

ELANTAS Technische Präsentation

INDUCTICA Konferenz

Berlin 2008

BecFluid 9902 – eine neue Isolierflüssigkeit auf Esterbasis

von Thomas Jonat

Inhalt

Sicherheits- und Umweltaspekte bei der Verwendung von Tränkmitteln

Dr. Majdi Al-Masri: Diplom (1995) und Promotion (1998) in Polymerchemie an der Universität Hamburg. Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für technische und Macromolekulare Chemie der Universität. Danach ESTA e. K. in Hamburg. Er trat bei ELANTAS Beck GmbH im August 2008 ein. Dr. Al-Masri ist Leiter des Imprägniermittellabors.

Die Bedeutung des Temperaturindexes und die Beziehung zur Wärmeklasse von Stoffen und Systemen

Gunther Baumgarten: geboren 1960, in Uetersen, Deutschland
1982 – 1986 Hamburg, Fachhochschulstudium, Abschluß Diplomingenieur Chemie
seit 1986 für ELANTAS Beck GmbH tätig, derzeitige Position: Leiter Meß- und Prüflabor,
Normungsaktivitäten national (Mitglied DKE) und international (Mitglied IEC, TC15-WG1)

Fortschritte in der Technologie der monomerenfreien ungesättigten Polyester

Michael Glomp: geboren 1971, Michael Glomp besuchte die Hochschule für angewandte Wissenschaften in Hamburg, Deutschland, Abschluß 2001 als Dipl. Ing. Verfahrenstechnik. In 2008 erreichte er den Abschluß Dipl. Wirtschaftsingenieur an der Hochschule für angewandte Wissenschaften in Magdeburg, Deutschland. Er trat 2001 bei ELANTAS Beck GmbH ein und startete im Bereich Anwendungstechnik. Derzeit ist Michael Glomp als Vertriebsingenieur für das Unternehmen tätig und verantwortlich für verschiedene Kunden in Europa.

BecFluid 9902 – eine neue Isolierflüssigkeit auf Esterbasis

Thomas Jonat: besuchte die Fachhochschule Hamburg, Abschluß 2000 als Dipl. Chemieingenieur. Im Zeitraum von 2000 bis 2003 war er verantwortlich für die technische Beratung von Wasseraufbereitungs- und Warmwasserbereitungsanlagen in Deutschland. Von 2003-2006 arbeitet er im Bereich Vertrieb obiger Anlagen in Niedersachsen. Seit 2006 ist Thomas Jonat für ELANTAS Beck GmbH tätig und ist verantwortlich für den Vertrieb von Imprägnierharzen und -lacken und die Isolier- und Kühlflüssigkeit BecFluid 9902 in Deutschland und Europa.

Alle Vorträge sind einzeln erhältlich und stehen auf unserer Homepage zum Download bereit.

www.elantas.com/beck

Einleitung

Transformatoren ermöglichen einen effizienten Transport und die Verteilung von elektrischer Energie über lange Distanzen vom Kraftwerk zum Verbraucher. Die elektrischen Verluste im Transformationsprozess führen dabei zu einer Erwärmung des Eisenkerns und der Kupferwicklungen. Zur Abfuhr dieser thermischen Energie und zur Verbesserung der allgemeinen elektrischen Eigenschaften sind die meisten Transformatoren mit einer Kühl- und Isolierflüssigkeit gefüllt, in den meisten Fällen immer noch Mineralöl. In der langen Entwicklungszeit des Mineralöls gab es zwar viele Verbesserungen im Detail, aber die chemische Basis ist unverändert. Die grundlegenden Eigenschaften von Mineralölen sind immer noch die gleichen und lassen sich mit folgendem Satz beschreiben:

Mineralöl ist toxisch für lebende Organismen, fast überhaupt nicht biologisch abbaubar und gut brennbar. Diese Fakten führen zu sehr hohen Kosten im Falle eines Austritts von Mineralöl in die Umwelt und zu immensen, teilweise irreparablen Schäden im Ökosystem.

Im Falle eines Unfalles, der durch einen internen Kurzschluss oder durch externes Feuer ausgelöst werden kann, brennt das Mineralöl unter großer Rauchentwicklung sehr stark, was die Brandbekämpfung sehr schwierig und gefährlich macht, und die Schäden können nicht kalkulierbaren Folgen für alle Beteiligten und die Umwelt haben.

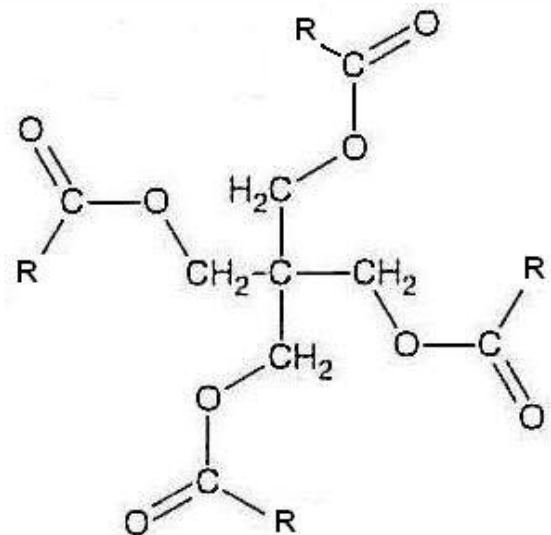
Neben diesem dramatischen Verhalten im Falle eines Fehlers gibt es auch noch andere bekannte Nachteile, wie korrosiven Schwefel, Schlammbildung und Wasserunlöslichkeit des Mineralöls im Transformator.

In Bezug auf diese Tatsachen gibt es in vielen Ländern mittlerweile Umweltvorschriften nicht nur in Schutzgebieten, weshalb alternativen Isolier- und Kühlflüssigkeiten eine immer höhere Aufmerksamkeit geschenkt wird.

BecFluid 9902 - eine „neuartige“ Kühl- und Isolierflüssigkeit

Der erste Ersatz für Mineralöl in Transformatoren tauchte in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts auf mit der Einführung von chlorierten aromatischen Kohlenwasserstoffen, die polychlorierten Biphenyle (PCB, Askarel). Der Einsatz dieser PCBs wurden verboten, weil im Brandfall hochgiftige Dioxine und Furane entstehen und die Umwelt enorm schädigen können; der erste schwere Unfall mit diesen Stoffen geschah in Seveso, Italien. Als Alternative zu den PCBs wurden in den 70er Jahren Silikon-Öle entwickelt, gefolgt von anderen synthetischen Flüssigkeiten wie z.B. Polyalphaolefinen (PAO) und Polyolestern (POE) in den 80ern, die einen sehr hohen Flamm- und Brennpunkt aufweisen und weniger Risiken für die Umwelt bergen.

BecFluid 9902 ist ein Polyolester auf der Basis von Pentaerythrit, das zur Verwendung für Verteilungs-, Leistungs- und Traktionstransformatoren sowie für die Hybridantriebstechnologie formuliert ist. Die einzigartigen chemischen und elektrischen Eigenschaften von BecFluid 9902 sowie die Umweltfreundlichkeit und Brandsicherheit sind sehr deutliche Vorteile gegenüber konventionellen Mineralölen. Diese ausgezeichneten Eigenschaften sind seit über 30 Jahren bekannt, und von daher liegen schon sehr viele positive Erfahrungen mit dieser Kühl- und Isolierflüssigkeit vor.



Eigenschaften

a) Brandsicherheit

Der Flammpunkt ist als diejenige Temperatur definiert, bei welcher der Gleichgewichtsdampf über einer chemischen Substanz eine Konzentration erreicht hat bei der dieser Dampf von außen durch offenes Feuer, Lichtbogen o.ä. entzündbar ist. Am Brennpunkt ist der Dampfdruck eines Stoffes so hoch, das ein Weiterbrennen des Dampfes möglich ist.

Im Vergleich zum Mineralöl hat BecFluid 9902 einen sehr hohen Flamm- und Brennpunkt und ist als Flüssigkeit der Klasse K zur Verwendung in Transformatoren klassifiziert. Sicherlich ist der hohe Brennpunkt vom synthetischen Ester der Hauptgrund für die Einstufung als schwer zu entflammende Flüssigkeit, aber weitere Ergebnisse von Brandversuchen mit Mineralöl und synthetischen Estern haben ferner gezeigt, dass die Esterflüssigkeiten sich zusätzlich auch langsamer erwärmen im Brandfall. Die niedrige Erwärmungsrate von BecFluid 9902 ist durch die hohe spezifische Wärmekapazität und die gute Wärmeleitfähigkeit der Flüssigkeit bedingt. Wird Mineralöl einer Wärmequelle, wie z.B. einer Flamme, ausgesetzt, wird es nach relativ kurzer Zeit schwarz. Dies kann allgemein als Indikator für die thermische Zersetzung des Mineralöls zu schwer definierbaren Spaltprodukten betrachtet werden

Synthetischer Ester färbt sich erst nach einem erheblich längeren Kontakt mit einer Flamme nur leicht dunkel, was auf eine minimale Zersetzung hindeutet.

Ein anderer wichtiger Aspekt beim Brandverhalten eines Materials ist die Tendenz zur Erzeugung von Rauch und toxischen Gasen und der Eigenschaften der entstandenen Substanzen, welche einen wesentlichen Einfluss auf die Brandbekämpfung und die Fluchtmöglichkeiten haben. Aufgrund v.a. diesen Verhaltens wurden die ersten Mineralöl-Ersatzstoffe, die PCBs verboten. Sie produzieren im Brandfall dichten schwarzen Rauch, der große Anteile an korrosivem und ätzendem Chlorwasserstoff (HCl, Salzsäure) zusammen mit kleineren Mengen an hoch toxischen Dioxinen und Furanen enthält. Brandversuche mit synthetischen Estern haben gezeigt, dass beim Verbrennen von BecFluid 9902 keine toxischen Gase entstehen, von der chemischen Zusammensetzung vergleichbar mit Rauch eines Holzfeuers, wobei die Rauchemissionen minimal sind, deutlich geringer als bei Mineralöl und Askarel. Da BecFluid keine Chlorverbindungen enthält, können auch keine gefährlichen Chlorwasserstoffe oder Dioxine entstehen.

Synthetische Ester wie BecFluid 9902 wurden von Versicherungsgesellschaften und Brandbehörden getestet, und zur Verwendung in Transformatoren im Inneren von Gebäuden und anderen kritischen Bereichen ohne Notwendigkeit besonderer Feuerchutzvorkehrungen zugelassen.

	Einheit	BecFluid® 9902	Mineralöl
Flammpunkt	°C	274	160
Brennpunkt	°C	303	170
Spezifische Wärme	J / kg · K	1816	1860
Verbrennungswärme	kJ / g	36,8	46,0

Umweltschutz

In Zeiten immer stärkerer Umweltbelastung liegt es in unser aller Verantwortung, durch die Verwendung umweltfreundlicher Materialien die weitere Fortschreitung der Umweltzerstörung zu verhindern oder zumindest deutlich zu verlangsamen.

Die Befüllung von Transformatoren mit BecFluid 9902 ist eine bei weitem umweltfreundlichere Option gegenüber sowohl Mineralöl als auch Silikonöl.

BecFluid 9902 kann nach der Testmethode gemäß OECD 301 als leicht biologisch abbaubar eingestuft werden. Es erfüllt die dualen Kriterien sowohl was den biologischen Abbau zu mindestens 60% innerhalb von 10 Tagen nach Überschreiten einer Zersetzung von 10%, als auch den Abbau von mindestens 60% bis zum 28. Tag des Tests. Tatsächlich war das Produkt in den Tests nach dem 28. Tag zu 99% abgebaut.

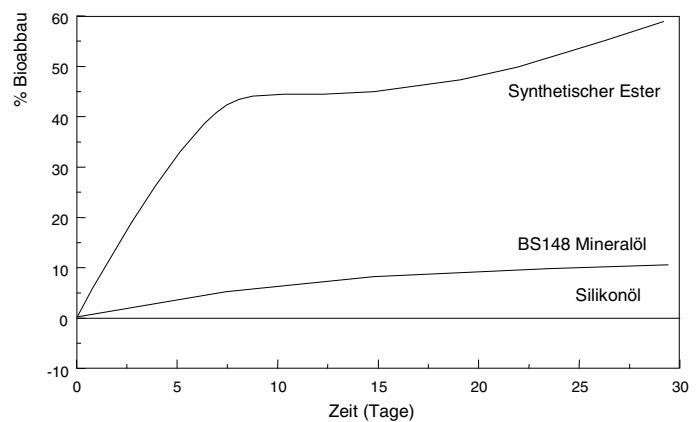
Für eine umweltfreundliche Transformatorenflüssigkeit ist es nicht nur wichtig, dass sie leicht biologisch abbaubar ist, sondern sie sollte auch in größeren Konzentrationen keine Gefahr für das Ökosystem darstellen. In Studien zur akuten Toxizität haben synthetische Ester keine Sterblichkeit oder andere auswertbaren toxischen Wirkungen auf Regenbogenforellen und Wasserflöhe gezeigt. In diesen Tests wurde ein Versuchsaufbau verwendet, der eine extrem hohe, praktisch nicht erreichbare Konzentration in einem Fließgewässer darstellen würde, und trotzdem gibt es durch BecFluid 9902 in diesem Fall kein akutes Risiko für das Ökosystem in Gewässern. Auch durch eine anhaltende allmähliche Freisetzung von Esterflüssigkeit aus einem undichten Transformator ist es nicht möglich so hohe Konzentrationen von BecFluid in Gewässern zu erreichen, dass Lebewesen in Gewässern zu Schaden kommen können.

Kläranlagen verwenden in den Becken mikrobiell belebten Schlamm zur Zersetzung organischer Materie im Abwasser. Einige Chemikalien können diese Mikroorganismen absterben lassen und zu einem vollständigen Stillstand des Abwasserbehandlungsprozesses führen. Das ist ein schwerwiegendes Problem für die Betreiber der Kläranlagen, und Abwasseraufbereitungsunternehmen haben daher in vielen Ländern Vorschriften für die Verursacher von industriellem Abwasser erlassen, die eine strafrechtliche Verfolgungen der Verursacher der nachgewiesenen Kontaminationen ermöglichen und sie mit unterschiedlichen, teilweise drastischen Strafen belegen. Mineralöle können die Abbauproduktivität in diesen biologischen Kläranlagen reduzieren oder zum Erliegen bringen, indem das Mineralöl entweder die Mikroorganismen absterben lässt oder einen Ölfilm über dem Schlamm bildet, der den Sauerstoffaustausch verhindert und so den Abwasserzersetzungprozess stoppen lässt.

Die Aktivität von Mikroben in belebtem Schlamm wird anhand ihrer Respirationsrate gemessen. Daher lässt sich das Verhalten von potenziell mikrobenschädigenden Chemikalien daran messen, wie der Prozess der Respiration verändert wird. In Versuchen, die in einem akkreditierten Labor durchgeführt wurden, zeigten sich bei synthetischem Ester bis zur maximal einstellbaren Konzentration keine Auswirkungen auf die Respirationsrate der Mikroorganismen im belebten Schlamm.

Aus diesen Versuchen kann der Schluss gezogen werden, dass BecFluid 9902 in Abwässern in keiner Konzentration ein Risiko für biologische Kläranlagen darstellt.

OECD 301D Test an synthetischem Ester, Mineralöl und Silikonöl



Aufgrund der zunehmenden Kontamination von Trink- und Grundwasser durch Industriechemikalien wurde 1976 ein Sonderausschuss gebildet, der das deutsche Innenministerium im Hinblick auf die Handhabung, den Transport, die Lagerung und die Verpackung von wassergefährdenden Stoffen berät. Die Aufgabe des Ausschusses bestand darin, den Begriff ‚wassergefährdende Stoffe‘ zu definieren und Verfahren zur Klassifizierung solcher Stoffe zu etablieren.

Auf der Grundlage der Ergebnisse von biologischen und toxikologischen Tests unterhält seitdem der Ausschuss ein Register validierter wassergefährdender oder nicht wassergefährdender Stoffe.

BecFluid 9902 ist in die Liste der „nicht wassergefährdenden“ Stoffe des Umweltbundesamtes aufgenommen worden.

BecFluid 9902 ist eine Kühl- und Isolierflüssigkeit für Transformatoren, die biologisch abbaubar ist, die nicht toxisch ist, die die Abbauproduktivität von belebtem Schlamm in biologischen Kläranlagen nicht beeinträchtigt und die vom Umweltbundesamt als nicht wassergefährdend eingestuft wurde. Da Transformatoren auch in der Nähe von Flüssen, Kanälen, Seen, Wasserfreizeitanlagen, Kläranlagen oder anderen besonders schutzbedürftigen Umgebungen aufgestellt werden, lässt sich das Risiko einer Umweltverschmutzung mit Hilfe von BecFluid 9902 verhindern.

Feuchtigkeit

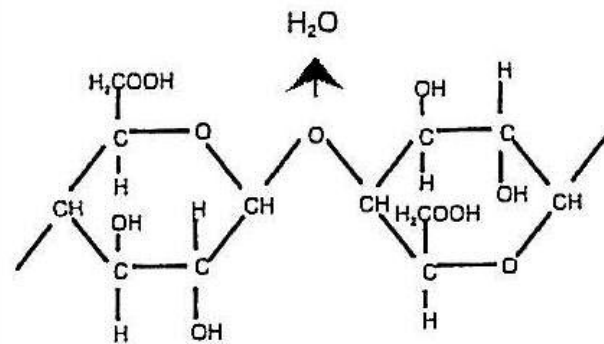
Die Anwesenheit von Feuchtigkeit in einem Transformator verschlechtert die Eigenschaften von Transformatoren durch dramatische Reduzierung sowohl der elektrischen Eigenschaften, wie z.B. die Durchschlagsfestigkeit, als auch der mechanischen Festigkeit der in den meisten Transformatoren verwendeten Papierisolationen. Das Risiko von Kurzschlüssen und damit häufig verbundenen Totalausfällen und Bränden steigt deutlich.

Mineralöle sind völlig unpolare Substanzen, was zu einer sehr geringen Wasseraufnahmefähigkeit führt und daher ist Wasser in mineralölgefüllten Transformatoren sehr kritisch. BecFluid 9902 als synthetischer Ester hat eine sehr viel größere Fähigkeit, Wasser auf chemische Weise zu absorbieren, ohne die dielektrischen Eigenschaften insgesamt zu beeinträchtigen.

Im Allgemeinen wurde festgestellt, dass durch Verdopplung des Wassergehalts die mechanische Lebensdauer der Papier-Isolation eines mineralölgefüllten Transformators um die Hälfte reduziert wird. Die Rate der thermischen Alterung von Isolierpapier ist proportional zu seinem Wassergehalt, und da das Mineralöl praktisch kein Wasser aufnehmen kann, lagert sich das Wasser im Papier an, und katalysiert dadurch zusätzlich die Alterung der Isolation. Bei estergefüllten Transformatoren ist die Alterung der Papierisolation aufgrund der deutlich höheren Wasseraufnahmekapazität signifikant reduziert, was zu einer längeren Lebensdauer der gesamten Isolation führt.

Feuchtigkeit in einem Transformator kann z.B. aus der Umgebungsluft kommen, was sich nur bei Verwendung von hermetisch abgeschlossenen Transformatoren praktisch minimieren lässt. Die meisten Verteil- und Leistungstransformatoren sind aber aus Kostengründen frei atmend und durch wartungsintensive TrocknungsfILTER lässt sich der Wassereintritt auch nicht dauerhaft verhindern.

Wasser im Papier ist in vier möglichen Zuständen anzutreffen: Es kann von der Oberfläche adsorbiert, als Dampf gelöst, als freies Wasser in den Kapillaren und als absorbiertes freies Wasser vorkommen. Wasser katalysiert die Alterung von Zellulose und ist auch ein Endprodukt des Zelluloseabbaus, d.h. der Zerfall der Zellulose wird durch deren Abbauprodukt zusätzlich beschleunigt:



Das Papier enthält wesentlich mehr Feuchtigkeit als Mineralöl. Der Feuchtigkeitsgehalt der Zellulose und des Mineralöls folgt Gleichgewichtskurven, die in vielen technischen Publikationen dargestellt wurden, in Abhängigkeit von der Temperatur und allgemeinen Parametern des einzelnen Transformators.

Viele Transformatoren sind durch wechselnde Belastungen häufig nicht in dem anzunehmenden Gleichgewicht, d.h. an lokal begrenzten Zonen sind thermodynamische Ungleichgewichte vorhanden, die Störungen wie eine punktuelle Alterung der Isolation, hot spots oder sogar Kurzschlüsse begünstigen.

BecFluid 9902 erfüllt bis zu einem Wassergehalt von 400 ppm in Transformatoren immer noch die Spezifikationsanforderungen im Hinblick auf die dielektrischen Eigenschaften. Im Gegensatz dazu ist Mineralöl bereits bei mehr als 30 ppm Wassergehalt nicht mehr spezifikationskonform, und ein weiterer Betrieb nur unter erhöhtem Risiko möglich.

Bereits geringe Mengen Wasser in Mineralöl führen zu einer deutlichen Verschlechterung der Durchschlagsspannung, im Gegensatz zum BecFluid 9902, dass selbst bei einem Feuchtigkeitsgehalt von mehr als 500 ppm eine hohe Durchschlagsspannung aufweist.

Sollte der Feuchtigkeitsgehalt die Höchstgrenze für den Betrieb des Transformators mit BecFluid 9902 überschreiten, so können die gleichen Verfahren und Geräte genutzt werden, die auch bei Mineralöl zum Entfernen der Feuchtigkeit zum Einsatz kommen.

Zusammenfassung

Zurückkommend auf das Hauptthema - wie die steigenden Kosten für elektrische Energie durch Verwendung von BecFluid 9902 als neue Isolier- und Kühlflüssigkeit auf Esterbasis in Transformatoren reduziert werden können - kann man folgendes feststellen:

- Die Betriebstemperatur der Transformatoren kann aufgrund des hohen Brennpunkts erhöht werden oder stärker schwanken.
- Die Elektrizitätsverluste durch den Transformationsprozess lassen sich verringern.
- Es sind keine besonderen Brandschutzmaßnahmen notwendig.
- Verluste und Beschädigungen von Transformatoren durch Brände können minimiert werden.
- Es gibt keine Beschränkungen aufgrund von Umweltschutzvorschriften.
- Die Verwendung und Lagerung der Esterflüssigkeit ist viel weniger gefährlich und dabei weniger Vorschriften zu beachten.
- Die Lebensdauer von Transformatoren lässt sich durch eine signifikant reduzierte Alterung der Isolation verlängern.
- Elektrische Fehler aufgrund des Feuchtigkeitsgehalts sind unwahrscheinlich.
- Ausfälle und Schäden bei Kaltstarts werden reduziert.
- Der Standby-Betrieb und die damit verbundenen Verluste bei niedrigen Temperaturen können verringert werden.
- Die Wartungs- und Überwachungskosten können gesenkt werden.
- BecFluid 9902 ist vollständig mit Mineralöl mischbar und kann zum Nachfüllen verwendet werden.

Die guten Erfahrungen mit synthetischem Ester seit nahezu 30 Jahren und die hervorragenden Eigenschaften sollten dazu veranlassen, BecFluid 9902 zu verwenden.

ELANTAS Beck GmbH

Grossmannstr. 105
20539 Hamburg
Germany

Tel. +49 40 78946 0
Fax +49 40 78946 276

Info.elantas.beck@altana.com
www.elantas.com

Selling organisation
Application laboratories
Production plant
Global R&D centre of competence

ELANTAS Deatech S.r.l.

Via San Martino 6
15028 Quattordio
Italy

Tel. +39 0131 773870
Fax +39 0131 773875

info.elantas.deatech@altana.com
www.elantas.com

Selling organisation
Application laboratories
Production plant
R&D centre of competence

ELANTAS Camattini S.p.A.

Strada Antolini,1
Fraz. Lemignano
43044 Collecchio (PR)
Italy

Tel. +39 0521 304711
Fax +39 0521 804410

info.elantas.camattini@altana.com
www.elantas.com

Selling organisation
Application laboratories
Production plant
R&D centre of competence

ELANTAS UK Ltd.

Keate House
1 Scholar Green Road
Cobra Court, Manchester
M32 0TR, United Kingdom

Tel. +44 161 864 1689
Fax +44 161 864 6090

sales.elantas.uk@altana.com
www.elantas.com

Selling organisation

Unsere anwendungstechnische Beratung in Wort, Schrift und durch Versuche erfolgt nach bestem Wissen, ist jedoch in jeder Hinsicht, insbesondere auch in Bezug auf etwaige Schutzrechte Dritter unverbindlich, und befreit Sie nicht von der eigenen Prüfung der von uns gelieferten Produkte auf ihre Eignung für die beabsichtigten Verfahren und Zwecke. Anwendung, Verwendung und Verarbeitung der Produkte erfolgen außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten und liegen daher ausschließlich in Ihrem Verantwortungsbereich. Sollte dennoch ein Haftungsfall eintreten, so ist unsere Haftung auf den typischerweise vorhersehbaren Schaden begrenzt. Selbstverständlich gewährleisten wir die einwandfreie Qualität unserer Produkte nach Maßgabe unserer Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen.