

Fein verteilt in einer Box



Quelle: Hermann - stock.adobe.com

ALKYDHARZE // KURZÖLIGE ALKYDPOLYOLE MIT HOHEM MOLEKULARGEWICHT LASSEN SICH ÜBER SCHNECKENEXTRUSION STABIL IN WASSER EMULGIEREN. SIE EIGNEN SICH FÜR HOLZFARBEN UND -LACKE.

Dr. Marcello Vitale, IVM Chemicals

Die begrenzte Zahl zur Verfügung stehender Harztechnologien beschränkt die Entwicklung wasserverdünnbarer oder -basierter Holzbeschichtungen nach wie vor. Zurzeit wird eine neue Produktionstechnik erprobt, mit der sich wässrige Kurzöl-Alkydpolyole (ALK) herstellen lassen. Diese konkurrieren mit den besten in lösemittelhaltigen 2K-Farben und -Lacken verwendeten Polyolen.

Mit diesem Verfahren lassen sich lufttrocknende Alkydharze und neue Harze für wasserbasierte (WB) Formulierungen herstellen, die mit UV-Licht härten. Ihr Einsatz anstelle bestehender Alternativen verringert den CO₂-Fußabdruck und die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (Volatile Organic Compounds, VOC). Der CO₂-Fußabdruck kann von 2,4 kg CO₂ pro kg Farbe (bei den derzeitigen lösemittelhaltigen Lacken) auf weniger als 0,8 kg CO₂ pro kg Farbe sinken. Zudem sind weniger gefährliche Chemikalien notwendig, und der Anteil nachwachsender Rohstoffe steigt, was die Nachhaltigkeit der Holzbeschichtungen verbessert.

Das globale Wirtschaftsmodell

Wir verbrauchen die jährlichen Ressourcen der Welt bis zum Juli eines Jahres und sind leider auf dem Weg, die Durchschnittstemperaturen um mehr als 3 °C zu erhöhen. Wir reduzieren bewohnbares Land durch den Anstieg des Meeresspiegels und verstärken die intensiven Wetterphänomene.

Das geschieht alles aufgrund unserer Emissionen von wärmefördernden Verbindungen, die in die Atmosphäre eingetragen werden [1].

Wir sind alle aufgerufen, schnellstens zu handeln und umzudenken, um die Auswirkungen der Katastrophen zu mildern, die sich bereits jetzt deutlich abzeichnen.

Als Einzelne und als Gesellschaft müssen wir nachhaltig werden. Jede Branche und jedes Unternehmen muss nach Möglichkeiten suchen, seine Umweltbelastungen zu verringern und die verwendeten sowie erzeugten Produkte während ihrer gesamten Lebensdauer nachhaltig und kohlenstoffneutral zu gestalten.

Um die Nachhaltigkeit eines Produkts zu beurteilen, muss man wissen, welche Materialien und Verfahren bei seiner Herstellung verwendet werden, wie das Produkt genutzt und schlussendlich auch, wie es entsorgt wird (Abbildung 1). Die Lebenszyklusanalyse (LCA) tut genau das, indem sie die verschiedenen Umweltinputs und -outputs quantifiziert, einschließlich der Energiequellen, der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme.

Beschichtungen für Industrieholz

Beschichtungen für Industrieholz werden größtenteils aus nicht erneuerbaren Ressourcen mit relativ energieintensiven Verfahren hergestellt. Sie enthalten mehrere gesundheitsschädliche Verbindungen und ein großer Teil davon (VOC, die als Lösemittel, Koaleszenzmittel usw. Verwendung finden) wird entweder bei der Herstellung oder beim Applizieren der Farben und Lacke in die Atmosphäre freigesetzt. In der endgültigen Beschichtung erfüllen sie keinerlei Funktion, tragen aber erheblich zur Luftverschmutzung bei.

Von den 3,3 Mio. Tonnen Farben und Lacken, die für Holzbeschichtungen (2019 [2]), Möbel, Einrichtungsgegenstände, Fußböden usw.) verwendet werden, sind mehr als 60 % lösemittelbasiert und in 800 kt brennbarer und oft giftiger Aromaten, Acetate oder Ketone gelöst. Diese flüchtigen organischen Verbindungen wirken sich auch auf die Luftqualität aus, z. B. durch die Bildung von Ozon in niedrigen Höhenlagen. Sie tragen zudem zu einem großen CO₂-Fußabdruck (Carbon Footprint, CFP) bei, der in der Ökobilanz auf 2,4 kg CO₂



Abb. 1 // Wovon die Nachhaltigkeit eines Produkts abhängt.

pro kg Farbe (kg/kg) geschätzt wird (vorläufige interne Ergebnisse, Cradle-to-Gate-Wert).

In Europa stammen Berichten zufolge bis zu 50 % der insgesamt mehr als 8 Mio. Tonnen VOC-Emissionen (2018) aus dem Beschichtungssektor, sowohl bei industriellen als auch bei Bauanwendungen [3]. Die industrielle Verwendung von Beschichtungen ist eindeutig die größte Quelle für die Verschmutzung durch flüchtige organische Verbindungen ohne Methan in den 33 Ländern des europäischen Wirtschafts-

Ergebnisse auf einen Blick

- Hochmolekulare, hydrophobe Harze wie kurzölige Alkydpolyole lassen sich durch Schneckenextrusion stabil in Wasser emulgieren.
- Die in diesem Verfahren gewonnenen neuen wasserbasierten Harze können zur Formulierung neuer wasserbasierter Beschichtungen für Holz dienen.
- Der Ersatz bestehender Alternativen durch diese neuen Farben und Lacke verringert den CO₂-Fußabdruck, die VOC-Emissionen und den Einsatz gefährlicher Chemikalien.
- Der CO₂-Fußabdruck lässt sich von 2,4 kg CO₂ pro kg Farbe (für derzeitige lösemittelbasierte Beschichtungen) auf weniger als 0,8 kg CO₂ pro kg Farbe senken.

raums (EWR) inklusive des Vereinigten Königreichs. Die Verwendung von Beschichtungen abzuschaftern oder einzuschränken, wäre keine praktikable Lösung. Beschichtungen verbessern die Haltbarkeit der beschichteten Materialien und Gegenstände. Sie wirken daher insgesamt positiv auf die Umwelt. Dementsprechend ist zu erwarten, dass die Verwendung von Beschichtungen in Zukunft zunehmen wird. Dies gilt insbesondere für Holzbeschichtungen: Holz ist ein ideales, nachhaltiges Material, das biologisch erneuerbar und biologisch abbaubar ist. In der Tat beginnt es, Kunststoffe bei Einwegartikeln sowie Stahl und Zement im Bauwesen zu ersetzen. Allerdings ist Holz anfällig für Schäden durch mechanische und chemische Angriffe; daher profitiert es von allen festen Materialien am meisten vom Schutz durch Beschichtungen.

Das Unternehmen IVM Chemicals stellt sowohl Beschichtungen als auch Bindemittel, ungesättigte Polyester (UPE) und ALK her. Diese Synergie wurde bereits in einem von der EU finanzierten Projekt zur Herstellung neuer UV-härtbarer UPE mit einem hohen Anteil an biologisch erneuerbaren Stoffen genutzt. Sie dienen in UV-härtenden Beschichtungen mit geringen Umweltauswirkungen.

Lösungsmittelbasierte Beschichtungen

Die Umstellung von Lösemitteln auf Wasser als Harzträger vermeidet die mit Lösemitteln verbundenen VOC-Emissionen in die Atmosphäre. Zudem fallen die mit der Herstellung und dem Transport der organischen Lösemittel verbundenen Auswirkungen weg. Wässrige Lacke auf der Basis von Acrylemulsionen und PU-Dispersionen sind eine Alternative zu lösemittelhaltigen Lacken. Sie machen jedoch nicht mehr als 25 % des Marktes für industrielle Holzbeschichtungen aus, da es noch Qualitätsprobleme bei der chemischen und mechanischen Beständigkeit sowie bei Aussehen und Haptik gibt. Außerdem haben sie immer noch einen CO₂-Fußabdruck, der auf 1,4 kC/kp geschätzt wird (vorläufige interne Ergebnisse, Cradle-to-Gate-Wert).

Dies ist vor allem auf Harze zurückzuführen, die mit Rohstoffen aus petrochemischen Quellen hergestellt werden und giftige Stoffe wie Acrylsäure und Isocyanatmonomere enthalten. Obwohl auch biobasierte WB-Langöl-ALK mit niedrigem Molekulargewicht (MW) erhältlich sind, eignen sie sich aufgrund ihrer Qualität und Trocknungsgeschwindigkeit nicht für die meisten industriellen Anwendungen.

Unsere Hypothese war, dass neue WB-Beschichtungen, welche die gleichen Bindemittel wie der Goldstandard SB (SB - solvent-borne, lösungsmittelbasiert) 2K-PU enthalten, die gleiche hohe Leistung erbringen würden. Solche lösungsmittelbasierten 2K-PU-basierenden hochwertigen kurzzeitigen hydroxyfunktionellen ALKs mit hohem MW-Wert. Eine Ökobilanz, welche die WB-Version mit dem Standardanteil an biologisch erneuerbaren Rohstoffen berücksichtigt, ergibt einen CO₂-Fußabdruck von nur 0,8 kC/kp (vorläufige interne Ergebnisse, Cradle-to-Gate-Wert; zum Vergleich: Das SB-Äquivalent liegt bei 2,4 kC/kp). Es wurden inzwischen biologisch erneuerbare Versionen solcher Harze entwickelt, die als lösungsmittelbasierte Produkte erhältlich sind. Würden sie in WB-Harze umgewandelt, wäre der CO₂-Fußabdruck der entsprechenden Beschichtungen sogar noch geringer als die zitierten 0,8 kC/kp.

Etwa ein Jahrzehnt der Forschung hat gezeigt, dass die neuartige Anwendung der Schneckenextrusion – ein Grundpfeiler der Thermoplastverarbeitung – eine stabile WB-Version der Ziel-ALK ermöglicht. Dies bestätigt, solche Harze in hochwertigen Holzbeschichtungen verwenden zu können.

Das Programm L'Instrument Financier pour l'Environnement (LIFE) ist das wichtigste EU-Finanzierungsinstrument für Fortschritte in den Bereichen Umwelt und Klima. Es finanzierte das LIFE-WB-Biopaint-Projekt, das wir im Folgenden vorstellen. Das Projekt begann im September 2020 und endete im Juli 2024.

Fußabdruck reduzieren

Das übergeordnete Ziel von LIFE WB Biopaint ist, ein innovatives Verfahren zur Herstellung neuartiger WB-Harze und der damit hergestellten Farben und Lacke zu erproben. Diese sollen nahezu VOC-frei und ungefährlich sein, bessere mechanische Eigenschaften als Referenzprodukte haben und vergleichbare Kosten aufweisen.

Konkret baut das Unternehmen im Rahmen dieses Projekts eine Prototyp-Pilotanlage, die in Wasser dispergieren kann, und zwar

- die hochwertigen hydroxyfunktionellen ALK mit hohem MW-Wert, die jetzt als Bindemittel in den besten SB-2K-PU-Lacken verwendet werden, und
- UV-härtbare UPE, insbesondere die biobasierten, die im Rahmen eines vorangegangenen Projekts entwickelt wurden.

Die Lacke, die solche WB-Harze verwenden, könnten Nischenanwendungen ausfüllen, die derzeit

- herkömmliche SB-2K-PU-Lacke nutzen, wobei WB-Harze VOC-Emissionen, den CO₂-Fußabdruck und den Einsatz gefährlicher Chemikalien reduzieren würden,
- UV- oder oxidativ gehärtete SB-Lacke nutzen, die durch Spritzen oder Gießen appliziert werden, was VOC-Emissionen, CO₂-Fußabdruck und den Einsatz gefährlicher Chemikalien reduziert,
- WB-Farben und Lacke nutzen, die aus petrochemischen Materialien hergestellt werden, wobei die WB-Harze den CO₂-Fußabdruck reduzieren, oder die
- WB-Farben und Lacke nutzen, die aus gefährlichen Bestandteilen wie Acrylsäure hergestellt werden; dabei verringern die WB-Harze Gesundheits- und Umweltrisiken.

Auf der Grundlage langjähriger Forschungsarbeit entstanden ein neuartiger Prototyp eines Schneckenextrusionssystems und Zusatzsysteme, die speziell zum Emulgieren hydrophober Polymere mit hohem Molekulargewicht in Wasser entwickelt wurden. Diese Emulsionen werden zum Formulieren fortschrittlicher Farb- und Lacksysteme verwendet, die in einer Vielzahl von Endbeschichtungsanwendungen auf maximale Umweltverbesserung getestet werden.

In der allgemeinen Analyse der Produktnachhaltigkeit einer Beschichtung (*Abbildung 2*) ist zu erkennen, dass der verstärkte Einsatz von WB-Beschichtungen die Anwendungsphase erheblich verbessert. Denn dadurch werden VOC-Emissionen an den Anwendungsstandorten weitgehend vermieden. Da diese Standorte weltweit verteilt sind, würde die damit verbundene Verbesserung der Luftqualität ebenfalls weit verbreitet sein.

Darüber hinaus wird die Verringerung des Einsatzes organischer Lösungsmittel zu Emissionsverbesserungen sowohl am Standort der Harz- und Lackproduktion als auch in den vorgelagerten Bereichen führen, in denen die Rohmaterialien hergestellt werden.

Weitere Umweltvorteile in dieser Phase ergeben sich aus dem verstärkten Einsatz nachhaltigerer Ausgangsstoffe und der Verringerung schädlicher Komponenten. Insgesamt lassen sich die daraus resultierenden Auswirkungen wie in *Abbildung 3* dargestellt quantifizieren.

Der Energieverbrauch an den Anwendungsstandorten wird allerdings im Durchschnitt steigen, da zum Verdampfen von Wasser über einen längeren Zeitraum mehr Wärme benötigt wird als für organische Lösungsmittel. Die Umweltauswirkungen, insbesondere der CO₂-Fußabdruck, hängen von der Energiequelle ab, d. h. ob es sich um erneuerbare oder fossile Energie handelt.

Der Machbarkeitsnachweis

Der Machbarkeitsnachweis wurde für hochwertige hydroxyfunktionelle ALK mit hohem MW-Wert und kurzen Ölen erbracht. Einige von ihnen ließen sich mit herkömmlichen Verfahren nicht emulgieren. So erreicht beispielsweise ein verzweigtes Harz mit einer Säurezahl von 13, einer OH-Zahl von 110 und 32 % Öllänge während des Emulgierinver-

sionsprozesses eine übermäßige Viskosität. Dies hat zur Folge, dass die endgültige Partikelgrößenverteilung sehr breit ist und die Emulsion koaguliert und sich trennt.

Durch die Prozessbedingungen in einem Schneckenextruder wird dieses Problem jedoch überwunden. Enorme Scherkräfte werden auf sehr kleine Volumina ausgeübt, bei denen sich das Verhältnis der Komponenten genau steuern lässt.

Darüber hinaus ist es möglich, die Temperaturänderungen beim allmählichen Verdünnen fast analog zu steuern und schnell von der relativ hohen Temperatur (über 100 °C), die zum Pumpen von ALK mit hohem Molekulargewicht erforderlich ist, zu einer Temperatur überzugehen, bei der das Material sicher gehandhabt werden kann (unter 40 °C), ohne dass ein Temperaturschock auftritt. Das Hochdrucksystem vermeidet ein Sieden des Wassers auch bei Temperaturen über 100 °C beim ersten Kontakt mit dem heißen Harz.

Der pH-Parameter, der für die Dispergierbarkeit und die Stabilität ausschlaggebend ist, lässt sich in den verschiedenen Phasen des Prozesses separat einstellen.

Alkydpolyole emulgieren

Während der vorbereitenden Untersuchungen wurde ein geeigneter Emulgator für die ersten Versuche und Produktionsläufe identifiziert. Als eher hydrophile Komponente wirkt er sich auf die Wasser- und hydrophile Fleckenbeständigkeit in Decklacken aus. Die Optimierung einer Emulsion hinsichtlich ihres Charakters und ihrer Menge ist eines der ersten Ergebnisse, die der Pilotbetrieb liefern soll.

Um diese Hypothese zu prüfen, gelang es zusammen mit einem Extruderhersteller, das Harz zu emulgieren (Abbildung 4). Die erste Probe der entstandenen Emulsion ist nun schon seit mehreren Jahren in einem versiegelten Röhrchen stabil und wird zur Beobachtung aufbewahrt. Dieses Harz wurde dann in Formulierungen für verschiedene Anwendungen eingesetzt: WB-Holzbeschichtungsprodukte können ein- oder zweikomponentig sein, pigmentiert oder klar, in Industrie (mit Ofen- oder Zwangslufttrocknung) oder Handwerk (mit Raumtrocknung) verwendet werden, als Versiegelungen oder Decklacke. Die neuartigen Emulsionen ergeben Versiegelungen mit guter Pigmentdispersion und höherer Füllkraft als Acrylharze.

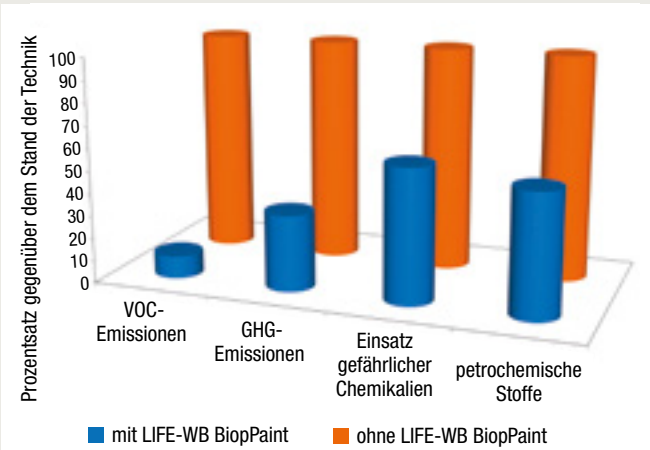
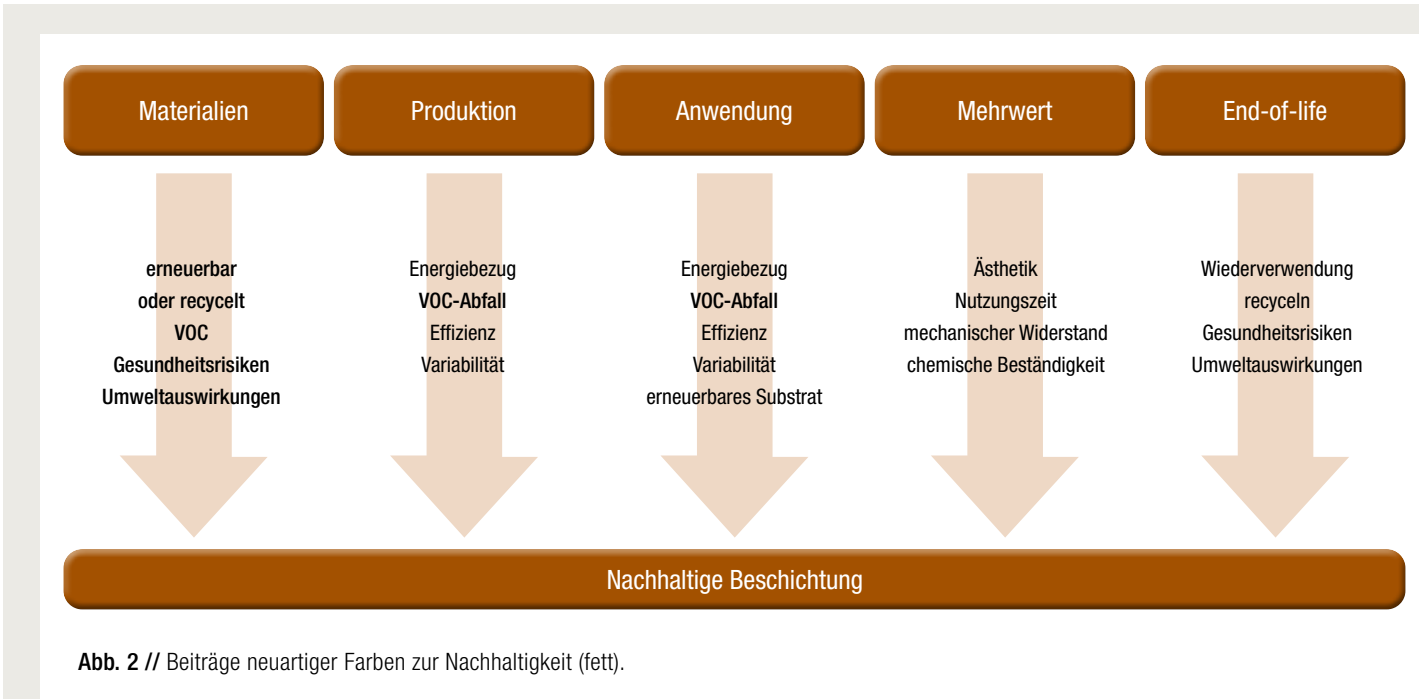


Abb. 3 // Erwartete signifikante Umweltauswirkungen fünf Jahre nach Projektende.



Abb. 4 // Konzeptnachweis für die Emulgierung von Kurzöl-Alkyd durch Schraubenextrusion.



Tab. 1 // Proof-of-Concept-Formulierungen mit kurzölgigen Alkydharzemulsionen verglichen mit herkömmlichen WB-Lacken.

	% Feststoffe	% Alkyd		Trocknen	Flüssigkeitswiderstand	Hinweise
		Emulsion auf Formel	Feststoffe auf Harz			
2K Klarlack für Industrie	37,03 36,39	0 50	0 69	= (im Ofen)	= oder >	mehr Glanz
2K weißer Decklack für Industrie	46,59 46,43	0 9	0 20	= (im Ofen)	=	mehr Glanz weißer
2K klar Selbstversiegler	26,96 27,13	0 62	0 100	= (bei RT)	=	mehr Glanz
2K klar Decklack max Widerstand	28,52 28,29	0 40	0 71	= (bei RT)	<	gleiche Härte
1K Klarlack	31,99 31,24	0 38	0 55	< (bei RT)	<	Emulgator zur optimierung
2K weißer Decklack, min Kosten	46,59 46,94	0 45	0 100	< (bei RT)	=	weißer

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse bei der Verwendung in verschiedenen Decklacken, bei denen eine Reihe verschiedener Leistungsvektoren entscheidend sind. Im Allgemeinen gilt, dass die emulgierten ALK die Koaleszenz der begleitenden Acrylemulsionen oder PUD verbessern und dadurch den Bedarf an organischen Koaleszenzmitteln verringern. Der Glanz ist im Allgemeinen höher, das Weiß ist brillanter, und die Pigmentdispersion und das Deckvermögen sind tendenziell besser. Um die Pilotanlage in der Harzproduktionsabteilung in Betrieb nehmen zu können, war ein großes technisches Problem zu lösen. Eine Produktionsstätte für lösungsmittelbasierte Harze unterliegt selbstverständlich den Explosionsschutz-Beschränkungen (ATEX-Richtlinie).

Denn es besteht immer die Möglichkeit eines Unfalls, der zur Bildung einer explosiven Atmosphäre führt. Allerdings sind Extruder, die solche Auflagen erfüllen, weniger flexibel als gewünscht und extrem teuer. Ein Modell eines Ingenieurbüros, das für die Installation kleiner chemischer Produktionseinheiten oder Labors unter extremen Bedingungen konzipiert wurde, enthält die gesamte Anlage in einem Container: den Extruder selbst, die Dosiereinheiten, das Temperaturregelungssystem und die gesamte Steuerelektronik. Der 12 m lange Container steht komplett unter Überdruck. Alle Wandabschnitte lassen sich zu Wartungszwecken entfernen, aber die täglichen Arbeiten finden statt, ohne dass das Bedienpersonal physisch Zugang zur

Anlage haben muss. Die Zu- und Abfuhr von Rohstoffen und Produkten erfolgt direkt an der Tür, und die Systeme im Inneren des Containers werden mit Kameras ferngesteuert und überwacht. Wir nennen dies eine „Emulgieranlage in einer Box“ (Abbildung 5). Ein zusätzlicher Bonus ist, dass sich die Anlage im Wesentlichen als Plug-and-Play-Einheit transportieren lässt. Dies minimiert die für den Aufbau vor Ort benötigte Zeit und damit die Beeinträchtigung der laufenden Produktion.

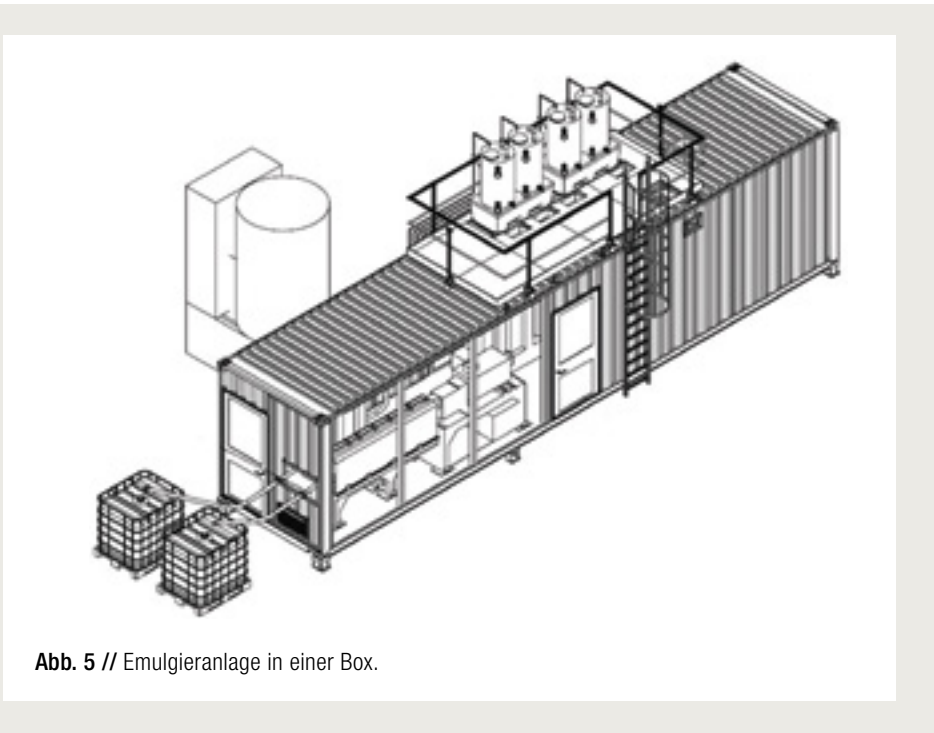
Kontakt // m.vitale@ivmchemicals.com

Literatur

- [1] Synthesis Report of the Sixth Assessment Report, A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, verfügbar unter www.ipcc.ch/ar6-syr/
- [2] European Coatings Journal, 09/2020, p. 11
- [3] EU Emission Inventory Report, EEA 05/2020

DR. MARCELLO VITALE

studierte Chemie in Bologna und an der UC Santa Barbara. Bei seiner Arbeit für Kodak und Ciba Spezialitätenchemie konzentrierte er sich auf Materialien, die mit Licht interagieren, von Farbnegativen über Photovoltaik bis hin zu lichtgesteuerten Verbindungen, die das Wachstum von Pflanzen in Gewächshäusern steuern. Zurzeit unterstützt er IVM Chemicals in der Nähe von Mailand bei der Entwicklung von Beschichtungen für eine nachhaltige Zukunft.



Mehr zum Thema!

127 Ergebnisse für Holzbeschichtungen!
Jetzt testen: www.farbeundlack.de/360