Planer vereinbart werden.

3.3.9 Abdichtung erdberührter Bauteile

Auf erdberührte Bauteile können je nach baulichen Gegebenheiten nicht drückendes oder drückendes Wasser, Bodenfeuchte, Spritz- oder Kapillarwasser einwirken. Flüssigabdichtungen auf MMA-Harz-Basis werden als außenliegende Abdichtungen eingesetzt. Dabei reicht der Einsatz von einer flächigen Anwendung über Abdichtungen von Fugen und Lichtschächten bis hin zu Abdichtungen von Durchdringungen und Details.

Die Vorteile der MMA-Harz-basierten Abdichtungen liegen zum einen in der flüssigen Verarbeitung und Anpassung an die Geometrie. Des Weiteren werden durch die Kalthärtung (flammenlos) auch sensible Untergründe wie Kunststoffe nicht geschädigt. Zum anderen können über die flexible Formulierung der MMA-Harze rissüberbrückende Systeme gewährleistet werden.

Bei erdberührten Bauteilen (z. B. erdüberschütteten Decken, vor erdberührten Wänden) muss die Abdichtung wurzelbeständig (nach DIN EN 13948 oder nach FLL-Verfahren) sein oder der Schutz gegen Durchwurzelung muss durch andere Maßnahmen sichergestellt werden. Die notwendige Wurzelfestigkeit muss ggf. nachgewiesen werden.

Nach DIN 18533 sind die Flüssigabdichtungen in folgenden Bereichen einsetzbar:

- Bei nichtdrückendem Wasser auf erdüberschütteten Decken (Wassereinwirkungsklasse W3-E) und
- Bei Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden (Wassereinwirkungsklasse W4-E)

Für den Nachweis der Verwendbarkeit ist ein allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) nach den Prüfgrundsätzen PG-FLK des DIBt für den Anwendungsbereich zu erbringen. Die Abdichtungen gemäß der Norm müssen mit einer Einlage ausgeführt werden. FLK mit einem abP nach PG-FLK können nach bauaufsichtlichen Kriterien auch für die Wassereinwirkungsklassen W1-E (Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser) und W2.1-E (Drückendes Wasser mit mäßiger Einwirkung von $\leq 3,0$ m) verwendet werden.

Mit einem abP nach PG-ÜBB oder PG-FBB können FLK auch für Übergänge von der Fläche auf Betonkonstruktionen mit hohem Wassereindringwiderstand eingesetzt werden. Dabei handelt es sich um außenliegende streifenförmige Abdichtungen oder Abdichtungen von Bewegungsfugen, die über WU-Betonfugen auf Grundlage der WU-Betonrichtlinie eingesetzt werden.

3.3.10 Vergussmörtel

Vergussmörtel werden in erster Linie für konstruktive Baumaßnahmen eingesetzt. Hierzu zählen die Herstellung von Brückenlagern, Fahrbahnübergangskonstruktionen, Fugenreprofilierungen, Einbettmörtel für Abwasserelemente und Kanalschächte, Aufnahme von Fugenprofilen, Verguss von Metallpfosten, Verfüllung von wasserdichten Breitfugen bei Natursteinplatten, Verankern von Maschinen und deren Bolzen, Herstellung von Rampen und Gefälle, Füllen von Schlaglöchern und Ausgleich von Betonunebenheiten. Wird der Vergussmörtel in Formen gefüllt, entstehen hieraus vorgefertigte Polymerbetonfertigteile, die entweder alleine einen neuen Einsatz finden oder wieder im Verbund mit Beton erneut mit Mörtel oder Kleber kombiniert werden können.

Die Anforderungen an einen solchen Mörtel sind in erster Linie geringer Schwund und eine niedrige Wärmeentwicklung während des Härtungsvorgangs, um Rissbildung oder Hochschüsseln vom Untergrund zu vermeiden. Sehr wichtig dabei ist auch das thermische Verhalten bei Temperaturänderungen. Deshalb muss immer sichergestellt werden, dass der Mörtel z. B. auch für den Außeneinsatz geeignet ist. Bei Innenanwendungen sind diese Anforderungen nicht so hoch.

Vergussmörtel, die statische Aufgaben zu erfüllen haben, z. B. für Brückenlager, sollen in der Regel eine höhere Druckfestigkeit aufweisen als der darunter befindliche Beton. Auch unter dem Einfluss von steigenden Temperaturen im Sommer oder bei Bränden darf die Druckfestigkeit nicht merklich nachlassen.

Vergussmörtel können auch flexibilisiert formuliert werden. Diese haben eine verringerte Druckfestigkeit und können dafür in größeren Längen aufgebracht werden, ohne durch den Schwund bei der Aushärtung zu reißen. Flexibilisierte Vergussmörtel können sich bei leichten Untergrundverformungen wie z. B. Wärmeausdehnungen anpassen. Für Asphaltreparaturen oder als Ausgleich für Unebenheiten sind ebenfalls elastifizierte Mörtel gebräuchlich.

Vergussmörtel werden unterschiedlich gehandhabt. Es gibt 2- und 3-komponentige Produkte. Die 2-komponentigen Mörtel werden als Gebindeeinheit fertig vordosiert, auf der Baustelle mit dem Harz vermischt und innerhalb von 15 Minuten verarbeitet. Bei 3-komponentigen Mörteln wird die Härtermenge der Umgebungstemperatur angepasst. Beide Varianten können bei Raumtemperatur nach 1–2 Stunden belastet werden. Anwendungen > 20 mm bedürfen i. d. R. eines Zuschlags von groben Sanden, um die Reaktionswärme aufzunehmen. Spezielle MMA-Mörtel können auch bei sehr tiefen Temperaturen aushärten (–25 °C, Härtezeit ca. 2 h).

Werkseitig vorgemischte Estrich-Mörtel können u. a. nach EN 13813 CE-gekennzeichnet sein.

Für standsicherheitsrelevante Anwendungen wie Brückenlager oder Bolzenverankerungen müssen Prüfungen nach EN 1504–6 durchgeführt werden und in Deutschland ggf. weitere Verwendungsnachweise erwirkt werden.

3.3.11 Kanalrohrsanierung

Ein spezielles Einsatzgebiet für MMA-Harze ist die grabenlose Kanalrohrsanierung. Dabei werden defekte Abwasserrohre aus Beton, PVC oder aus Steinzeug von innen mit Glasfasermatten, die mit dem MMA-Harzen getränkt wurden, abgedichtet. So kann das aufwendige Ausgraben und Austauschen der defekten Röhren vermieden werden. Der Transport der Glasfasermatten durch das Kanalrohrsystem erfolgt ferngesteuert auf sogenannten Packern. Der Vorgang wird durch eine Kamera überwacht. Beim Erreichen der schadhaften Stelle wird der Packer mit Druckluft beaufschlagt, wobei er sich ausdehnt und die harzgetränkte Glasfasermatte an die Rohrwandung presst. Nach der

Aushärtung des MMA-Harzes wird die Druckluft abgelassen und der Packer wieder aus der Rohrleitung zurückgezogen. Nach Abschluss der Reparatur kann die Dichtigkeit des Rohrabschnittes nach EN 1610 [10] überprüft werden. Dazu werden zwei Absperrblasen gesetzt und der Abschnitt dazwischen mit Luft oder Wasser unter Überdruck gesetzt. Je nach Durchmesser und Material der Rohre darf der Druckabfall einen definierten Grenzwert nicht überschreiten. Von kommunalen Auftraggebern wird grundsätzlich eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) des DIBt für die zum Einsatz gebrachten Harzsysteme gefordert.

Die besonderen Vorteile der MMA-Harze bei der Kanalrohrsanie rung sind ihre ausgezeichnete Haftung auf verschiedenen Untergründen – selbst im nassen und verschmutzten Zustand – und ihre schnelle Aushärtung, die eine rasche Wiederinbetriebnahme der Rohrleitungen erlaubt, sowie die Möglichkeit der Aushärtung bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen.



3.3.12 Weitere Verwendungen von MMA-Harzen

Kaltplastiken auf Basis von MMA-Harzen werden als Straßenmarkierungen bereits seit den 1960er Jahren als hochwertige Alternative zu Lacken und Thermoplasten eingesetzt, um dem Winterdienst zu widerstehen.

Dank exzellenter Verschleißfestigkeit und hoher Formstabilität auch bei hoher Verkehrsbelastung von Minusgraden bis hin zu hohen Temperaturen bieten Kaltplastik-Straßenmarkierungen heute dauerhafte Funktionalität in allen Klimazonen, vom kalten Alaska bis zum heißen Mittleren Osten.

Ferner werden zunehmend MMA-Harze für folgende Anwendungen eingesetzt:

- Abdichtung von Fundamenten in Windkraftanlagen
- Abdichtung von Behältern und Becken z.B. nach DIN 18535, wie Zierbrunnen, Regenrückhaltebecken, Sprinkleranlagen
- Taktile Markierungen z.B. nach DIN 32984 (Bodenindikatoren im öffentlichen Raum)
- Abdichtung von Betonkonstruktionen der Agrarindustrie, z. B. in Biogasanlagen und Fahrhilfen, Beschichten von Melkständen und Futtertischen

4 VERARBEITUNG – HINWEISE ZUM SICHEREN UMGANG

4.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt werden die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt während der Verarbeitung betrachtet. Während das ausgehärtete Produkt als chemisch inert und physiologisch unbedenklich gilt, sind beim Umgang mit flüssigem Harz und Härter Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Die Komponenten der MMA-Harze sind als reaktive Chemikalien kennzeichnungspflichtig. Relevant ist die Einstufung der MMA-Harze nach CLP als reizend, hautsensibilisierend und leicht entzündlich.

Die wesentlichen gesundheitlichen Gefährdungen entstehen durch Haut- und Augenkontakt mit dem noch flüssigen Harz bzw. Härter durch das Einatmen flüchtiger Bestandteile. Beim Dosieren und Mischen der Komponenten sowie beim Verarbeiten von MMA-Harzen müssen daher bestimmte technische und organisatorische Schutzmaßnahmen getroffen und konsequent eingehalten werden. Durch Schutzmaßnahmen, die in den Sicherheitsdatenblättern sowie Verarbeitungsempfehlungen der Lieferanten im Einzelnen aufgeführt sind und die in Deutschland durch die Berufsgenossenschaften vorgeschrieben werden, ist ein sicherer Umgang mit den MMA-Harzen gewährleistet.



Gewerbliche Unternehmen nutzen das seit Jahren erweiterte und verbesserte Informationsangebot über die zu treffenden Schutzmaßnahmen. Dazu zählen u.a.:

- Produktinformationen mit Verarbeitungshinweisen
- Sicherheitsdatenblätter
- UFI-Codes (Hinweise für die Giftinformationszentralen)
- Gebindeaufschriften (z.B. H- und P-Sätze)
- GISCODEs
- Betriebsanweisungen
- Anwendungstechnische Seminare
- Internet-Hinweise

Die sicherheitsrelevanten Komponenten in den gebrauchsfertigen MMA-Harzen sind im Wesentlichen die monomeren Bestandteile, überwiegend Methylmethacrylat und 2-Ethylhexylacrylat sowie das Peroxid.

4.2 Belüftungsmaßnahmen und Atemschutz

MMA ist eine klare, farblose, leichtflüchtige Flüssigkeit mit einem relativ hohen Dampfdruck von 37 mbar (20 °C) und einem stechenden, fruchtig-aromatischen Geruch. Die Geruchsschwelle von MMA ist mit 0,05 ppm beim Menschen gering, sodass diese Substanz bereits in Spuren deutlich wahrgenommen wird.

Im Normalfall übt der charakteristische Eigengeruch der Monomere in Kombination mit den niedrigen Geruchsschwellenwerten, die weit unter den AGW-Werten liegen, eine effektive Warnwirkung zum gewissenhaften Umgang aus.

MMA ist nicht als akut toxisch eingestuft, kann aber in höheren Konzentrationen die Atmungsorgane und die Haut reizen und bei direktem Hautkontakt sensibilisierend wirken. Es ist auf die Einhaltung von vorgeschriebenen Arbeitsplatzgrenzwerten z.B. durch Einsatz geeigneter Belüftungstechniken und ausreichende Schutzausrüstung zu achten.

Grundsätzlich ist auf einen ausreichenden Luftwechsel bei Arbeiten in Innenräumen zu achten. Um eine vollständige Durchhärtung der MMA-Harze zu gewährleisten, ist ein

5- bis 7-facher, stündlicher Luftwechsel bezogen auf das Volumen über der zu beschichtenden Fläche anzustreben. Darüber hinaus sind Arbeitsschutzmaßnahmen (Belüftung, Atemschutzgeräte) immer von den Bedingungen vor Ort abhängig (Abmessung der Räumlichkeiten, Materialumsatz pro Stunde usw.) und müssen im Einzelfall festgelegt werden.

Für Methylmethacrylat (CAS-Nr. 80-62-6) gilt ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) von 50 ppm bzw. 210 mg/m³. In der TRGS 900 – Ausgabe Januar 2006 ist eine Spitzenbegrenzung mit dem Überschreitungsfaktor 2 der Kategorie (I) festgelegt.

Im Verlauf der Beschichtungsarbeiten sind Kurzzeitüberschreitungen bis 100 ppm zulässig. Diese kurzzeitige Überschreitung darf allerdings nicht länger als 15 Minuten dauern und 100 ppm nicht überschreiten. Nach einer solchen (zulässigen) Überschreitung ist ein Zeitraum von einer Stunde einzuhalten, in der es zu keiner Überschreitung kommt. In einer Schicht sind insgesamt maximal vier kurzzeitige Überschreitungen des Arbeitsplatzgrenzwerts (AGW) von 50 ppm zulässig, wenn ein Mittelwert von 50 ppm über die Schicht eingehalten wird.

Kann eine Unterschreitung des AGW durch technische Maßnahmen nicht erreicht werden, muss ein Atemschutzgerät verwendet werden. In der Regel muss ein Gasfiltertyp A eingesetzt werden, die Gasfilterklasse ist dabei abhängig von der Schadgaskonzentration vor Ort. Bei Spritzverarbeitung – ausgenommen Straßenmarkierungsarbeiten – muss ein Kombinationsfilter (Gas und Partikel) benutzt werden.

Atemschutzgeräte mit Gebläseunterstützung, die keinen erhöhten Atemwiderstand bieten, unterliegen keiner Tragezeitbegrenzung. Druckluft-Schlauchgeräte und gebläseunterstützte Filtergeräte mit Haube oder Helm (z.B. Airstreamhelme oder spezielle Vollmasken) [4] haben sich in der Praxis bewährt und sind G26-befreit, für diese sind keine arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen vorgeschrieben.

Für das Tragen von anderen Atemschutzgeräten (ohne Zufuhr von Frischluft) sind arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen ggf. nach dem DGUV-Grundsatz „G26 Atemschutzgeräte“ vorgeschrieben.

Im Außenbereich wird in der Regel bei Arbeiten mit MMA-Harzen der AGW eingehalten.

Bei der Abführung der Abluft muss eine Beeinträchtigung Dritter etwa durch störende Geruchswahrnehmung minimiert werden. Eine sachliche Information der Anlieger vor Aufnahme der Arbeiten ist ratsam. Da die Dämpfe schwerer als Luft sind, ist eine Anreicherung in tiefergelegenen Geschossen oder Senken möglich. Wenn diese Bereiche nicht abgeschottet werden können, muss auch hier ein Luftwechsel sichergestellt sein.

4.3 Hautschutz

MMA-Harze und Peroxid-Härter sind reaktive Chemikalien, die Allergien auslösen können. Deshalb muss direkter Kontakt mit der Haut vermieden werden. Es muss geeignete Arbeitskleidung (Handschuhe, langärmeliger Schutzanzug, chemikalienbeständige Schuhe) getragen werden. Die Verwendung von Hautschutzsalben vor und nach der Arbeit ist empfehlenswert.

Angaben zu geeigneten Handschuhmaterialien findet man in den Sicherheitsdatenblättern. Schutzhandschuhe aus Nitril oder Butylkautschuk sind grundsätzlich geeignet, müssen jedoch je nach Anwendung ausgewählt werden. Hierbei sind Angaben zu Durchbruchzeiten und Tragezeiten der Handschuhhersteller zu beachten. Das zusätzliche Tragen von Unterziehhandschuhen aus Baumwolle verbessert den Tragekomfort.

4.4 Augenschutz

Eine Sicherheitsschutzbrille muss getragen werden, wenn bei der Verarbeitung/Mischung mit Spritzern zu rechnen ist. Bei Spritzverarbeitung ist ein vollständiger Gesichtsschutz zu empfehlen.

Darüber hinaus sollte eine Augenspülflasche vorgehalten werden.

4.5 Weitere technische Schutzmaßnahmen

Die Verarbeitung im Stehen durch Rollen oder Spachteln mit langstieligen Geräten z. B. Rakel, Gummischieber, Rolle oder Stachelwalze, ist gegenüber der knieenden Verarbeitung aus ergonomischen und sicherheitstechnischen Gründen generell zu bevorzugen.

Empfehlenswert für das Mischen der Komponenten ist der Einsatz einer Spritzabdeckung sowie ein langsam anlaufender Mischer mit stufenloser Drehzahlregelung.

4.6 Maßnahmen gegen Explosions- und Brandgefahr

Methylmethacrylat ist durch seinen niedrigen Flammpunkt als leicht entzündbare Flüssigkeit, Kategorie 2, eingestuft und kann mit Luft zündfähige Gemische entwickeln. Daher müssen alle Zündquellen ferngehalten werden.

Die obersten Gebote sind: Vermeiden von elektrischer Aufladung (Erdung), nicht Rauchen, offenes Feuer vermeiden, ggf. Verwendung von funkenfreien Werkzeugen sowie ggf. antistatischer Arbeitskleidung.

Grundsätzlich sind vorbeugende Feuerschutzmaßnahmen zu treffen. Als Löschmittel sind lösemittel-/alkoholbeständiger Schaum, Pulver, CO₂ oder Sand geeignet.

4.7 Entsorgung auf der Baustelle

Das nicht ausgehärtete Produkt ist als gefährlicher Abfall zu bewerten. Die Entsorgung muss, unter Beachtung der Vorschriften, nach Rücksprache mit dem Entsorger oder der zuständigen örtlichen Behörde, in einer geeigneten und dafür zugelassenen Anlage erfolgen. Der Abfallschlüssel ist dem Sicherheitsdatenblatt zu entnehmen.

Die Entsorgung erfolgt gemäß der „Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen“. Auch bei der Entsorgung von nicht ausgehärteten Produkten gelten die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung und des Gefahrgutrechts. Vollständig ausgehärtetes Material kann nach Rücksprache mit dem Entsorger oder der zuständigen Behörde, als hausmüllähnlicher Gewerbeabfall entsorgt werden.

Kontaminierte Verpackungen sind tropffrei und spachtelrein zu entleeren. Restentleerte Gebinde können über diverse Rücknahmesysteme (z. B. Interzero, KBS, RIGK) kostenfrei einer Annahmestelle übergeben werden. Es gelten die Annahmebedingungen des Rücknahmesystems.

4.8 Transport

MMA-Harze sind als Gefahrgut eingestuft, daher muss auf zuverlässigen Schutz gegen unbeabsichtigtes Freisetzen geachtet werden.

Für den Transport von MMA-Harzen und Peroxid-Härtern müssen weltweit gültige Bestimmungen eingehalten werden. Diese ergeben sich aus den internationalen Gefahrgutregelwerken ADR, RID und ADN und werden zeit- und wortgleich in das Gemeinschaftsrecht übernommen.

Europäisch gilt die Richtlinie 2010/61/EG [26] zur erstmaligen Anpassung der Anhänge der Richtlinie 2008/68/EG über die Beförderung gefährlicher Güter im Binnenland. Diese Regelung wird alle zwei Jahre an den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt angepasst (dies geschieht in ungeraden Jahren, zuletzt am 1. Januar 2023).

National wird die o.g. Richtlinie durch das Gefahrgutbeförderungsgesetz (GGBefG) [20] und die Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahnen und Binnenschifffahrt (GGVSEB) [34] umgesetzt.

Die unter die Gefahrgutvorschriften fallenden Stoffe (einschließlich Mischungen und Lösungen) und Gegenstände sind entsprechend der von ihnen ausgehenden Gefahr bzw. der von ihnen ausgehenden vorherrschenden Gefahr einer der Klassen 1–9 zugeordnet. Diese Informationen werden im Sicherheitsdatenblatt im Abschnitt 14 dargestellt.

Gefährliche Güter werden UN-Nummern und technischen Namen entsprechend ihrer Einstufung und ihrer Zusammensetzung zugeordnet. Die Kriterien hierfür sind beispielsweise bei brennbaren Flüssigkeiten Flammpunkt, Viskosität und Dampfdruck. Die potentiellen Gefahren werden danach erkannt, eingestuft und nach außen kenntlich gemacht.

MMA-Harze können wie folgt eingestuft sein:

Die vorwiegende Einstufung der Peroxid-Härter ist:



Der Transport von Gefahrgütern geschieht mittels bauartgeprüfter Verpackungen. Diese müssen umfangreiche Prüfungen in Hinblick auf Dichtheit, Stapeldruck etc. bestehen. Diese Prüfungen finden in der Regel bei der BAM statt und die geprüften Gebinde sind mit der Zulassungsnummer der BAM gekennzeichnet. Detailangaben zum Transport können ebenfalls den Sicherheitsdatenblättern der Hersteller unter Abschnitt 14 entnommen werden.

Auch das Fahrzeug und der Fahrer müssen für die Beförderung geeignet sein. Das Fahrzeug muss außen gut sichtbar gekennzeichnet sein (orangefarbene Tafel), der Fahrer muss im Besitz eines gültigen ADR-Scheins sein und eine ADR-Ausrüstung (z. B. Gulliabdeckung, Abstreugut, Schaufel usw.) und weitere Gegenstände mit sich führen. Konkret ist das im ADR nachzulesen.

Kleinmengen: Für die Beförderung von Gefahrgütern durch Privatpersonen oder Handwerker (z. B. auf dem Weg zur Baustelle) gibt es eine Ausnahmeregelung – die sogenannte „1000 Punkte Regel“. Die Bewertung der Gefahrgüter erfolgt dabei über ein Punktesystem, bei dem die Mengen der einzelnen Produkte mit den Gefahrgutpunkten multipliziert werden und in Summe 1000 Punkte nicht überschreiten dürfen. Unter diesen Voraussetzungen gelten für den Transport nur eingeschränkte Bedingungen. Beispielsweise muss ein Feuerlöscher (2 kg) mitgeführt werden.

Beispiel für Punkteberechnung:

100 kg MMA-Harze der Klasse 3 (UN 1263), Verpackungsgruppe 3:
je ein Punkt pro kg => 100 Punkte

6 kg Katalysator (lose verpackt) der Klasse 5.2 (UN 3106):
je 3 Punkte pro kg => 18 Punkte

Gesamtpunktzahl: 118

Bei einem solchen Transport (Handwerker) sind in der Regel noch weitere Stoffe wie Lösungsmittel oder Gasflaschen zu berücksichtigen!

4.9 Lagerung

MMA-Harze und Peroxid-Härter sind nach Gefahrstoffverordnung kennzeichnungspflichtige Stoffe, bei deren Lagerung Folgendes zu berücksichtigen ist:

a) Allgemein

Für die Lagerung von Gefahrstoffen gelten die TRGS (Technische Regel für Gefahrstoffe) 510 und Unfallverhütungsvorschriften (UVV). Diese Vorschriften kommen auch auf Baustellen und für nicht vollständig restentleerte Gebinde zur Anwendung. Weiterhin hat die BG BAU eine Broschüre mit Informationen zur „Lagerung von Gefahrstoffen auf dem Bau“ herausgegeben.

Für Peroxide und MMA-Harze besteht ein Zusammenlagerungsverbot (räumliche Trennung, Peroxid < 200 kg, DGUV) nach der Gefahrstoffverordnung bzw. der TRGS 510.

Die Lagertemperatur sollte 25 °C nicht überschreiten. Die Produkte müssen grundsätzlich in zugelassenen, dichten und gut verschlossenen Behältern vor Sonneneinstrahlung geschützt aufbewahrt werden. Unter diesen Bedingungen sind sowohl die MMA-Harze als auch der Härter mindestens 6 Monate lagerfähig. Grundsätzlich werden die Produkte durch Frost nicht unbrauchbar, sollten aber vor der Anwendung besonders sorgfältig homogenisiert (aufgerührt) werden.

b) Die Einstufung nach Betriebsicherheitsverordnung (BetrSichV)

MMA-Harze sind als leichtentzündlich eingestuft. Sie sind mit dem GHS 02-Symbol (Flamme) und dem H225 (Flüssigkeit- und Dampf leicht entzündbar) eingestuft. Diese Produkte unterliegen der Betriebsicherheitsverordnung (BetrSichV), die für Produkte mit einem Flammpunkt bis einschließlich 55 °C anzuwenden ist. Die BetrSichV unterscheidet zwischen erlaubnisfreier und erlaubnisbedürftiger Lagerung. Maßgeblich für die Zuordnung sind die Gefahrstoffklassen der Produkte, die Lagermenge und die Art des Lagerbehältnisses.

c) Die Wassergefährdungsklasse (WGK)

Zur Beurteilung eventuell vorhandener nachteiliger Wirkungen auf die Umwelt bei Austritt aus dem Lager wird die WGK herangezogen. Die MMA-Harze und Peroxid-Härter sind typischerweise in WGK 1 (schwach wassergefährdend), in wenigen Fällen sind MMA-Harze auch in WGK 2 (deutlich wassergefährdend) eingestuft. Die zu ergreifenden Maßnahmen sind von den gelagerten Mengen abhängig. So ist z. B. ein Auffangraum ab folgenden Mengen vorgeschrieben:

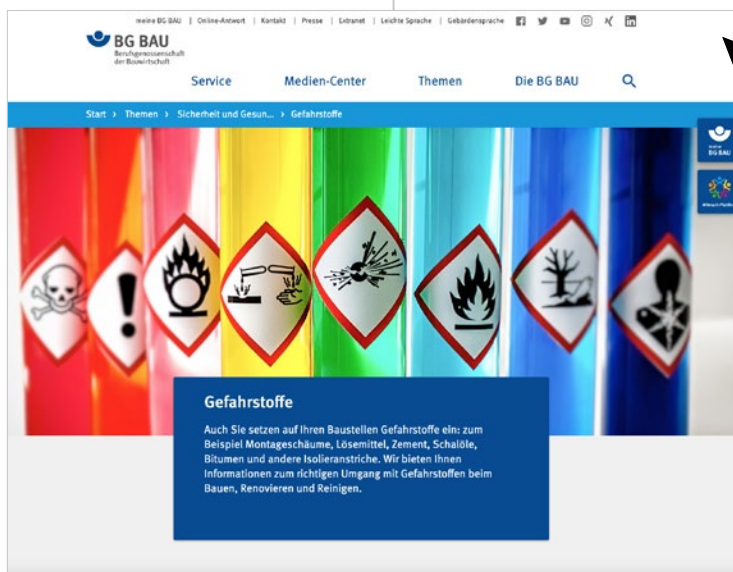
- WGK 1: mehr als 10.000 Liter
- WGK 2: mehr als 1.000 Liter

Dies ist bundesweit in der AwSV (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) einheitlich geregelt.

4.10 Betriebsanweisungen für den Umgang mit MMA-Harzen

Für den Umgang mit MMA-Harzen ist eine tätigkeitsbezogene Betriebsanweisung zu erstellen, in der auf die Gefahren hingewiesen wird sowie die Schutzmaßnahmen festgelegt werden. Darüber hinaus sind ein Belüftungskonzept und eine Information der Baustellenanlieger empfehlenswert.

Der Unternehmer bzw. Verantwortliche muss die Beschäftigten anhand der Betriebsanweisung vor dem ersten Einsatz von MMA-Harzen (und später mindestens einmal pro Jahr) schulen. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung müssen schriftlich festgehalten und von den Teilnehmern durch Unterschrift bestätigt werden.



Die Deutsche Bauchemie hat in Zusammenarbeit mit GISBAU (Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft: www.gisbau.de) die bauchemischen Produkte mit vergleichbaren Gefahren in Produktgruppen eingeteilt und diesen sogenannte GISCODEs zugeordnet. Für jede Produktgruppe wurden Hinweise zum Arbeitsschutz und eine Muster-Betriebsanweisung gemäß GefStoffV entwickelt. Diese sind in einer von der GISBAU betreuten Datenbank [5], WINGIS, zusammengestellt.

Die Hersteller teilen ihre Produkte den verschiedenen GISCODE-Gruppen zu und bringen einen entsprechenden Hinweis auf dem Etikett, im Sicherheitsdatenblatt (Abschn. 15) und im technischen Merkblatt an. Dadurch ist eine einfache Bewertung der einsetzbaren Produkte im Sinne der Ermittlungspflicht nach der Gefahrstoffverordnung möglich.

GISCODE für die meisten MMA-Harze lautet: **RMA 10**

4.11 REACH

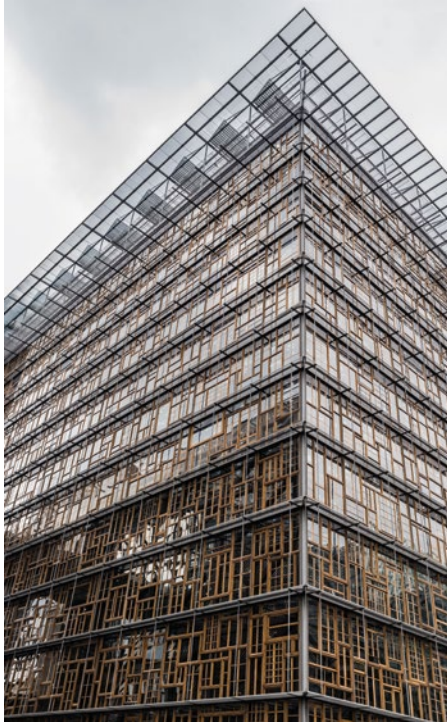
Mit dem Inkrafttreten der Chemikalienverordnung REACH wurde die europäische Chemikalienpolitik 2007 neu geordnet und harmonisiert. Bausteine sind die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien sowie die Kommunikation in den Lieferketten zur sicheren Verwendung von Stoffen und Gemischen.

Nach dem Ende der letzten Übergangsfrist für Registrierungen im Jahr 2018 haben sich die Schwerpunkte bei der Umsetzung der REACH-Verordnung von der Registrierung hin zur Dossieraktualisierung, Bewertung, Zulassung/Beschränkung sowie Arbeiten am erweiterten Sicherheitsdatenblatt verschoben.

Die schrittweise Umsetzung der seit 2007 geltenden Chemikalienverordnung REACH durch Unternehmen und Behörden bleibt dabei weiterhin eine große Herausforderung und ein Lernprozess für alle Beteiligten. Dennoch kündigte die EU-Kommission in ihrer Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit im Oktober 2020 weitreichende Verschärfungen der Verordnung ab 2022 an.

Hierdurch kommen neue Herausforderungen auf die Chemiebranche und die Anwender von Chemikalien zu. Der Aktionsplan zur Umsetzung der Strategie umfasst mehr als 50 Maßnahmen. Es ist geplant, die REACH-Verordnung, die CLP-Verordnung und zahlreiche andere Vorschriften zu ändern und zu verschärfen. Hierzu zählen weitreichende neue Datenanforderungen, Verwendungsbeschränkungen und eine umfassende Regulierung von Stoffgruppen mit bestimmten Eigenschaften unter REACH sowie die

Aufnahme neuer Gefahrenklassen in die CLP-Verordnung. Insgesamt soll das gesamte Chemikalienrecht wesentlich gefahrenbasierter ausgerichtet werden.



Im März 2020 hat die ECHA die jährliche Aktualisierung ihres Aktionsplans für die Stoffbewertung bis 2022 veröffentlicht. Dieser umfasst 74 Stoffe u. a. die CLP-Einstufung (Kennzeichnung) von MMA.

Ziel der Stoffbewertung ist es, offene Fragen in Bezug auf mögliche von den Stoffen ausgehende Risiken für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt zu klären. Wenn dies geschehen ist, beziehungsweise Verdachtsmomente entkräftet wurden, kann das Bewertungsverfahren ohne Folgeaktionen abgeschlossen werden. Sonst wird gegebenenfalls geprüft, ob für den betroffenen Stoff weitere Maßnahmen wie eine Anpassung der CLP-Kennzeichnung, ein Zulassungs- oder ein Beschränkungsverfahren erforderlich sind.

UFI

Seit dem 1. Januar 2021 ist der erste Teil des neuen Anhangs VIII der CLP-Verordnung in Kraft getreten. Damit gibt es ein EU-weites Meldeformat für Informationen über gefährliche Gemische an Giftinformationszentren in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union. Mit den gemeldeten Informationen sollen die Behörden telefonische Giftnotfallberatungen durchführen können. Seit Beginn des Jahres 2021 ist auf den Produktetiketten ein neues Kennzeichnungselement zu finden: der 16-stellige eindeutige Rezepturidentifikator (Unique Formula Identifier, UFI).

Dieser Code muss auf den Etiketten der Produkte angegeben sein, wenn diese ein gefährliches Gemisch enthalten. Über den UFI haben die Giftinformationszentren Zugriff auf die hinterlegten Informationen über die Gemische und deren Inhaltsstoffe, z. B. Zusammensetzung, Handelsnamen, Farbe, Verpackung, Produktkategorie und toxikologische Angaben. Somit erlaubt der UFI eine eindeutige Identifikation des in Verkehr gebrachten Produktes.

5 MMA-HARZE IN DER UMWELT – ASPEKTE ZUR NACHHALTIGKEIT

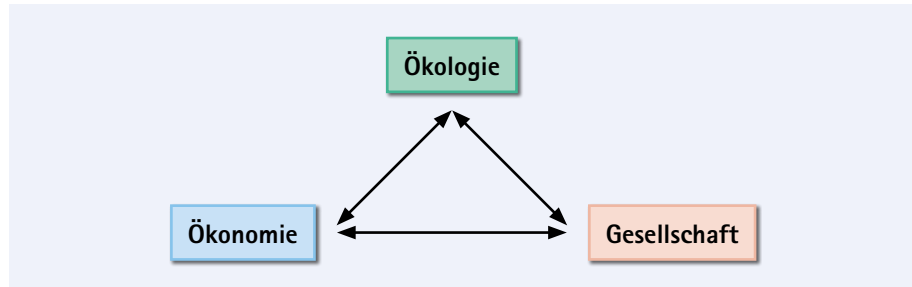
5.1 Nachhaltiges Bauen

In den vergangenen 20 Jahren ist in Europa und insbesondere in Deutschland ein stärkeres Umweltbewusstsein in den Vordergrund gerückt. Mit der Diskussion über endliche Rohölvorkommen, Umweltschutz und Klimawandel ist der komplexe Begriff der Nachhaltigkeit heute im allgemeinen Sprachgebrauch.

Für den Baubereich fordert die europäische Bauproduktenverordnung (BauPVO) die Nachhaltigkeit von Bauvorhaben ein. Hier wurde die wesentliche Basisanforderung (basic work requirement) Nr. 7 „Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“ zusätzlich aufgenommen, und auch in der Revision der Bauproduktenverordnung wird diese Thematik noch stärker in den Fokus genommen.

Entsprechende Anforderungen, die den internationalen Standards ISO 14025 „Umweltkennzeichnungen und -deklarationen“ und EN 15804 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“ entsprechen, sollen zukünftig in die harmonisierten europäischen Normen für Bauprodukte aufgenommen werden. Damit kann Nachhaltiges Bauen nach einem europaweit harmonisierten Verfahren bewertet werden.

Nachhaltigkeit wird modellhaft häufig als das Zusammenspiel von Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft dargestellt [38]:



Ein Prozess, ein Konzept oder auch ein Produkt wird nach dieser Definition als „nachhaltig“ bezeichnet, wenn alle drei Bereiche in ausreichendem Maße und im Einklang miteinander berücksichtigt werden. Moderne Flüssigkunststoffe auf MMA-Harz-Basis entsprechen in vielen Bereichen bereits dieser Definition der Nachhaltigkeit:

- Ökologie:** Die Mitglieder der Deutschen Bauchemie setzen möglichst ressourceneffiziente Produktionsverfahren ein. MMA-Harze werden beständig weiterentwickelt, beispielsweise werden bedenkliche Weichmacher, Additive, Beschleuniger o.ä. substituiert. Es wird auf staubarme Füllstoffe umgestellt. Sog. Cool-Roof-Beschichtungen (helle Dächer) führen zu Energieersparnis.
- Ökonomie:** MMA-Harze sind langlebige Produkte, die einen wertvollen Beitrag zum Schutz der Bausubstanz (z. B. als Boden- und Oberflächenschutz-System oder für die Kanalrohrsanierung) leisten und so die Nutzungsdauer verlängern und damit die Rentabilität eines Gebäudes entscheidend verbessern.
- Gesellschaft:** MMA-Systeme schaffen neue Lebensräume, in Form von Gründächern und begehbaren Dachterrassen. Sie erhöhen die Sicherheit z. B. durch Markierungen für Fahrradwege und „Taktile Markierungen“. Auf Küchenböden erhöhen die Systeme durch ihre Rutschhemmung die Nutzungssicherheit. Es werden physiologisch unbedenkliche Produkte für den Lebensmittelbereich zur Verfügung gestellt.

Nachhaltigkeit in der Bauchemie findet sich aber nicht nur in den Produkten. Energieeffiziente Anlagen sowie Produktionsprozesse, in denen die Hilfsstoffe in einem geschlossenen Kreislauf verwendet werden und so praktisch ohne Abfälle auskommen, sind in vielen Betrieben seit mehreren Jahrzehnten Standard. Darüber hinaus leistet die Bauchemie durch entsprechende Forschungsförderung einen Beitrag, den Anteil an fossilen Rohstoffen zu reduzieren und die CO₂-Bilanz der hergestellten Produkte immer weiter zu verbessern.

5.1.1 Lebenszyklus-Analyse (life cycle assessment) – Ökobilanz

In einer Lebenszyklus-Analyse (life cycle assessment) finden die Bauphase, die Nutzungsphase mit möglichen Umnutzungen sowie Abriss und Entsorgung, also die ganze Lebensdauer des Gebäudes bzw. Bauwerks, Berücksichtigung. Dabei werden Ressourcenverbrauch und Emissionen in die Umwelt über den gesamten Herstellprozess und den Rückbau betrachtet. Daraus resultierende Beiträge zum Treibhauseffekt, zur Überdüngung oder Versauerung von Gewässern können mit der Ökobilanzmethodik quantifiziert und bewertet werden.

5.1.2 Gebäudezertifizierung

Die Unternehmen und Immobiliengesellschaften betrachten die Nachhaltigkeit als wichtiges Kriterium zur Wertsteigerung und Werterhaltung von Gebäuden und weisen in ihrem Portfolio oder ihrem Nachhaltigkeitsbericht den Anteil nachhaltiger Gebäude aus, die von ihnen vermarktet oder genutzt werden. Da dieser Anteil stetig steigen soll, werden Regeln formuliert, die für Neuanmietungen oder Neubauten ein „Green Building Zertifikat“ wie LEED oder DGNB, verpflichtend vorschreiben.

Ebenso verlangt die öffentliche Hand in Deutschland, dass ab einer gewissen Größenordnung Neubauten eine Gebäudezertifizierung nach BNB vorweisen müssen. Von den Zertifizierungssystemen werden Anforderungen an die Gebäude und Bauprodukte gestellt, deren Einhaltung detailliert und prüffähig zu dokumentieren ist. Bestandteil der Gebäudezertifizierungen sind die Umweltproduktdeklarationen.

5.1.3 Umweltproduktdeklarationen

Umweltproduktdeklarationen (EPD) basieren auf den internationalen Normen ISO 14025 und EN 15804. In ihnen werden die Umwelteigenschaften eines Bauproduktes während des gesamten Lebenszyklus in standardisierter Weise zusammengefasst.

In die Bauproduktenverordnung wurde zusätzlich die Basisanforderung Nr. 7 „Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“ aufgenommen, die in der Revision der BauPVO noch ergänzt wird. EPDs nach EN 15804 werden als ein Element eines harmonisierten Verfahrens zur Bewertung des nachhaltigen Bauens herangezogen.

Die Mitgliedsunternehmen der Deutschen Bauchemie stellen für unterschiedliche Produktbereiche Muster-EPDs zur Verfügung. Diese wurden von einem unabhängigen Dienstleister im Bereich Nachhaltigkeit und Produktverantwortung erstellt. Die Muster-EPDs werden durch das Institut für Bauen und Umwelt (IBU) verifiziert. Diese alle fünf Jahre überarbeiteten Muster-EPDs werden auf der Internetseite der Deutschen Bauchemie zur Verfügung gestellt:

Siehe <https://muster-epd.deutsche-bauchemie.de/>

5.2 Einflüsse auf die Umwelt während der Nutzungsphase

5.2.1 Ausgehärtetes Produkt (MMA-Harz-Produkt)

Die flüssigen Harze werden nach Zugabe des Härterers durch eine chemische Reaktion (Polymerisation) in feste, geruchlose Endprodukte (z.B. Beschichtungen) überführt. Diese sind chemisch inert und physiologisch unbedenklich.

Beim Rückbau von z.B. Fußbodenbelägen und Dachbeschichtungen können diese als Hausmüll entsorgt werden, sie stellen keinen Sondermüll dar.

5.2.2 Qualität der Innenraumluft – VOC

Gesundes Wohnen und die Luftqualität in Wohn- und Aufenthaltsräumen sind aufgrund des hohen Bewusstseins gegenüber Umwelt- und Gesundheitsthemen in der Öffentlichkeit ein beachtetes Thema. Emissionen jeglicher Art in die Innenraumluft sind daher in den letzten Jahrzehnten zunehmend in den Fokus des Verbraucherschutzes und gesetzlicher wie auch freiwilliger Regulierungen gerückt.

Hierzu wird das Bewertungsschema auf Basis des Anhang 8 „Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich des Gesundheitsschutzes“ (ABG) angewendet, das in der „Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen“ (MVV TB) verankert wurde.





Es sind MMA-Harzbeschichtungen im Handel, die die strengen Grundsätze des DIBt für den Einsatz in Aufenthaltsräumen erfüllen. Keine Nachweise sind notwendig für Verwendungen in industriell oder gewerblich genutzten Hallen, in denen sich ausschließlich Arbeitnehmer aufhalten, z.B. Produktions- und Montagehallen oder Lagerhallen. Auch Anwendungen im Industriebereich, die hinsichtlich der Luftschadstoffe den Regelungen des Gefahrstoffrechts (insbesondere zu den Arbeitsplatzgrenzwerten) unterliegen, benötigen solche Nachweise nicht.

5.2.3 Oberflächenwasser, Boden, Grundwasser

MMA-Harze können durch ihre Einzelkomponenten – insbesondere durch die enthaltenen Beschleuniger und UV-Schutzmittel – Wasserorganismen beeinflussen. Gemäß der Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe (VwVwS) werden die noch nicht ausgehärteten MMA-Harze typischerweise in die Wassergefährdungskategorie WGK 1 (schwach wassergefährdend), selten in WGK 2 (deutlich wassergefährdend) eingestuft.

Ausgehärtete MMA-Harze sind im Gegensatz zu den flüssigen Ausgangsprodukten inerte Polymere und daher im Sinne der o.g. Vorschrift nicht wassergefährdend.

Derzeit gibt es lediglich beim Einsatz als Kanalrohrsaniermittel im Kontakt mit Boden, Grund- oder Oberflächenwasser eine Zulassungspflicht für MMA-Produkte. Die Randbedingungen hierzu sind im Anhang 10, Abschnitt 10.2, zur MVV TB „Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich der Auswirkungen auf Boden und Gewässer“ (ABuG) zu finden.

5.3 Rückbau und Verwertung

Nach dem heutigen Kenntnisstand sind durch Rückbau und Verwertung von Bauteilen, an denen ausgehärtetes MMA-Harz anhaftet, keine umweltschädigenden Auswirkungen zu erwarten.

Da es sich bei ausgehärteten MMA-Harzen um inerte Polymere handelt, ist bei Zerkleinerungsvorgängen nicht mit der Freisetzung von Gefahrstoffen, dem Verkleben von Mahlwerken oder sonstigen negativen Auswirkungen auf das Recyclinggut zu rechnen.

6 FAZIT

Im Bauwesen bewähren sich MMA-Harze seit den 1960er Jahren mit stetig steigenden Volumina [nach internen Erhebungen der Mitgliedsunternehmen]. In Anwendungen wie druckfesten Mörteln, mehrschichtigen Bodenbelägen und kälteflexiblen Abdichtungsmembranen haben sich Produkte aus MMA-Harzen etabliert. Ihre Einsatzbereiche erweitern sich dabei beständig weiter.

Die Vorteile der MMA-Harze liegen in ihrer schnellen und sicheren Aushärtung, auch bei tiefen Applikationstemperaturen, in dem unkomplizierten Mehrschichtaufbau, auch ohne Haftbrücken und in der Überarbeitbarkeit unabhängig vom Alter.

Ausgehärtete MMA-Bauprodukte sind nachhaltig, physiologisch unbedenklich und können mit dem Hausmüll entsorgt werden. Ökologische Bewertungen von Produkten, die in der Deutschen Bauchemie organisierten Mitgliedsunternehmen wurden von einem unabhängigen Institut erstellt und vom IBU verifiziert.

NACHWORT



Der vorliegende Sachstandsbericht „Harze auf der Basis von Methylmethacrylat in der Bauwirtschaft und der Umwelt“ wurde vom Arbeitskreis 5.3 „MMA-Harze“ des Fachausschusses 5 „Betonschutz und -instandsetzung“ der Deutschen Bauchemie e.V. erarbeitet und vom Fachausschuss 5 verabschiedet. Er soll den Mitgliedsfirmen sowie der Fachöffentlichkeit zur Information dienen.

Folgende Mitglieder wirkten mit:

Christian Arlt	SOPREMA GmbH
Marco Borgmann	Follmann Chemie GmbH
Dr. Matthias Conradi	Alteco Technik GmbH
Dr.-Ing. Inga Hohberg	Deutsche Bauchemie e.V.
Dr. Alexander Klein	Röhm GmbH
Christoph Krumm	SOPREMA GmbH
Jutta Lindemann	AB-Polymerchemie GmbH
Dr. Peter Loh	Silikal GmbH
Dr. Timo Rieckborn	Worlée-Chemie GmbH
Till Weikert	Sika Deutschland GmbH
Marcel Weiß	WestWood Kunststofftechnik GmbH
Jan Wittemöller	Triflex GmbH & Co. KG
Michael Wolff	Röhm GmbH

Die Deutsche Bauchemie bittet darum, Erfahrungen und Anmerkungen zu diesem Sachstandsbericht der Geschäftsstelle in Frankfurt zuzusenden.

LITERATUR

- [1] ADR: Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
- [2] ADN: Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen
- [3] ARGEBAU Prioritätenliste „Ausgewählte verwendungsspezifische Leistungsanforderungen zur Erfüllung der Bauwerksanforderungen“ – Fassung 25.02.2019
- [4] BG BAU Atemschutz: <https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/ gefahrstoffe/sicherheitsdatenblatt/atemschutz>
- [5] Beschichtungsleitlinie des UBA „Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser (Beschichtungsleitlinie)“
- [6] DIBt TR „Instandhaltung von Betonbauteilen“ – Teile 1 und 2. Schlussfassung, DIBt, Mai 2020
- [7] DAfStb: Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Teil 1–4, Oktober 2001 – RL SIB
- [8] Deutsche Bauchemie „Leitfaden Flüssigkunststoffe – Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Flüssigkunststoffen für Dächer sowie begehbare und befahrbare Flächen nach DIN 18531 und DIN 18532“, 1. Ausgabe, November 2017
- [9] Deutscher Beton- und Bautechnikverein (DBV) – Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“; DBV, 2018-01
- [10] DIN EN 1610 Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Deutsche Fassung EN 1610:2015

- [11] DIN EN 13813, Estrichmörtel, Estrichmassen und Estriche – Estrichmörtel und Estrichmassen – Eigenschaften und Anforderungen; Deutsche Fassung EN 13813:2002
- [12] DIN EN 1504-2, Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität – Teil 2: Oberflächenschutzsysteme für Beton
- [13] DIN 18531, Abdichtung von Dächern sowie von Balkonen, Loggien und Laubengängen
Teil 1: Nicht genutzte und genutzte Dächer – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze
Teil 2: Nicht genutzte und genutzte Dächer – Stoffe
Teil 3: Nicht genutzte und genutzte Dächer – Auswahl, Ausführung und Details
Teil 4: Nicht genutzte und genutzte Dächer; Instandhaltung
Teil 5: Balkone, Loggien und Laubengänge
- [14] ETAG 005: Leitlinie für die europäische technische Zulassung für flüssig aufzubringende Dachabdichtungen (European Organisation for Technical Approvals – EOTA). Teil 1: Allgemeine Bestimmungen (ETAG 005); Fassung 2000-03; ersetzt durch EAD 030350-00-0402
- [15] ETAG 033 Guideline for European Technical Approval of liquid applied bridge deck waterproofing kits. Version July 2010
- [16] European Chemicals Bureau – Institute for Health and Consumer Protection: European Union Risk Assessment Report methyl methacrylate – 1st Priority List, Vol. 22, October 2002
- [17] European Chemicals Bureau – Institute for Health and Consumer Protection: Summary Risk Assessment Report methyl methacrylate, 2002
- [18] Fachregel für Abdichtungen – Flachdachrichtlinie. Ausgabe Mai 2019, herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks – Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik e.V. und Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. – Bundesfachabteilung Bauwerksabdichtung (aktualisiert)
- [19] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2254) geändert worden ist (aktualisiert)
- [20] Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz – GGBefG) vom 6. August 1975 (BGBl. I S. 2121), das zuletzt durch Artikel 13 des Gesetzes vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2510) geändert worden ist
- [21] Technische Regeln für Arbeitsstätten – Fußböden – ASR A1.5/1,2 (vormals BGR 181)
- [22] Hellmann, Thomas M., Francis H. Small (Union Carbide): Characterization of the Odor Properties of 101 Petrochemicals Using Sensory Methods *Journal of the Air Pollution Control Association* 24 (1974), 979–982
- [23] Ruth, Jon H. (Arthur D. Little): Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances – A Review. *American Industrial Hygiene Association Journal* 47 (1986), A-142–A-151
- [24] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12-2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (GHS-Verordnung)
- [25] Verordnung (EU) Nr. 10/2011 der Kommission vom 14. Januar 2011 über Materialien und Gegenstände aus Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen

- [26] Richtlinie 2008/68/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 24. September 2008 über die Beförderung gefährlicher Güter im Binnenland und Richtlinie 2010/61/EU der Kommission vom 2. September 2010 zur erstmaligen Anpassung der Anhänge der Richtlinie 2008/68/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Beförderung gefährlicher Güter im Binnenland an den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt (aktualisiert)
- [27] RID: Ordnung über die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter
- [28] TRGS 420 – Technische Regeln für Gefahrstoffe – Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition. Stand Juni 2014, zuletzt geändert 13.03.2020
- [29] TRGS 510 – Technische Regeln für Gefahrstoffe – Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern. Stand Januar 2020
- [30] TRGS 900 – Technische Regel für Gefahrstoffe – Arbeitsplatzgrenzwerte. Ausgabe Januar 2006, zuletzt geändert und ergänzt GMBI 2021 S. 580, vom 23.04.2021
- [31] Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV). BGBl. I vom 21.04.2017, S. 905, zuletzt geändert 19.06.2020 (BGBl. I S. 1328)
- [32] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643), geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1622), durch Artikel 2 der Verordnung vom 24. April 2013 (BGBl. I S. 944), durch Artikel 2 der Verordnung vom 15. Juli 2013 (BGBl. I S. 2514), durch Artikel 2 der Verordnung vom 03. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), durch Artikel 1 der Verordnung vom 15. November 2016 (BGBl. I S. 2549) und durch Artikel 148 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) (aktualisiert)
- [33] Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH-Verordnung), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission (aktualisiert)
- [34] Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt – GGVSEB)
- [35] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV).
In: BGBl 2002, Teil I, Nr. 70 vom 02.10.2002, zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 der Verordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643)
- [36] WINGIS Gefahrstoff-Informationssystem. Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft: <https://www.wingisonline.de/>
- [37] Departments for Transport, Local Government and the Regions, Highways Agency Requirements im Kapitel Manual of Contract Documents for Highway Works, Volume 1 (MCHW1) Specification for Highways Works, and BD 47 Waterproofing and Surfacing of Concrete Bridge Decks
- [38] [https://de.wikipedia.org/wiki/Drei-Säulen-Modell_\(Nachhaltigkeit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Drei-Säulen-Modell_(Nachhaltigkeit))
- [39] ICIS Weekly Methyl Methacrylate Europe Report, 22 May 2020
- [40] H PMMA: Hinweise für die Herstellung von Abdichtungssystemen aus einer Polymerbitumen-Schweißbahn auf einer Versiegelung, Grundierung oder Kratzspachtelung aus PMMA für Ingenieurbauten aus Beton. FGSV-Nr. 775, 2018

Impressum

3. Ausgabe, April 2023
Redaktionsschluss: Februar 2023

Copyright 2023

Deutsche Bauchemie e. V.
Mainzer Landstraße 55
60329 Frankfurt am Main
Telefon + 49 69 2556-1318
Telefax + 49 69 2556-1319
www.deutsche-bauchemie.de

295-SB-D-2023

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung, bleiben der Deutschen Bauchemie e. V. vorbehalten.

Gestaltung

Martincolor GmbH & Co. KG
Frankfurt am Main
www.martincolor.de

Bildnachweis

AB-Polymerchemie GmbH
Alteco Technik GmbH
Röhm GmbH
SOPREMA GmbH
Silikal GmbH
Triflex GmbH
S. 24: ©123RF.com/wlrooy

ISBN 978-3-944138-77-0 (PDF-Version)

Dieser Sachstandsbericht entbindet in keinem Fall von der Verpflichtung zur Beachtung der gesetzlichen Vorschriften. Der Sachstandsbericht wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Dennoch übernimmt die Deutsche Bauchemie e. V. keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben, Hinweise, Ratschläge sowie für eventuelle Druckfehler. Aus etwaigen Folgen können deswegen Ansprüche weder gegenüber der Deutschen Bauchemie e. V. noch den Verfassern geltend gemacht werden. Dies gilt nicht, wenn die Schäden von der Deutschen Bauchemie e. V. oder ihren Erfüllungsgehilfen vorsätzlich oder grob fahrlässig verursacht wurden.

Verantwortliches Handeln



Die Deutsche Bauchemie e. V. unterstützt das weltweite Responsible-Care-Programm



Deutsche Bauchemie e. V.
Mainzer Landstraße 55
60329 Frankfurt am Main
Telefon +49 69 2556 - 1318
Telefax +49 69 2556 - 1319
www.deutsche-bauchemie.de

