

Bio-basierte Bindemittel für festkörperreiche Zweikomponentenlacke



Autor: Lars Ossenschmidt
Dezember 2022

Inhalt

Bio-basierte Bindemittel für festkörperreiche Zweikomponentenlacke	1
Die Nachhaltigkeit verändert die Anforderungen an solche Lacksysteme	1
Alkydharze sind eine moderne Bindemittelklasse auf Basis bio-basierter Rohstoffe	2
Die pflanzlichen Öle bzw. Fettsäuren bestimmen einen großen Teil der Eigenschaften	2
Weitere bio-basierte Bausteine sind verfügbar	3
WorléeKyd VP-W 3067/00 ist ein festkörperreiches Alkydharz mit Hydroxylgruppen und konjugierten Doppelbindungen	5
Das WorléeSin MK 223 ist ein modifiziertes Maleinatharz, welches die Eigenschaften des Lacksystems zusätzlich verbessert	6
Sikkative haben ebenfalls einen feststellbaren Einfluss auf die Eigenschaften	10
Als Dual Cure System kann das Bindemittelsystem ähnliche Eigenschaften erreichen, wie ein System auf Basis eines festkörperreichen Polyacrylates	12
Die eingesetzten Bindemittel erlauben es Lacke mit relevanten bio-basierten Anteilen zu formulieren.	17
Ein Ausblick - die Entwicklung ist sehr dynamisch	18

Bio-basierte Bindemittel für festkörperreiche Zweikomponentenlacke

Hochwertige industrielle Lacksysteme basieren meist auf Hydroxylgruppen-haltigen Polyacrylaten oder Polyesterpolyolen, welche mit entsprechenden Lackisocyanaten umgesetzt werden können. In Abhängigkeit der benötigten Eigenschaften wählt man die entsprechenden Polyole aus. Hierbei kann man die Eigenschaften, welche durch die Polyole gegeben werden, etwas abgrenzen. Polyacrylate ermöglichen Lacksysteme mit einer guten Reaktivität, guten Trocknungseigenschaften, einer hohen Härte, einer guten Chemikalienbeständigkeit sowie einer guten Wetterbeständigkeit. Polyesterpolyole zeichnen sich häufig insbesondere durch gute mechanische Eigenschaften, wie die Elastizität, Kratzfestigkeit und Abriebbeständigkeit aus. Ebenfalls ermöglichen diese Produkte gute optische Eigenschaften, wie einen hohen Glanz und geringen Glanzschleier, eine gute Fülle und verbesserten Verlauf. Mit steigendem Hydroxylgehalt wird entsprechend mehr Lackisocyanat benötigt, was in der Regel zu einer besseren Beständigkeit führt.

Die Nachhaltigkeit verändert die Anforderungen an solche Lacksysteme

Haben früher die Eigenschaften der Lacksysteme und der Preis eine sehr große Rolle gespielt, kommt heute noch die Nachhaltigkeit dazu. So sollen die Produkte eine möglichst geringen CO₂-Fußabdruck aufweisen, auf bio-basierten oder recycelten Rohstoffen aufgebaut sein, die möglichst nicht im Wettbewerb zur Nahrungsmittelproduktion stehen und kein zusätzliches Land verbrauchen. Weiterhin sollen die Produkte wässrig sein oder möglichst wenig Lösemittel enthalten. Zusätzlich erwarten die Verbraucher mindestens vergleichbare Eigenschaften, die sie von den bisherigen Produkten gewohnt sind.

Mittlerweile bestehen viele Möglichkeiten, Produkte nachhaltiger zu gestalten. So können auch heute bereits Polyacrylate teilweise auf Basis bio-basierter Monomere aufgebaut werden. Hier verfolgt man neben dem direkten Einsatz solcher Monomere auch

massebilanzierte Ansätze. Die breite Verfügbarkeit dieser Rohstoffe ist heute noch nicht die, wie bei den konventionellen Monomeren.

Auf der anderen Seite bieten auch die Polyesterpolyole sehr vielfältige Möglichkeiten. Die Verfügbarkeit von bio-basierten Rohstoffen ist hier auch größer als bei den Polyacrylaten. Insbesondere die Alkydharze, bei denen es sich um fettsäuremodifizierte Polyesterpolyole handelt, sind eine bekannte und auch für viele Systeme geeignete Produktgruppe.

Alkydharze sind eine moderne Bindemittelklasse auf Basis bio-basierter Rohstoffe

Alkydharze basieren per Definition auf einem hohen Anteil bio-basierter Rohstoffe. Es handelt sich bei ihnen um fettsäuremodifizierte Polyesterharz, welche durch Polykondensations- und Veresterungsreaktionen aus mehrwertigen Carbonsäuren und Alkoholen sowie pflanzlichen Fettsäuren bzw. Ölen hergestellt werden [Abb. 1].

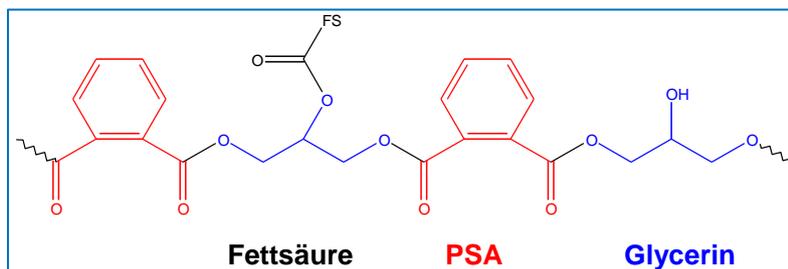


Abbildung 1: Aufbau von Alkydharzen

Die pflanzlichen Öle bzw. Fettsäuren bestimmen einen großen Teil der Eigenschaften

Die eingesetzten pflanzlichen Öle oder Fettsäuren sind wesentliche Bausteine der Alkydharze, weshalb diese die Eigenschaften derer auch im großen Maße beeinflussen. Pflanzliche Öle haben eine spezifische Fettsäurezusammensetzung [vgl. Abb. 2], welche die Eigenschaften der Öle in den Alkydharzen bestimmt. Sie werden meist in nicht-trocknende, halbtrocknende und trocknende Öle bzw. Fettsäuren eingeteilt. Die Einteilung versucht einzuordnen, ob und in welchem Maße die Öle bzw. Fettsäuren die Möglichkeit bieten oxidativ unter Zuhilfenahme von Luftsauerstoff zu trocknen. Diese Eigenschaft ergibt sich vorrangig durch enthaltene, mehrfach ungesättigte Fettsäuren, wie z.B. der dreifach ungesättigten Linolensäure.

Fettsäure	C-Atome	C=C	Kokosfett	Palmkernöl	Palmöl	Ricinusöl	Erdnussöl	Cottonöl	Sojaöl	Sonnenblumenöl	Tallölfettsäure	Safforöl	Tallölbdestillat	dehydrat. Ricinusöl	Leinöl	Holzöl
Capron	C6	0	1	1												
Capryl	C8	0	5	2												
Caprin	C10	0	7	4												
Laurin	C12	0	45	50												
Myristin	C14	0	18	16	2			1								
Palmitin	C16	0	10	8	42	1	10	27	8	10	1	6	1	1	6	4
Stearin	C18	0	4	3	5	1	4	4	4	8	1	3	1	1	4	1
Arachin	C20	0					1				1		4			
Behen	C22	0					3									
Lignocerin	C24	0					3									
Palmitolein	C16	1														
Öl	C18	1	8	14	41	3	54	25	28	27	32	15	18	2	22	8
Linol	C18	2	2	2	10	5	24	43	52	54	44	75	26	85	16	4
konj.	C18	2									6		15			
Linolen	C18	3					1		8	1	10	1	7		52	3
konj.	C18	3									2		6			
Eläostearin	C18	3														80
	C19	1									1		1			
	C20	1											3			
	C20	2											3			
	C20	3									2		16			
Ricinol	C18	1				90								11		
Iodzahl (IZ)			8-10	12-18	51-57	81-90	83-103	103-111	124-133	127-136	130-138	138-150	155	150-165	169-196	147-242
OHZ						150-160										
Einteilung nach Jamieson			IZ < 125 nichtrocknend					IZ 125 - 140 halbtrocknend			IZ > 140 trocknend					

Abbildung 2: Zusammensetzung verschiedener Öle

Auf der anderen Seite bestimmen die Öle bzw. Fettsäuren natürlich auch noch andere Eigenschaften, wie z.B. die Vergilbung, physikalische Trocknung, Flexibilität, Haftung oder auch die Wetterbeständigkeit. In vielen Fällen kann eine Kombination verschiedener pflanzlicher Öle oder Fettsäuren sinnvoll sein, um ein spezifisches Eigenschaftsprofil der entsprechenden Alkydharze einzustellen.

Weitere bio-basierte Bausteine sind verfügbar

Neben den pflanzlichen Ölen bzw. Fettsäuren bestehen Alkydharze, wie zuvor beschrieben, aus mehrwertigen Carbonsäuren und Alkoholen. Auch diese Bausteine sind teilweise auf Basis bio-basierter Rohstoffe verfügbar. In Alkydharzen werden meist Glycerin, Pentaerythritol, Trimethylolpropan oder auch Dipentaerythritol als mehrwertige Alkohole eingesetzt [vgl. Abb. 3]

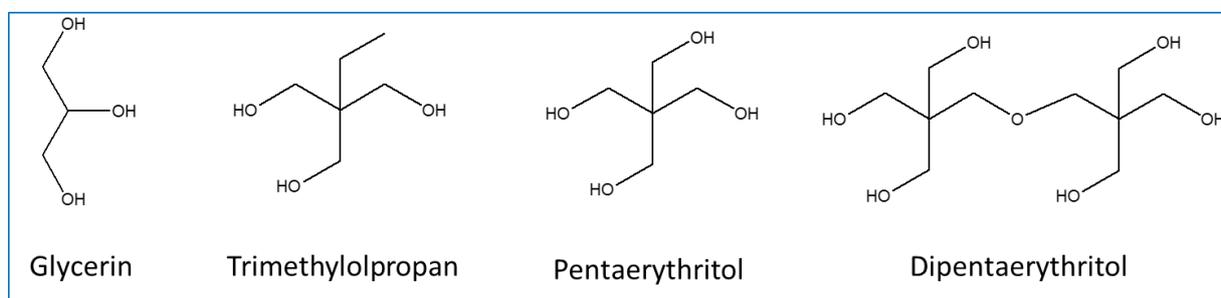


Abbildung 3: mehrwertige Alkohole

Das Glycerin ist seit jeher als Bestandteil der pflanzlichen Öle bio-basiert. Aber auch die anderen Rohstoffe sind bereits heute chemisch identisch auf bio-basierter Basis großtechnisch verfügbar.

Weiterhin enthalten Alkydharze in der Regel mehrwertige aromatische Carbonsäuren. Häufig verwendet man Rohstoffe wie z.B. Phthalsäureanhydrid oder Isophthalsäure [vgl. Abb. 4].

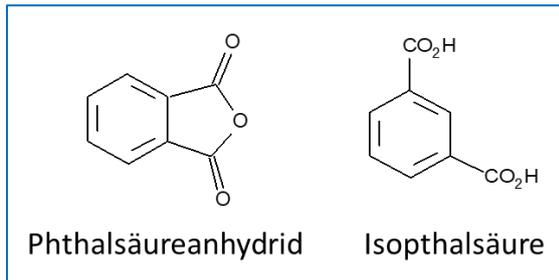


Abbildung 4: mehrwertige aromatische Carbonsäuren

Wie auch die anderen Rohstoffe erfüllen diese aromatischen Carbonsäuren natürlich eine wichtige Funktion innerhalb der Alkydharze. Die starre aromatische Struktur sorgt z.B. für gute Trocknungseigenschaften, eine gute Härte, verbesserte Haltbarkeit, thermische Stabilität und chemische Beständigkeit. Der Verzicht auf diese Bausteine ist nur dann möglich, wenn ein Großteil der genannten Eigenschaften nicht benötigt wird. Derzeit sind bio-basierte, mehrwertige, aromatische Carbonsäuren nicht großtechnisch verfügbar. Hier gibt es aber eine Reihe an interessanten Projekten, welche zu entsprechenden Produkten führen werden. In wenigen Jahren werden diese Rohstoffe verfügbar sein, was die Formulierung von vollständig bio-basierten Alkydharzen ermöglicht, die ein zu heutigen Systemen vergleichbares Eigenschaftsprofil erreichen.

Dennoch gibt es bereits heute einige bio-basierte, mehrwertige Carbonsäuren, die in bestimmten Anwendungen eingesetzt werden können und hier zu guten Eigenschaften führen. Hier kann man z.B. das Kolophonium, die Furandicarbon- oder auch Bernsteinsäure nennen [vgl. Abb. 5]. Jeder dieser Rohstoffe ist vollständig bio-basiert verfügbar und ermöglicht spezifische Eigenschaften in den jeweiligen Alkydharzen.

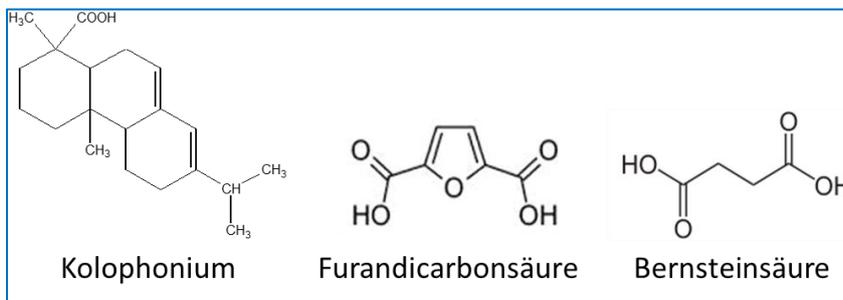


Abbildung 5: Einige bio-basierte Carbonsäuren

Zusätzlich zu diesen grundlegenden Rohstoffbausteinen kann man Alkydharze mit diversen Modifizierungen versehen, die bestimmte Eigenschaften ermöglichen oder verbessern. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über einige Modifizierungsarten und deren spezifische Eigenschaften.

Modifizierungsart	Eigenschaften
Vinylierung	Trocknung, Härte, Elastizität und Vergilbung
Silikonisierung	Wetterbeständigkeit, Glanz- und Farbtonstabilität
Urethanisierung	Trocknung, Härte, Abriebbeständigkeit, Haftung und chemische Beständigkeit
Thixotropierung	Rheologie, Ablauf- und Standvermögen
Epoxidierung	Haftung und Korrosionsschutz
Phenolharzmodifizierung	Trocknung, Härte, Haftung und Überlackierbarkeit

Tabelle 1: Modifizierungsarten von Alkydharzen

Alle diese Möglichkeiten bilden unsere Grundlage für die Entwicklung von hochwertigen Alkydharzen für vielfältige Anwendungsbereiche.

WorléeKyd VP-W 3067/00 ist ein festkörperreiches Alkydharz mit Hydroxylgruppen und konjugierten Doppelbindungen

Lieferform	80% in n-Butylacetat
Öllänge	36%
Bio-basierter Anteil	etwa 30% auf Festharz
Viskosität	< 20.000 mPas
OH Gehalt	etwa 2% auf Festharz

Tabelle 2: WorléeKyd VP-W 3067/00

Alkydharze kann man nach verschiedenen Kriterien einteilen. Die einfachste Einteilung ist die nach der Öllänge, welche angibt wie hoch der Ölanteil auf Festharz ist. Hier unterscheidet man nach kurz-, mittel- und langöiligen Alkydharzen. Verwendet man

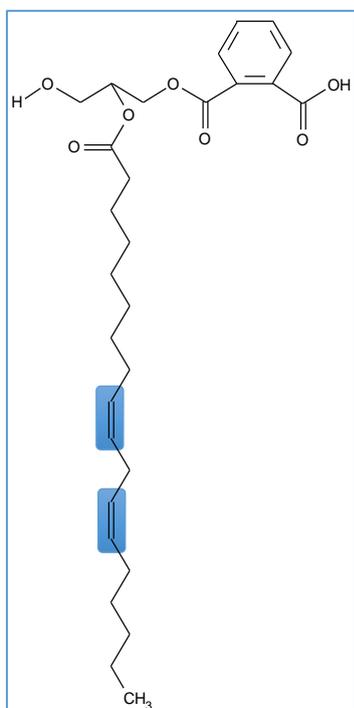


Abbildung 7: Alkydharz mit konjugierten Doppelbindungen

Alkydharze in Industrielackanwendungen, dann werden diese auch häufig in trocknenden und nicht-trocknende Alkydharze eingeteilt. Die Bezeichnung lässt durchaus vermuten, warum diese Einteilung vorgenommen wird. Trocknende Alkydharze basieren auf halb-trocknenden oder trocknenden Ölen bzw. Fettsäuren, welche über ihre konjugierten Doppelbindungen auto-oxidativ mit Sauerstoff vernetzen können (vgl. Abb. 6).

Nicht-trocknende Alkydharze basieren hingegen auf nicht-trocknenden Ölen bzw. Fettsäuren, welche nicht oxidativ trocknen können. Diese Produkte enthalten dafür häufig gut verfügbare Hydroxylgruppen, welche mit Isocyanaten oder Melaminharzen vernetzen können (vgl. Abb. 7).

Beide Typen von Alkydharzen haben ihre spezifischen Eigenschaften, Vor- und auch Nachteile. Die Möglichkeit der auto-oxidativen Trocknung ist fast ausschließlich den Alkydharzen vorbehalten. Man benötigt hierfür als zweite Reaktionskomponente den Sauerstoff aus der Luft, welcher aber nicht

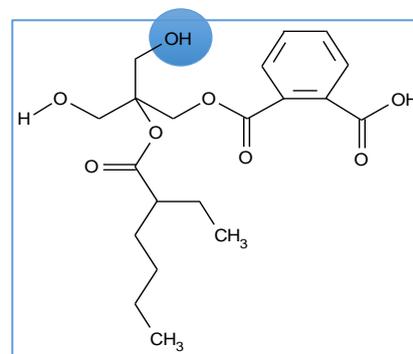


Abbildung 6: Alkydharz mit Hydroxylgruppe

hinzugegeben werden muss. Die Alkydharzketten reagieren somit mittels chemischer Reaktion zu belastbaren Filmen. Auf der anderen Seite kann man die Reaktion einfach unterbrechen, in dem man die Sauerstoffaufnahme unterbindet. Trocknenden Alkydharze sind somit Einkomponentensysteme mit unendlicher Topfzeit. Nicht-trocknende Alkydharze werden üblicherweise mit einer weiteren Reaktionskomponente umgesetzt. Hier profitieren diese von zusätzlichen Gruppen, die durch diese Komponente eingebracht werden. Bei der Verwendung von z.B. Isocyanaten werden Urethangruppen gebildet, welche die Eigenschaften bestimmen. Wie auch bei der Vernetzung von z.B. Polyacrylaten sorgen diese für eine hervorragende chemische und mechanische Belastbarkeit und verbesserte Lichtbeständigkeiten. Das WorléeKyd VP-W 3067/00 basiert auf Tallölfettsäure, welche als Nebenprodukt der Zellstoff und Papierproduktion anfällt. Es verbraucht somit keine zusätzliche Anbaufläche und ist daneben nicht für den menschlichen Verzehr geeignet. Die Tallölfettsäure zählt zu den halb-trocknenden Fettsäuren. Der hohe Anteil an zwei- und dreifach konjugierten Fettsäuren (siehe auch Abb. 2) ermöglicht eine ausgezeichnete auto-oxidative Trocknung der darauf basierten Alkydharze und somit auch dem WorléeKyd VP-W 3067/00 (vgl. Tab. 2). Zusätzlich enthält das Produkt ebenfalls gut verfügbare Hydroxylgruppen, welche in der Synthese eingebracht werden.

Somit kann das WorléeKyd VP-W 3067/00 sowohl auto-oxidativ als auch mit anderen Reaktionskomponenten fremdvernetzen. Nutzt man beide Vernetzungsarten gleichzeitig, dann hat man ein sogenanntes Dual Cure System.

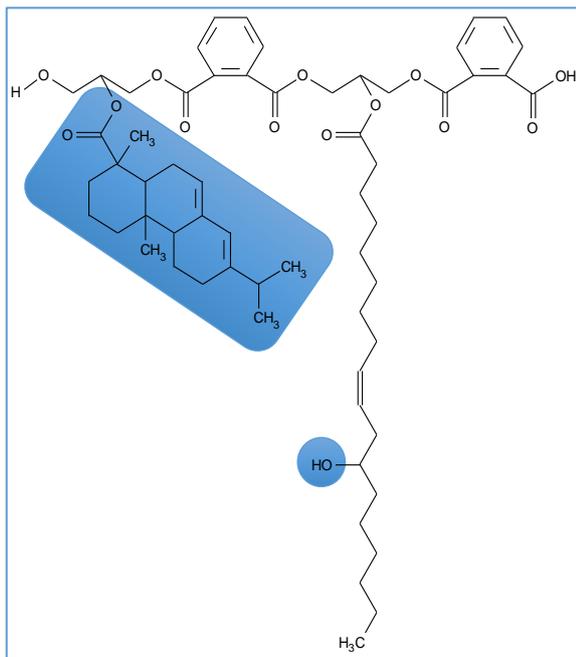
Das WorléeSin MK 223 ist ein modifiziertes Maleinatharz, welches die Eigenschaften des Lacksystems zusätzlich verbessert

Lieferform	100% in Pastillen
Bio-basierter Anteil	etwa 74%
Viskosität	< 25.000 mPas @ 75% in n-Butylacetat
OH Gehalt	etwa 1,8%
Säurezahl	30-50 mg KOH/g Bindemittel

Tabelle 3: WorléeSin MK 223

Neben den Alkydharzen basieren auch Maleinatharze auf einem hohen Anteil bio-basierter Rohstoffe. Diese Produkte basieren auf Kolophonium, welche chemisch mit Maleinsäure und weiteren Rohstoffen modifiziert werden. Die Maleinsäure gibt den Produkten den entsprechenden Namen. Die weiteren Rohstoffe sind Polyalkohole wie z.B. Glycerin oder Pentaerythritol, andere Mono- oder Dicarbonsäuren wie z.B. Phthalsäureanhydrid, Benzoesäure oder auch pflanzliche Fettsäuren. Die Produkte fallen als Feststoff an und sollten in einem geeigneten Lösungsmittel gelöst werden.

Das WorléeSin MK 223 (vgl. Tab. 3) ist ein plastifiziertes Maleinatharz mit einem Schmelzbereich von 90 bis 110 °C. Es weist eine relativ hohe Säurezahl auf und trägt zusätzlich Hydroxylgruppen (vgl. Abb. 8).



Es basiert mit 74% auf einem hohen Anteil bio-basierter Rohstoffe. In dem Bereich der bio-basierten Industrielacke kann es als Kombinationspartner verschiedene Funktionen erfüllen. Als Maleinatharz verbessert es die physikalische Antrocknung, Anfangshärte und teilweise die Schleifbarkeit. Ebenfalls optimiert es häufig die Fülle und den Glanz entsprechender Lacksysteme. Die hohe Säurezahl katalysiert die Reaktion von Isocyanaten oder Melaminharzen mit Hydroxylgruppen. Die im geringen Maße vorhandene Thermoplastizität kann ebenfalls die Überlackierbarkeit und hier insbesondere Zwischenschichthaftung optimieren. Die vorhandenen Hydroxylgruppen können mit Isocyanaten reagieren, was die Beständigkeit insbesondere gegenüber Lösungsmitteln verbessert.

Abbildung 8: Aufbau WorléeSin MK 223

Zur Ermittlung der optimalen Zugabemenge des WorléeSin MK 223 als Kombinationspartner wurde eine Prüfrezepitur für einen hochglänzenden grauen Decklack gewählt und verschiedene Bindemittelkombinationen untersucht (vgl. Tab.4). Zur einfacheren Handhabung wurde eine 75%ige Lösung des WorléeSin MK 223 verwendet.

Stammlack	1	2	3	4	5
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil	0%	11%	23%	34%	45%
WorléeKyd VP-W 3067/00 80% in n-Butylacetat	41,25	36,50	31,90	27,20	22,50
WorléeSin MK 223 75% in n-Butylacetat	-	5,00	10,00	15,00	20,00
WorléeDisperse 8100 S	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
WorléeAdd 810 Paste 10% in Xylol	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hi-Sil T 800	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Kronos 2360	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50
Monarch 430	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Bayferrox 420	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Blanc fixe micro	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
WorléeAdd 6236	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
WorléeAdd 315	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Methoxypropylacetat	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Butylacetat	13,25	13,00	12,60	12,30	12,00
Härter					
Tolonate HDT-LV	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00

Tabelle 4: Prüfrezepitur 2 K PU Decklack

Mit diesen so hergestellten Lacken wurden verschiedene Prüfungen durchgeführt. Wichtig für die spätere Anwendung ist der VOC Gehalt, den man bei der entsprechenden Verarbeitungviskosität erreicht. Für die Prüfungen wurde eine Verarbeitungviskosität des fertig gemischten Lackes von 30 bis 35 Sekunden im 4 mm Fließbecher bei 20°C angestrebt. In Tabelle 5 sieht man, dass mit steigender Menge an WorléeSin MK 223 der nichtflüchtige Anteil sinkt und der VOC steigt. Die Viskosität des Produktes ist im Vergleich zum WorléeKyd VP-W 3067/00 höher. Auf der anderen Seite verringert sich der Viskositätsanstieg mit steigender Zugabe des WorléeSin MK 223 spürbar, was zu längeren Topf- bzw. Verarbeitungszeiten führt.

Prüflack	1	2	3	4	5
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil	0%	11%	23%	34%	45%
Menge Stammlack	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Tolonate HDT-LV	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Ausgangsviskosität DIN 4 / 20°C	52 sec	56 s	62 s	69 s	71 s
Zugabe Butylacetat	3 g	4 g	5 g	7 g	7,5 g
Viskosität DIN 4 / 20°C	34 sec	34 sec	33 sec	32 sec	30 sec
nichtflüchtiger Anteil	73,3 %	72,7 %	72,1 %	70,6 %	70,4 %
Dichte	1,39 g/cm ³	1,39 g/cm ³	1,39 g/cm ³	1,38 g/cm ³	1,38 g/cm ³
VOC Gehalt	371 g/l	379 g/l	388 g/l	406 g/l	408 g/l
Topf-/Verarbeitungszeit					
Start	34 sec	34 sec	33 sec	32 sec	30 sec
2 h	61 sec	58 sec	52 sec	48 sec	48 sec
4 h	77 sec	67 sec	62 sec	56 sec	54 sec
6 h	90 sec	81 sec	72 sec	63 sec	63 sec
24 h	344 sec	307 sec	288 sec	227 sec	205 sec

Tabelle 5: technische Daten verarbeitungsfertige Lacke

Einen wesentlichen Einfluss sollte das WorléeSin MK 223 auf die Trocknungseigenschaften und die Härteentwicklung ausüben. Hierzu wurden die Lacke appliziert und die unterschiedlichen Prüfungen durchgeführt (vgl. Tab. 6). Mit steigender Menge sinkt die Trocknungszeit deutlich. Benötigt der Prüflack ohne Zugabe WorléeSin MK 223 mehr als acht Stunden den Trockengrad 4 zu erreichen, so liegt diese Zeit bei höchster Zugabe bei etwa vier Stunden. Ebenfalls steigen die ermittelten Pendelhärten sowohl bei Raumtemperatur als auch bei forcierter Trocknung deutlich.

Prüflack	1	2	3	4	5
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil	0%	11%	23%	34%	45%
	Trocknungseigenschaften 100 µm Nassfilm auf Glas				
Staubtrocken	13 min	11 min	10 min	10 min	10 min
Klebfrei	>8h 3+	>8h 2-	5h 50min	2h 50min	2h 30min
Trockengrad 4	<24h	<24h	8 h	5 h	4 h
Trockengrad 6	>24 h	>24 h	<24h	<24h	7 h
Pendelhärte					
nach 24 h RT	22" 22"	28" 28"	36" 36"	53" 51"	65" 67"
nach 48 h RT	31" 31"	35" 35"	42" 44"	60" 56"	69" 74"
nach 72 h RT	40" 37"	43" 41"	46" 47"	61" 61"	75" 72"
nach 1 Woche RT	58" 56"	48" 53"	58" 57"	75" 72"	88" 94"
nach 2 Wochen RT	75" 77"	74" 76"	81" 81"	100" 101"	119" 120"
30 min. 60°C + 1 h RT	17" 17"	18" 18"	25" 25"	36" 38"	55" 53"
30 min. 60°C + 24 h RT	29" 29"	32" 32"	42" 42"	58" 57"	74" 74"
30 min. 60°C + 1 Woche	56" 56"	49" 50"	58" 58"	75" 79"	111" 114"
30 min. 80°C + 1 h RT	28" 26"	35" 33"	46" 46"	78" 76"	84" 81"
30 min. 80°C + 24 h RT	33" 31"	37" 37"	46" 49"	88" 89"	81" 84"
30 min. 80°C + 1 Woche	75" 73"	50" 51"	57" 57"	107" 107"	103" 105"

Tabelle 6: Trocknungseigenschaften und Härteentwicklung

Auf der anderen Seite gibt es allerdings auch Eigenschaften, die negativ durch zu große Zugaben an WorléeSin MK 223 beeinflusst werden. Eine zu große Zugabemenge kann z.B. die Elastizität, aber auch die QUV Beständigkeit verschlechtern. Hier wurden diese Eigenschaften ebenfalls untersucht. In Tabelle 7 sieht man mit steigender Zugabe einen Einfluss auf die Elastizität. Mit steigender Menge sinkt insbesondere der Wert des direkten Impact-Tests. Einen viel größeren Einfluss hat das WorléeSin MK 223 aber auf die QUV A 340 Schnellbewitterung. Zunehmende Mengen reduzieren die Glanzstabilität im System deutlich.

Prüflack	1	2	3	4	5
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil	0%	11%	23%	34%	45%
	120 µm CRS matt				
Impact direct 1kg nach 4 Wochen	80 cm	70 cm	40 cm	40 cm	30 cm
Impact reverse 1kg nach 4 Wochen	10 cm	<10 cm	<10 cm	<10 cm	<10 cm
Erichsen Tiefung nach 4 Wochen	9,1 mm	8,7 mm	8,7 mm	8,5 mm	1,5 mm
QUV A 340 Schnellbewitterung Applikation 150 µm nass auf Aluminium, 1 Woche Trocknung bei 20°C und 55% RF					
Prüfzyklus: 1. UV-Phase; Prüftemperatur 60°C und Prüfdauer 8 Std. durchschnittliche Strahlenstärke 0,89 W/m ² @ 340 nm 2. Kondensationsphase; Prüftemperatur 45°C und Prüfdauer 4 Std.					
Glanz 20° / 60°					
Start	93 / 96	94 / 98	94 / 98	94 / 98	93 / 98
nach 48 h	89 / 94	91 / 95	90 / 95	90 / 95	85 / 93
nach 167 h	83 / 93	86 / 93	85 / 93	82 / 92	72 / 89
nach 337 h	76 / 91	81 / 93	80 / 92	71 / 89	61 / 85
nach 504 h	63 / 86	71 / 88	67 / 86	57 / 83	40 / 76
nach 841 h	56 / 82	57 / 82	51 / 79	36 / 70	15 / 48
nach 984 h	55 / 81	54 / 81	41 / 73	22 / 56	6 / 32

Tabelle 7: Elastizität und QUV A 340 Schnellbewitterung

Abhängig von den später gewünschten Eigenschaften sollte daher darauf geachtet werden, welche Menge WorléeSin MK 223 eingesetzt wird.

Sikkative haben ebenfalls einen feststellbaren Einfluss auf die Eigenschaften

Das WorléeKyd VP-W 3067/00 trägt, wie bereits zuvor beschrieben, neben den Hydroxylgruppen, konjugierte Doppelbindungen von der eingesetzten Tallöfetsäure. Diese Doppelbindungen können zusätzlich, durch auto-oxidative Trocknung, vernetzt werden. Zur Untersuchung der Wirksamkeit wurde der Versuch vier (etwa 34% WorléeSin MK 223) ausgewählt und der Stammlack mit einer üblichen Menge WorléeAdd 2560 versetzt. Bei diesem Produkt handelt es sich um einen manganhaltigen Katalysator, der sich für die Katalyse der oxidativen Trocknung von Alkydharzen eignet. Zuerst wurde insbesondere der Einfluss auf die Trocknungseigenschaften und die Härteentwicklung untersucht (vgl. Tab. 8). Durch die Zugabe wird die Antrocknung des Lacksystems geringfügig verzögert. Allerdings

verbessert die Zugabe die Anfangshärte bei Raumtemperatur und forcierter Trocknung und insbesondere die Härteentwicklung massiv. Es erscheint also absolut sinnvoll auch diese zusätzliche Vernetzungsmöglichkeit einzuschließen.

Prüflack	4	4 a
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil	34%	34%
		+ 1% WorléeAdd 2560 auf Stammlack
	Trocknungseigenschaften 100 µm Nassfilm auf Glas	
Staubtrocken	10 min	20 min
Klebfrei	2h 50min	3 h 30 min
Trockengrad 4	5 h	7 h
Trockengrad 6	<24h	<24 h
Pendelhärte		
nach 24 h RT	53“ 51“	58“ 60“
nach 48 h RT	60“ 56“	85“ 89“
nach 72 h RT	61“ 61“	115“ 113“
nach 1 Woche RT	75“ 72“	150“ 145“
30 min. 60°C + 1 h RT	36“ 38“	42“ 43“
30 min. 60°C + 24 h RT	58“ 57“	71“ 71“
30 min. 60°C + 1 Woche	75“ 79“	147“ 142“
30 min. 80°C + 1 h RT	78“ 76“	88“ 93“
30 min. 80°C + 24 h RT	88“ 89“	106“ 111“
30 min. 80°C + 1 Woche	107“ 107“	171“ 171“

Tabelle 8: Vergleich Trocknungseigenschaften und Härteentwicklung mit Sikkativ

Als Dual Cure System kann das Bindemittelsystem ähnliche Eigenschaften erreichen, wie ein System auf Basis eines festkörperreichen Polyacrylates

Wie bereits in der Einleitung geschrieben, verwendet man häufig entsprechend festkörperreiche Polyacrylate zur Formulierung von festkörperreichen Zweikomponentenlacken. Daher ergibt es auch Sinn ein solches Lacksystem als Standard für einen Vergleich zu wählen.

Die beiden genannten Produkte WorléeKyd VP-W 3067/00 und WorléeSin MK 223 weisen jeweils mit 2,0% und 1,8% relativ geringe Hydroxylgehalte auf. Für den Vergleich wurde daher, mit dem WorléeCryl VP A 2117, ein Polyacrylat gewählt, welches einen ähnlichen Gehalt an Hydroxylgruppen aufweist und zur Formulierung von festkörperreichen Lacksystemen geeignet ist (vgl. Tab. 9).

	WorléeKyd VP-W 3067/00	WorléeCryl VP A 2117
Lieferform	80% in n-Butylacetat	75% in n-Butylacetat
Öllänge	36%	-
Bio-basierter Anteil	etwa 30% auf Festharz	kein Anteil
Viskosität	< 20.000 mPas	< 10.000 mPas
OH Gehalt	etwa 2% auf Festharz	etwa 1,7% auf Festharz

Tabelle 9: Vergleich technische Daten

Für den Vergleich wurde der bereits erwähnte Versuch vier inklusive dem WorléeAdd 2560 als Katalysator zur Beschleunigung der oxidativen Trocknung gewählt. Die bereits verwendete Prüfrezepatur wurde ebenfalls direkt auf das WorléeCryl VP A 2117 übertragen (vgl. Tab. 10). Aufgrund des etwas geringeren Gehaltes an Hydroxylgruppen ist der Bedarf an Isocyanat bei dem WorléeCryl VP A 2117 ebenfalls etwas geringer.

Stammlack	4 a	6
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil	34% + Worléedd 2560	WorléeCryl VP A 2117
WorléeKyd VP-W 3067/00; 80% in n-Butylacetat	27,20	-
WorléeSin MK 223; 75% in n-Butylacetat	15,00	-
WorléeCryl VP A 2117; 75% in n-Butylacetat	-	44,00
WorléeDisperse 8100 S	0,50	0,50
WorléeAdd 810 Paste; 10% in Xylol	3,00	3,00
Hi-Sil T 800	0,10	0,10
Kronos 2360	22,50	22,50
Monarch 430	0,10	0,10
Bayferrox 420	1,30	1,30
Blanc fixe micro	15,00	15,00
WorléeAdd 2560	1,00	-
WorléeAdd 6236	0,50	0,50
WorléeAdd 315	0,50	0,50
Methoxypropylacetat	2,00	2,00
Butylacetat	11,30	10,50
Härter		
Tolonate HDT-LV	7,00	6,00

Tabelle 10: Prüfrezepaturen Vergleich mit Polyacrylat

Zum Vergleich der Lacke wurde wieder die gleiche Verarbeitungsviskosität von 30 bis 35 sec Auslaufzeit im 4 mm Fließbecher bei 20°C gewählt. Der Versuch auf Basis der Kombination aus WorléeKyd VP-W 3067/00 und WorléeSin MK 223 erreicht einen etwas höheren Festkörper, bei sehr vergleichbarem VOC Gehalt. Die Topf- bzw. Verarbeitungszeit ist im Vergleich etwas reduziert (vgl. Tab.11).

Prüflack	4 a	6
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil	34% + WorléeAdd 2560	WorléeCryl VP A 2117
Menge Stammlack	100,00	100,00
Tolonate HDT-LV	7,00	6,00
Ausgangsviskosität DIN 4 / 20°C	69 s	75 s
Zugabe Butylacetat	7 g	7 g
Viskosität DIN 4 / 20°C	32 sec	35 sec
nichtflüchtiger Anteil	71,0 %	69,6 %
Dichte	1,38 g/cm ³	1,34 g/cm ³
VOC Gehalt	400 g/l	407 g/l
Topf-/Verarbeitungszeit		
Start	33 sec	35 sec
2 h	45 sec	43 sec
4 h	57 sec	48 sec
6 h	66 sec	50 sec
24 h	192 sec	82 sec

Tabelle 11: Vergleich technische Daten verarbeitungsfertige Lacke

Auch bezüglich der Trocknungseigenschaften und der Härteentwicklung ergeben sich interessante Ergebnisse (vgl. Tab. 12). Die grundlegende Antrocknung ist auf einem ähnlichen Niveau. Der Trockengrad 4 wird mit dem WorléeCryl VP A 2117 etwas früher erreicht. Bei der Härteentwicklung, insbesondere bei Raumtemperatur, zeigen sich hingegen deutliche Vorteile bei dem System auf Basis der Bindemittel WorléeKyd VP-W 3067/00 und WorléeSin MK 223. Einzig bei der Trocknung bei 60°C verhält es sich anders, hier weist das WorléeCryl VP A 2117 sehr leichte Vorteile auf.

Prüflack	4 a	6
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil	34% + WorléeAdd 2560	WorléeCryl VP A 2117
	Trocknungseigenschaften 100 µm Nassfilm auf Glas	
Staubtrocken	20 min	17 min.
Klebfrei	3 h 30 min	3 h 25 min.
Trockengrad 4	7 h	6 h
Trockengrad 6	<24 h	<24h
Pendelhärte		
nach 24 h RT	58“ 60“	45“ 43“
nach 48 h RT	85“ 89“	71“ 68“
nach 72 h RT	115“ 113“	89“ 92“
nach 1 Woche RT	150“ 145“	95“ 102“
30 min. 60°C + 1 h RT	42“ 43“	53“ 52“
30 min. 60°C + 24 h RT	71“ 71“	86“ 88“
30 min. 60°C + 1 Woche	147“ 142“	142“ 145“
30 min. 80°C + 1 h RT	88“ 93“	90“ 88“
30 min. 80°C + 24 h RT	106“ 111“	106“ 99“
30 min. 80°C + 1 Woche	171“ 171“	117“ 121“

Tabelle 12: Vergleich Trocknungseigenschaften und Härteentwicklung

Beide Lacke kann man als Systeme betrachten, die eine geringe Vernetzungsdichte aufweisen. Der geringe Gehalt an Hydroxylgruppen resultiert in einen geringen Bedarf an Isocyanat. Somit darf man natürlich von dieser Art Lacksysteme keine Wunder, insbesondere bei der Beständigkeit, erwarten. Eventuell hat hier das Systeme auf Basis des WorléeKyd VP-W 3067/00 und WorléeSin MK 223 Vorteile, da es neben der Vernetzung mit dem Isocyanat noch oxidativ trocknet, was die Vernetzungsdichte erhöht. Bezüglich der Beständigkeit gegenüber verschiedenen Substanzen zeigt sich durchaus, dass dies einen Vorteil bieten könnte. Gegenüber den meisten der geprüften Substanzen zeigt der Prüflack 4 a eine bessere oder mindestens vergleichbare Beständigkeit (vgl. Tab. 13). Hervorzuheben sind hier insbesondere die Beständigkeit gegenüber Superbenzin, Diesel, Isopar L und Xylol. Gegenüber Bremsflüssigkeit zeigt sich hingegen eine schlechtere Beständigkeit. Die geprüfte Bremsflüssigkeit DOT 4 basiert auf langkettigen Polyglykolen. Auch bei der Prüfung der MEK Beständigkeit zeigt der Prüflack 4 a leichte Vorteile mit etwa mehr als 60 Doppelhüben gegenüber 20 beim WorléeCryl VP A 2117. Beide Werte sind allerdings relativ niedrig gegenüber dem besten Wert von 200 Doppelhüben, welcher mit Bindemitteln mit höheren Vernetzungsdichten auch erreicht werden kann.

Prüflack	Zeit	4 a	6
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil		34% + WorléeAdd 2560	WorléeCryl VP A 2117
100 µm Nassfilm auf Glas			
MEK Test nach 1 Woche		61 Doppelhübe	20 Doppelhübe
Trocknung 2 Wochen bei Raumtemperatur			
Superbenzin	30 min.	3-	5
Diesel	24 h	2-	2-3
Bremsflüssigkeit (DOT 4)	24 h	5	3
Kühlerfrostschutz (MEG)	24 h	2-	2
Isopar L	24 h	0	2-
Ethylacetat	5 min	5	5
Xylol	5 min	2-	5
Aceton	5 min	5	5
0 = keine Veränderung 2 = geringe Veränderung 4 = starke Veränderung		1 = sehr geringe Veränderung 3 = mittlere Veränderung 5 = Lackschicht zerstört	

Tabelle 13: Prüfung der chemischen Beständigkeit

Auch die optischen Eigenschaften können in bestimmten Anwendungen eine wichtige Rolle spielen. Alkydharze bieten hier üblicherweise weitere Vorteile gegenüber z.B. Polyacrylaten. Zusätzlich kann sich das eingesetzte WorléeSin MK 223 ebenfalls positiv auf diese Eigenschaften auswirken. Die Ergebnisse in Tabelle 14 bestätigen dies sehr deutlich. Der Prüflack 4 a, auf Basis des WorléeKyd VP-W 3067/00 und dem WorléeSin MK 223 erreicht, in der gewählten Rezeptur, gegenüber dem WorléeCryl VP A 2117 einen deutlich höheren Glanz und geringeren Glanzschleier (Haze). Noch auffälliger werden die Unterschiede bei der forcierten Trocknung bei 80°C. Hierbei leidet die Brillanz des Polyacrylat basierten Lackes deutlich gegenüber dem Alkydharz basierten. Die benetzenden Eigenschaften von Alkydharzen sind aufgrund ihres chemischen Aufbaus meist sehr gut. Mit einem wie hier getesteten Bindemittelsystem lassen sich gegebenenfalls deutlich höhere Füllstoffanteile realisieren, bei gleichzeitig sehr hohen Glanzgraden und geringen Glanzschleiern (Haze). Dadurch besteht die Möglichkeit Lacke mit höherem Festkörper- und geringeren Lösemittelanteilen zu formulieren.

Prüflack	4 a	6
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil	34% + WorléeAdd 2560	WorléeCryl VP A 2117
100 µm Nassfilm auf Glas		
Glanz 20°/60°/Haze		
nach 24 h RT	90 / 94 / 14	87 / 92 / 30
nach 1 Woche RT	91 / 95 / 16	84 / 92 / 48
30 min 60°C + 1 Woche RT	91 / 96 / 30	85 / 92 / 49
30 min 80°C + 1 Woche RT	91 / 96 / 22	75 / 89 / 100

Tabelle 14: Glanzgrad und Glanzschleier

Die hier formulierten Lacksysteme können auch im Außenbereich eingesetzt werden. Hierzu ist es natürlich notwendig, dass diese eine möglichst gute Beständigkeit gegenüber Lichteinstrahlung und ggf. auch Kondensation von Wasser aufweisen. Um eine grundlegende Idee zur Beständigkeit zu erhalten, kann man vergleichende Schnelltests durchführen. Für die Ergebnisse in Tabelle 15 wurden die Lacke appliziert, konditioniert und in dem QUV A 340 Schnellbewitterungsgerät belastet. Hierbei werden die Lacke in einem Wechselklimatetest bestehend aus einer Bestrahlungs- und einer Kondensationsphase belastet. Dieser Test wurde bereits für die Einordnung eines möglichst optimalen Anteils des WorléeSin MK 223 genutzt. Zur Einordnung der Unterschiede wurden in der Tabelle auch die Werte des Prüflacks 4 aufgeführt. Der Unterschied zwischen dem Prüflack 4 und 4 a besteht nur in der Nutzung von WorléeAdd 2560 als Katalysator für die oxidative Trocknung der Doppelbindungen der eingesetzten Fettsäure. Man kann hier gut erkennen, dass Glanzhaltung während der Schnellbewitterung deutlich verbessert wird, wenn der Lack zusätzlich mit dem WorléeAdd 2560 ausgestattet wird. Die verbesserte Vernetzungsdichte scheint sich auch hier sehr positiv auszuwirken. Der wichtigere Vergleich ist natürlich dieser zwischen dem Prüflack 6 auf Basis des WorléeCryl VP A 2117 und dem Prüflack 4 a auf Basis der Kombination aus WorléeKyd VP-W 3067/00 und WorléeSin MK 223. Beim Vergleich dieser Lacke im QUV A 340 Schnellbewitterungstest haben wir neben der Veränderung des Glanzgrades zusätzlich die Farbtonveränderung (Delta E), im Vergleich zur unbelasteten Fläche, gemessen. Wie bereits bei den Prüfungen zuvor, stellt man beim Prüflack 4 a einen deutlich höheren Anfangsglanz fest. Auch im Laufe der Belastungsprüfung erzielt der Prüflack 4 a eine deutlich bessere Glanzstabilität. Bezüglich der Farbtonstabilität zeigt hingegen das WorléeCryl VP A 2117 seine Vorteile und erreicht hierbei eine bessere Stabilität. Alkydharze und auch Maleinatharze neigen aufgrund ihres chemischen Aufbaues zur stärkeren Vergilbung. Das liegt vorrangig an dem Einsatz der aromatischen Polycarbonsäuren und den Ölen bzw. Fettsäuren, welche Doppelbindungen tragen. Abhängig vom gewählten Farbton, hier ein Grauton, findet dann bei der Belastung mit UV Licht und auch Wärme, eine Verschiebung des Farbtones statt, welche sich ggf. in einer größeren messbaren Farbtonabweichung bemerkbar macht.

Prüflack	4	4 a	6
Anteil WorléeSin MK 223 vom Bindemittelfestanteil	34%	34% + WorléeAdd 2560	WorléeCryl VP A 2117
QUV A 340 Schnellbewitterung Applikation 150 µm nass auf Aluminium, 1 Woche Trocknung bei 20°C und 55% RF			
Prüfzyklus: 1. UV-Phase; Prüftemperatur 60°C und Prüfdauer 8 Std. durchschnittliche Strahlenstärke 0,89 W/m ² @ 340 nm 2. Kondensationsphase; Prüftemperatur 45°C und Prüfdauer 4 Std.			
Glanz 20° / 60° / Delta E			
Start	94 / 98	93 / 97	81 / 92
nach 48 h	90 / 95	88 / 95 / 0,17	76 / 90 / 0,06
nach 167 h	82 / 92	83 / 93 / 0,33	68 / 88 / 0,06
nach 337 h	71 / 89	77 / 91 / 0,42	50 / 81 / 0,15
nach 504 h	57 / 83	73 / 89 / 0,55	36 / 75 / 0,14
nach 841 h	36 / 70	64 / 85 / 0,64	26 / 68 / 0,21
nach 984 h	22 / 56	59 / 83 / 0,77	27 / 68 / 0,20
nach 1129 h	-	53 / 80 / 0,86	26 / 67 / 0,40
nach 1247 h	-	45 / 76 / 0,94	17 / 59 / 0,39
nach 1486 h	-	30 / 64 / 1,11	20 / 62 / 0,62

Tabelle 15: QUV A 340 Schnellbewitterung

Die eingesetzten Bindemittel erlauben es Lacke mit relevanten bio-basierten Anteilen zu formulieren.

Den bio-basierten Anteil kann man unterschiedlich angeben. Die Tabelle 16 gibt einen Überblick über die zusammengefassten Bestandteile der Rezeptur, welche als Berechnungsgrundlage dienen. Zur einfacheren Betrachtung wurden die eingesetzten Additive so betrachtet, als wenn sie Lösungsmittel wären.

Komponente	Menge	Polymeranteil fest	anorganischer Anteil	VOC	organischer Anteil	bio-basierter Anteil
WorléeKyd VP-W 3067/00	27,20	21,80	-	5,45	27,20	6,50
WorléeSin MK 223	15,00	11,20	-	3,75	15,00	8,30
Pigmente / Füllstoffe	39,00	-	39,00	-	-	-
Additive und Lösungsmittel	18,80	-	-	18,80	18,80	-
Stammlack	100,00	33,00	39,00	28,00	61,00	15,00
Härter	7,00	7,00	-	-	7,00	-
Verdünnung	7,00	-	-	7,00	7,00	-
verarbeitungsfertiger Lack	114,00	40,00	39,00	35,00	75,00	15,00

Tabelle 16: Zusammengefasste Bestandteile der Rezeptur

Auf Basis dessen ergeben sich abhängig der Betrachtungsweise die entsprechenden bio-basierten Anteile (vgl. Tab 17). Auf Gesamt Rezeptur ergibt sich ein bio-basierter Anteil von etwa 13%. Diese Betrachtungsweise ist natürlich extrem abhängig von der gewählten

Rezeptur. Bei dem hier gewählten Prüflack handelt es sich um einen pigmentierten und relativ hochgefüllten Decklack. Mit steigendem Füllgrad reduziert sich dementsprechend auch der organische Anteil und insbesondere auch der Polymeranteil. Das würde bedeuten, dass der entsprechende bio-basierte Anteil weiter reduziert wird. Nur auf den gesamten organischen Anteil berechnet, ergibt sich ein bio-basierter Anteil von etwa 20%. Hierbei wurden alle organischen Komponenten, insbesondere die Polymere und Lösungsmittel betrachtet. Die wesentliche Stellschraube für einen Hersteller von Bindemitteln sind natürlich die entsprechenden Polymere. Lösungsmittel können durchaus gegen verfügbare bio-basierte Varianten oder grundsätzlich auch gegen Wasser ausgetauscht werden. Betrachtet man daher den bio-basierten Anteil auf den Polymeranteil, so kann man in der gewählten Rezeptur bereits heute einen Anteil von etwa 37% an bio-basierten Rohstoffen im verarbeitungsfertigen Lack erreichen.

	Bio-basierter Anteil im verarbeitungsfertigen Lack
auf die Gesamtrezeptur	etwa 13%
auf den organischen Anteil	etwa 20%
auf den Polymeranteil	etwa 37%

Tabelle 17: bio-basierte Anteile verschieden betrachtet

Ein Ausblick - die Entwicklung ist sehr dynamisch

Auch die Lackindustrie trägt heute schon ihren Teil für eine bessere Nachhaltigkeit bei. Beschichtungen schützen Güter vor vielfältigen Belastungen wie Wasser, Sonne oder auch mechanischem und chemischem Stress. Auf der anderen Seite macht sie die Welt auch etwas bunter und das mit meist vergleichsweise geringen Auftragsmengen. Darüber hinaus müssen die Systeme zukünftig eine weiterhin verbesserte Nachhaltigkeit aufweisen. Der Begriff der Nachhaltigkeit ist nicht genau definiert und umfasst viele Aspekte. Sicherlich ist ein Aspekt die Abkehr von petrochemischen und der verstärkte Einsatz von bio-basierten Rohstoffen. Hierbei spielen dann aber auch Faktoren wie der Flächenverbrauch, die Teller-Tank-Diskussion oder die Abholzung von Regenwäldern eine Rolle. Weitere Faktoren können z.B. die Langlebigkeit, die Gefährlichkeit für Mensch und Umwelt oder auch die Regionalität sein. Zudem müssen die enthaltenen Rohstoffe verfügbar sein und das Produkt auch in einen entsprechenden wirtschaftlichen Rahmen passen.

Bereits heute gibt es Möglichkeiten, Produkte zu entwickeln, die viele dieser Faktoren verbinden. Das WorléeKyd VP-W 3067/00 eignet sich zur Formulierung von Beschichtungssystemen mit einem guten Eigenschaftsprofil. Es basiert auf einem relevanten Anteil an bio-basierten Rohstoffen und erlaubt die Formulierung von festkörperreichen Systemen. Tallölfettsäure ist ein großer Teil der bio-basierten Rohstoffe. Es fällt als Nebenprodukt der Papier- und Zellstoffherstellung an, eignet sich nicht für den menschlichen oder tierischen Verzehr und belegt keine zusätzliche Anbaufläche.

Auf der anderen Seite ist die Entwicklung in den Märkten sehr dynamisch. Es gibt viele Bestrebungen nachhaltigere Produkte und Technologien zu entwickeln, sowie die Messbarkeit der Nachhaltigkeit, nicht nur am Carbon Footprint, zu verbessern.

Die Worlée-Chemie begleitet diesen Weg sehr intensiv. In Zusammenarbeit mit Kunden können die Entwicklungsteams aus Forschung und Entwicklung, sowie der Anwendungstechnik Produkte neuentwickeln, modifizieren und auf die Bedürfnisse der Kunden anpassen. Mit vielen eigenen Ideen, neuen Technologien und möglichen Prototypen beantwortet man Fragen zu aktuellen Themen und denkt auch bereits über zukünftige Fragestellungen nach.