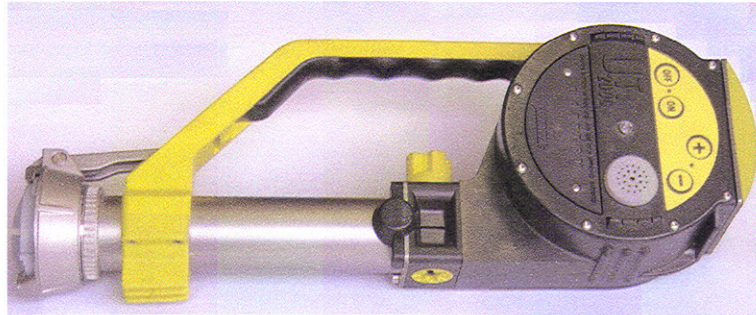


Elektrisch leitfähige Kunststoffe



- HERA SHIELD -

INFOS

- Einleitung
- Elektrostatische Aufladung
- Verringerung der elektrostatischen Aufladung durch elektrisch leitfähige Kunststoffe
- Elektrische Leitfähigkeit mittels Leitfähigkeitsruss
- Elektrische Leitfähigkeit mittels Kohlenstofffasern
- Elektrische Leitfähigkeit mittels Edelstahlfasern *HERA-SHIELD*
- Beispiele für die erfolgreiche Anwendung von *HERA-SHIELD*
- Leistungsspektrum der HERA AG bei elektrisch leitfähigen Kunststoffen

Einleitung

Standardkunststoffe besitzen typischerweise einen sehr hohen Oberflächenwiderstand von ca. 10^{14} Ohm, was zu elektrostatischer Aufladung der Bauteiloberflächen und vielen damit verbundenen technischen Problemen führen kann.

Die Lösung des Problems sind elektrisch leitfähige Kunststoffe.

Die HERA AG Lyss hat umfassende Erfahrung auf dem Gebiet der Verarbeitung von elektrisch leitfähigen Kunststoffen. Eine technisch wegweisende Methode stellt das *HERA-Shield* Verfahren dar. Es erlaubt die Herstellung von Kunststoff-spritzgussteilen mit sehr geringem elektrischem Volumenwiderstand ohne farbliche Einschränkungen und ohne merkliche Beeinträchtigung der übrigen Basispolymereigenschaften, insbesondere der Zug- und Schlagfestigkeit.

Elektrostatischen Aufladung

Die elektrostatische Aufladung erfolgt im Normalfall durch die Reibung zweier Materialien (Triboelektrifizierung), wovon meistens einer der Reibungspartner aus einem nicht leitenden Material z. B. Kunststoff besteht. Eines der Materialien gibt dabei Elektronen ab und erhält dadurch eine positive Ladung, während das andere Material diese Elektronen aufnimmt und sich dabei negativ auflädt.

Den Effekt einer plötzlichen Entladung eines solchen Spannungspotentials haben wir alle schon einmal erlebt, wenn wir nach dem Begehen eines Teppichbodens eine Metalltürklinke berührt haben.

Die elektrostatische Aufladungen von Gehäusen, Transportbehältern Maschinenteilen etc. kann verschieden starke statische Aufladungen aufweisen, welche ohne weiteres Spannungen von mehreren 10'000 Volt aufweisen können. Derartige statische Aufladungen können sich mittels eines Funkenschlages entladen, was es insbesondere in explosionsgefährdeter Umgebung wirksam zu verhindern gilt. Menschen selber, welche durch isolierende Kunststoffböden und Arbeitsplätze einer statischen Aufladung auch nicht entgehen, stellen in der Mikroelektronik ein altbekanntes und mit der unablässigen Tendenz zu immer extremerer Miniaturisierung der elektronischen Geräte ein zunehmend schwieriger anzugehendes Problem dar.

Weiterhin bedeutet obiges aber auch, das elektrostatisch aufgeladene Kunststoffteile Staub anzuziehen.

Die elektrostatische Aufladbarkeit von Bauteilen ist im wesentlichen von drei Faktoren abhängig:

- vom elektrischen Oberflächen- und Durchgangswiderstand
- von der Dielektrizitätskonstante und
- vom Umgebungsmedium des Prüfkörpers

Mit steigendem Oberflächen- und Durchgangswiderstand und sinkender Dielektrizitätskonstante nimmt die Aufladbarkeit eines Körpers in isolierender Umgebung zu.

Das bedeutet umgekehrt, wenn der Oberflächenwiderstand abnimmt, das Material leitfähiger wird, wird die Möglichkeit der elektrostatischen Aufladung abnehmen.

In sicherheitstechnischer Hinsicht gilt ein Werkstoff als nicht aufladbar, wenn sein Oberflächenwiderstand weniger als 10^9 Ohm beträgt.

Wo keine Erdung vorhanden ist, werden Bauteile mit einem Oberflächenwiderstand von 10^9 bis 10^{10} Ohm benötigt. Bei dieser Leitfähigkeit wird die Aufstauung von Elektrizität vermieden und gleichzeitig die Gefahren im Zusammenhang mit einem leitenden und nicht geerdeten Bauteil eliminiert.

In hochgradig explosionsgefährdeter Umgebung wird ein Widerstand von 10^4 Ohm empfohlen.

Verringerung der elektrostatischen Aufladung durch elektrisch leitfähig Kunststoffe

Um Kunststoffbauteile vor elektrostatischer Aufladung zu schützen, stehen mehrere Methoden der Füllung mit leitfähigen Materialien zur Verfügung.

Polymere werden mit hohen Volumenanteilen von elektrisch leitenden Fremdstoffen versetzt und in der Regel damit bezüglich der mechanischen Eigenschaften verändert. Alle Füllstoffe haben ihre Vor- und Nachteile.

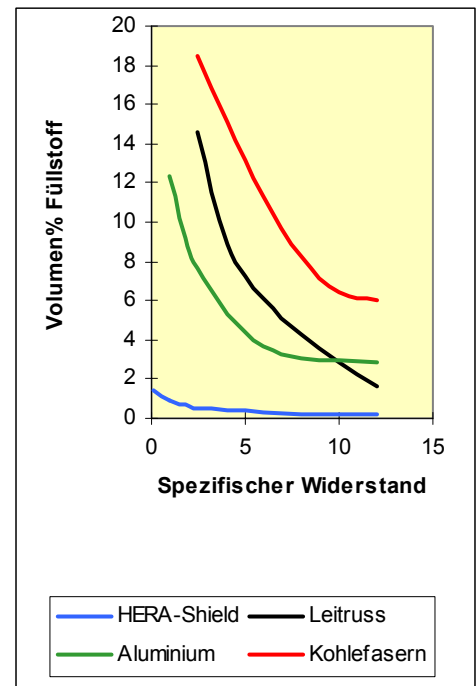
Im folgenden einige der gebräuchlichsten Füllstoffe:

- Leitfähigkeitsruss
- Graphit
- Eisenoxid- oder Aluminiumteilchen
- Silberpulver
- Kohlenstofffasern
- Edelstahlfasern **HERA Shield**

Im nebenstehenden Diagramm ist die Wirksamkeit von Edelstahlfasern bezüglich elektrischer Leitfähigkeit mit anderen Füllstoffen dargestellt.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, dem Basispolymer elektrisch leitende Stoffe beizumischen, welche nach der Verarbeitung des Kunststoffes an die Oberfläche migrieren.

Dies Verfahren, wie auch die antistatischen Sprays, die auf die fertigen Bauteile aufgebracht werden, ist



nur bedingt wirksam und weist eine recht eingeschränkte Wirkungsdauer auf. Im Bereich der Lebensmittelverarbeitung erweisen sich derartige Antistatika auch deshalb als kritisch, weil bei ausreichender Dosierung die vom BGA empfohlenen Richtwerte kaum einzuhalten sind.

Unter den Methoden der antistatischen Ausrüstungen sind der Vollständigkeit halber auch die Lackierung mit leitenden Lacken und die Galvanisierung bzw. die Aufdampfung von Metallen im Hochvakuum auf Kunststoffbauteilen zu erwähnen. Die letztgenannten Verfahren sind recht aufwendig und technisch nur limitiert anwendbar.

In Tabelle 1 werden die Vor- und Nachteile der wichtigsten Leitfähigkeitsadditive dargestellt.

Füllstoff	Vorteile	Nachteile
Leitruß	<ul style="list-style-type: none"> • Niedriger Preis • Zunahme der Oberflächenhärte und Steifigkeit • Schwindungsanisotropie 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Viskosität • Abnahme Festigkeit und Zähigkeit • Steile Leitfähigkeitskurve • Schwarz, nicht einfärbbar • Schwarzer Abrieb • Änderung der Leitfähigkeit nach Temperaturwechseln
Kohlefasern	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Festigkeit • Verringerung der Ausdehnung • Kopplung an Polymer, keine Entmischung 	<ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Kerbschlagfähigkeit • Erhöhte Schwindungsanisotropie • Nur in dunklen Farben einfärbbar • Höherer Preis
HERA-SHIELD	<ul style="list-style-type: none"> • Inhärente Leitfähigkeit • EMV-Abschirmung möglich • Compounds einfärbbar • Geringe Beeinflussung der Schwindungsanisotropie 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei sehr geringen Zusätzen, Schwankung des Oberflächenwiderstands • Höherer Preis

Tabelle 1

Elektrische Leitfähigkeit mittels Leitfähigkeitsruß

Elektrische Leitfähigkeit von Polymeren kann durch Zugabe von speziellen Strukturruß-Masterbatchen erreicht werden. Beim Überschreiten einer relativ hohen, vom Kunststoff- und Pigmentrußtyp abhängigen Grenzkonzentration, ca. 14-15 %, wird ein plötzliches und mit weiterer Konzentrationserhöhung stetiges Abnehmen des elektrischen Widerstandes beobachtet.

Für die antistatische bzw. elektrisch leitfähige Modifizierung von Kunststoffen eignen sich insbesondere hochstrukturierte/ hochoberflächige Colour Furnacerusse und Leitfähigkeitsruße bzw. Hochleitfähigkeitsruße. Die erforderliche Pigmentrußkonzentration ist abhängig von dem verwendeten Pigment- bzw. Leitfähigkeitsruß, dem Bindemittel, der Verarbeitungsmethode und den gestellten Anforderungen. Bei homogener Verteilung des Leitfähigkeitsrußes im System, ist in der Regel ein Rußgehalt zwischen 5 und 35 Gew.-% erforderlich. Der Widerstand kann von ca. 10^{14} Ohm auf 10^2 Ohm abgesenkt werden. Die Methode der Einarbeitung und der Grad der Dispergierung des Leitfähig-

keitsrußes spielen dabei eine wesentliche Rolle. Bei gleicher Leitfähigkeitsrußkonzentration können durch veränderte Verarbeitungsbedingungen unter Umständen deutliche Streuungen der elektrischen Werte festgestellt werden. Dies ist insbesondere auf prozessbedingte Orientierungsphänomene der Rußpartikelchen in der Matrix, sowie auf Veränderungen an deren Bruttovolumen zurückzuführen. Weiterhin kann sich je nach verwendetem Polymersystem ein unterschiedlicher Verlauf der elektrischen Widerstandskurve ergeben.

Neben der beabsichtigten Reduzierung des Widerstandes von Polymersystemen treten bei Einsatz von Russ verschiedene, meist unerwünschte, Begleiterscheinungen auf. Das bedeutet, der Basiskunststoff ändert mehr oder weniger, anhängig von der Füllstoffmenge, seine Eigenschaften.

- Erhöhung der Viskosität,
- Zunahme der Oberflächenhärte und Steifigkeit
- Verringerung der Flexibilität und Zähigkeit,
- Beeinträchtigung der thermischen Stabilität

Diese Begleiterscheinungen lassen sich durch Auswahl geeigneter Zusätze oder durch Modifizierung der Rezeptur jedoch meist auf ein akzeptables Maß reduzieren.

Ein weiterer Nachteil ist, dass die Teile unabdingbar die Farbe schwarz haben, womit farbige leitfähige Kunststoffteile mit diesem Verfahren nicht hergestellt werden können.

Als Alternative zu den Leitfähigkeitsrussen in reiner Form stehen ein umfangreiches Sortiment an verarbeitungsfertigen Leitfähigkeitsruß/ Polymer-Compounds bzw. sonstiger Präparationen bei diversen Anbietern zur Verfügung.

Elektrische Leitfähigkeit mittels Kohlenstofffasern

Lange Zeit wurden mit Kohlenstofffaser verstärkte Kunststoffe wegen ihres sehr hohen Preises ausschliesslich in High-tech-Anwendungen, wo die hervorragenden mechanischen Eigenschaften mit Kohlenstofffaser verstärkter Hochpolymere den Ausschlag gaben, eingesetzt.

Heute sind bereits hochwertige Kohlenstofffasern zu Preisen erhältlich, welche die Herstellung von günstigen Kohlenstofffaser verstärkter Kunststoffrohmaterialien zu Preisen, die um die 25 Franken pro Kg liegen, zulassen. Zu diesen Kosten und vor allem zu den in Zukunft zu erwartenden noch wesentlich tieferen Preisen Kohlenstofffaser verstärkter Kunststoffe stellt sich das Preis/Leistungsverhältnis dieses Werkstoffes für eine Vielzahl von Anwendungen, wo hohe mechanische Festigkeitswerte oder äusserst geringer Formschwund und damit hohe Verarbeitungsgenauigkeit gefordert sind, sehr interessant dar.

Bei den üblichen Kohlenstofffaseranteilen von zwischen 10% und 40% sind diese in jedem Falle als vollständig antistatisch zu betrachten und in den meisten Fällen ist bei Gehäusen aus diesen Kunststoffen auch die elektromagnetische Abschirmung ausreichend gewährleistet.

Elektrische Leitfähigkeit mittels Edelstahlfasern (*HERA-SHIELD*)

Mit dem **HERA-SHIELD**-Verfahren ist es möglich Edelstahlfaser mit nur 8 µ Durchmesser in praktisch allen thermoplastischen Kunststoffen zu dispergieren. Derartige Fasern sind ihres hauchfeinen Aufbaus wegen in der Lage, in der Kunststoffmatrix ein leitfähiges Netzwerk extrem hoher Dichte zu bilden. Im Gegensatz zu den vorab genannten Zusatzstoffen, mit denen Kunststoffe elektrisch leitend ausgerüstet werden können, genügt wegen der extremen Feinheit der Edelstahlfasern ein sehr geringer Volumenanteil von 0,5 - 1,5 %. Hiermit kann bei spritzgegossenen Kunststoffbauteilen sowohl der elektrische Oberflächen- als auch den Volumenwiderstand auf einen bis anhin nie erreichten niedrigen Wert (bezogen auf die Füllstoffmenge) reduziert werden. Bei einem Volumenanteil von nur ca. 0,5 % Stahlfasern kann der Oberflächenwiderstand von ca. 10^{14} Ohm auf $<10^5$ Ohm abgesenkt werden.

In Tabelle 2 werden die Charakteristika typischer mit dem **HERA-SHIELD**-Verfahren elektrisch leitend modifizierter Kunststoffe dargestellt.

Physikalische Eigenschaft	Einheit	Prüfmethode	ABS + IF	PC + IF	PA 6.6 + IF
Zugfestigkeit	MPa	D638	57	80	77
Zugdehnung	%	D638	5-10	10-20	5-10
Biegefestigkeit	MPa	D790	80	110	103
E-Modul (Biegung)	MPa	D790	3000	3200	4000
IZOD-Schlagzähigkeit - gekerbt 6 mm - ungekerbt	J/m	D256	50-60 250-300	50-60 700-800	50-60 350-400

Tabelle 2

Die Einbringung der rostfreien Edelstahlfasern in die Kunststoffmatrix ist insbesondere wegen der extremen Brüchigkeit der Fasern äusserst heikel und erforderte umfangreiche Versuchsserien bei der HERA AG.

Eine kompromisslose Überwachung der Verarbeitungsparameter ist unabdingbare Voraussetzung beim Einsatz dieser Methode. Die HERA AG hat das Verfahren der Stahlfaser-Kunststoffe auf einen sehr hohen Stand gebracht, der es ihr ermöglicht, praktisch alle Kunststoffe, in Verbindung mit anforderungsspezifischen Edelstahlfaserkonzentrationen und beliebiger Einfärbung zu verarbeiten. Dies gilt auch für schon vorgängig mit Glas, Kohle etc. gefüllte Kunststoffen.

Das Verfahren, welches gesamtheitlich mit der Bezeichnung **HERA-SHIELD** gekennzeichnet ist, hat es bereits in zahlreichen Fällen erlaubt, strengste Anforderungen, welche in der Technik an antistatische Bauteile gestellt werden mussten, effizient und kostengünstig zu erfüllen. Im Zusammenhang mit den physikalischen Eigenschaften der

Stahlfasern ist auch der Konstrukteur angehalten, gewisse spezielle Konstruktionsaspekte zu berücksichtigen.

Eine enge Zusammenarbeit zwischen den Konstrukteuren der Auftraggeber und den Spezialisten der HERA AG hat sich bei vielen erfolgreich realisierten Projekten mit **HERA-SHIELD** Anwendungen als von ausschlaggebender Bedeutung erwiesen.

Beispiele für erfolgreiche Anwendung von HERA-Shield

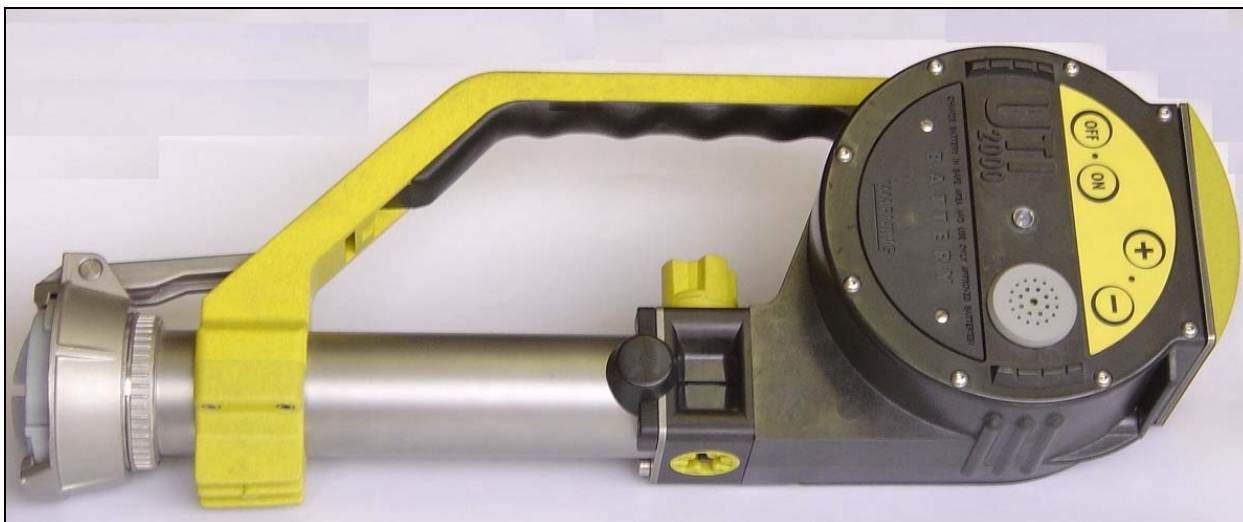
Tankinhaltsmessgerät für hochexplosive Flüssigkeiten HERMetric UIT 2000 Touch von Enraf TANKSYSTEM SA:

Bei diesem Messgerät, welches mechanische und elektronische Funktionen in einer hochexplosiven Umgebung auszuführen hat, bestimmen eine Reihe offizieller Normen die Anforderungen an die zu erreichende antistatische Ausrüstung aller Kunststoffteile am Gerät. Das Gerät besteht u.a. aus über 30 Kunststoffteilen. Diese hohen Anforderungen konnten mit dem **HERA-Shield**-Verfahren gelöst werden.

Als Werkstoff für die meisten Teile kam ein Polyphenylensulfon (PPS) mit 40% Glasfaserverstärkung zur Anwendung.

Von besonderer Bedeutung für den Auftraggeber war die Tatsache, dass mit dem **HERA-Shield**-Verfahren erstmals bei derartigen Geräten auch Teile mit leuchtend hellen Farben zum Einsatz kommen konnten.

Die Teile sind mit ca. 7% Inoxfasern gefüllt.



HERMetric UIT 2000 Touch von Enraf Tanksystem SA

Das folgende Bild zeigt die Elektronikbox des Gerätes. Zusätzlich zur antistatischen Ausrüstung sind an diesem Bauteil auch noch Einlegeteile aus Metall vorhanden.



Elektronikbox Tanksystem

Die folgenden Bilder zeigen Beispiele für antistatisch ausgerüstete Bauteile in leuchtenden Farben.



Rohrbefestigung Tanksystem



Gleitschiene in der Automationstechnik

Leistungsspektrum der HERA AG bei elektrisch leitfähigen Kunststoffen

Anwendungstechnische Beratung von der Idee über Entwicklung, Konstruktion, Werkzeugbau und Produktion

Spezifische werkstofftechnische Beratung hinsichtlich Basispolymer und Füllstoffen zur elektrischen Leitfähigkeit und Verbesserung der technischen / physikalischen Eigenschaften

Verarbeitung von
Standartkunststoffen
Technischen Kunststoffen
Hochtemperaturkunststoffen
Teflon

gefüllt mit
Leitfähigkeitsruss
Kohlenstofffasern
Graphit
Stahlfaser (*HERA SHIELD*)
etc

Zertifiziert nach SN EN ISO 9001 : 2000

ISO 9001:2000 zertifiziert durch

