

Dieses Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AIF) gefördert.

Kontny, Petzoldt, Tiedemann

Entwicklung einer einheitlichen Prüfanweisung zum Nachweis der Korrosionsschutzwirkung für alle VCI-Applikationen.

Im Bereich des temporären Korrosionsschutzes für den Versand von technischen Packgütern hat sich die VCI-Methode erfolgreich am Markt etabliert.

Bei dieser Methode emittieren Trägerstoffe aus Folie, Papier, Pappe oder Schaumstoff flüchtige Wirkstoffe VCI's (Volatile Corrosion Inhibitor), die sich dann innerhalb geschlossener Packstückräume an alle vorhandenen Oberflächen anlagern, so auch an die metallischen Oberflächen von Packgütern und dadurch Korrosionsvorgänge verhindern.

Argumente für den Einsatz von VCI-Mittel sind für die Anwender die einfache Installation und Reinstallation der Methode sowie die nicht erforderliche Entkonservierung der Packgüter.

Allerdings ist es oft schwierig, das für den jeweiligen Fall geeignete VCI-Mittel auszuwählen. Hier sind Einflussfaktoren wie:

- Verschiedenartigkeit der Metalle, Legierungen und andere Werkstoffe aus denen sich Packgüter zusammensetzen.
- Oberflächenbeschaffenheit (Rauigkeit, Reinigungszustand)
- Klimabedingungen
- und die Schutzdauer

zu beachten und aus der Vielzahl von Angeboten der Hersteller/Lieferanten das richtige VCI-Mittel in der richtigen Applikation auszuwählen.

Die Eignung der VCI-Korrosionsschutzmittel für die verschiedenen Anwendungsbereiche kann durch eine Reihe von Prüfverfahren nachgewiesen werden. Diese Prüfverfahren sind teilweise genormt oder aufgrund von Anforderungen aus der Praxis, die durch die Normprüfungen nicht erfüllt werden, modifiziert worden. Geprüft wird in der Regel an Metalloberflächen, die einen definierten Oberflächenzustand haben, (geschliffen und gereinigt).

In der Praxis vorhandene Oberflächenzustände werden mit dieser Vorgehensweise nicht erfasst. Alle bisherigen Prüfverfahren beziehen sich auf die klassischen flächigen

VCI-Applikationen wie Papier und Folie, andere Applikationen wie Schäume und Pulver werden kaum berücksichtigt.

Um praxisnäher zu prüfen wurde von der BFSV der sog. Test nach Eschke¹ entwickelt. Bei diesem Verfahren können als Indikatoren unterschiedliche Metalle auch mit unterschiedlichen Oberflächenzuständen parallel eingesetzt werden.

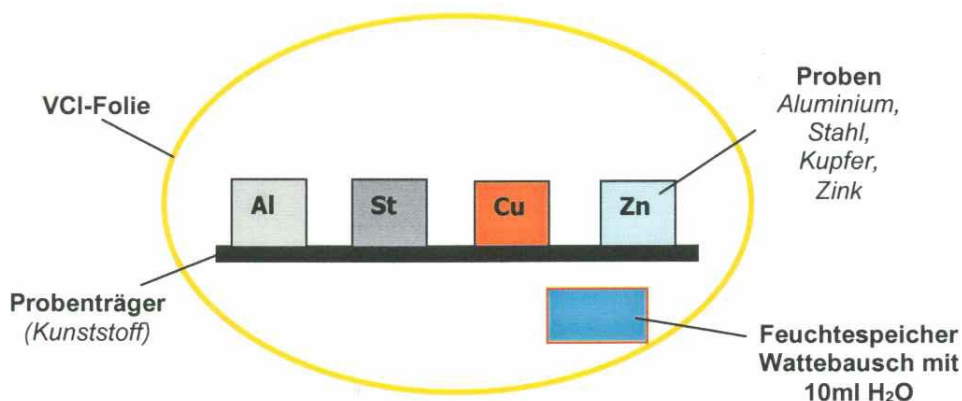


Abb. 1: Versuchsaufbau Test nach. Eschke

Das Testverfahren erstreckt sich auf die Prüfung der VCI-Schutzwirkung bei verschiedenen Metallen in Form von Prüfblechen, die nicht elektrisch leitend verbunden sind. Die Wasserbeigabe im Testaufbau simuliert die Auswirkung von hygroskopischem Beipackmaterialien auf die Prüfatmosphäre. Durch den Prüfaufbau ist ein höherer Praxisbezug gegeben. Auch durch die Verwendung von Folie als Hüllenmaterial wird die Verpackungspraxis abgebildet. Die Methode eignet sich besonders zur Prüfung von VCI-Folien, aus denen dann auch diese Hüllen bestehen. Nachteilig an dem Testverfahren ist der immer noch erforderliche Einsatz einer Temperaturwechselkammer, um die erforderlichen relativen Luftfeuchten und Temperaturwechsel zu erzeugen, die dann auf den Prüfblechen zu Kondensationserscheinungen führen und damit Korrosionsvorgänge auslösen können. Entscheidend für die Zeitdauer der Betauung der Metallproben und deren Intensität auf den Oberflächen ist hierbei die spezifische Wärmekapazität der Prüfbleche, d. h. die

¹ Richard Eschke, Institut für BFSV

Masse. Die Auswertung der Ergebnisse geschieht dann visuell durch einen Vergleich mit den Korrosionsschaubildern nach TL 8135-0002 oder BFSV und führt dann je nach Korrosionsgrad in eine Abstufungsklasse.

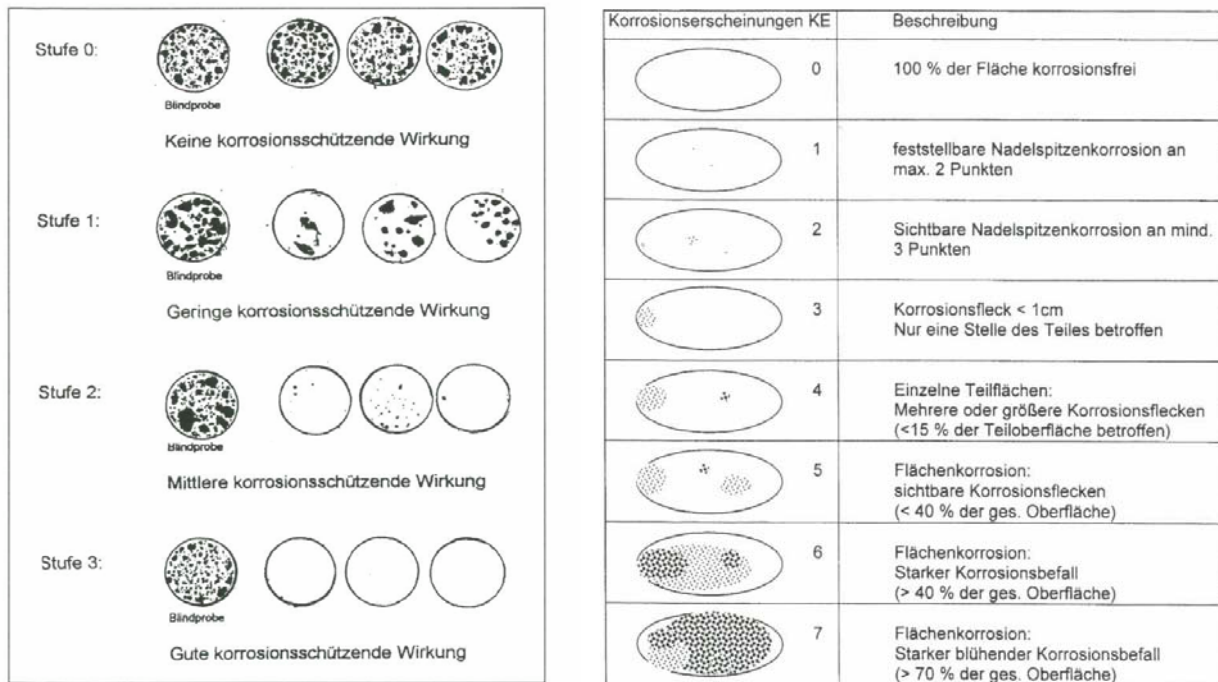


Abb.2: Korrosionsschaubilder
nach TL 8135-0002

Korrosionsschaubilder nach BFSV

In der Versandpraxis haben technische Packgüter oft erhebliche Massen, die dann bei Temperaturwechseln auch zu längeren Betauungszeiten an den Oberflächen der Packgüter führen können. Während der Betauungsphasen können Korrosionsvorgänge ausgelöst und verstärkt werden.

Für die Praxis ist es entscheidend an technischen korrosionsempfindlichen Packgütern während der Transport- und Lagerzeiten Korrosionvorgänge zu verhindern. Nach den Korrosionsschaubildern wären das die Zustände der Stufe 3 nach TL oder 0 nach BFSV. Eine Abstufung der Korrosionsschutzwirkung von VCI-Applikationen nach der Vorgehensweise der „Korrosionsschaubilder“ ist für die Praxis nicht interessant. Korrosionsschutzmittel haben die Funktion Korrosionserscheinungen zu verhindern. Der

mit unbewaffnetem sichtbare Beginn von Korrosionsvorgängen stellt schon die Versagensgrenze dar.

Um den Bedingungen der Praxis gerecht zu werden wurde mit Förderung der AIF (Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen) Projekt Nr. 12115 der Prototyp einer Prüfeinrichtung für das Durchführen von Prüfungen entwickelt, der folgende **Anforderungen** erfüllt:

- Beliebige Betauungszeiten an den Metallproben mit konstanter, ansteigender oder abnehmender Betauung. Einstellbar durch einen beliebigen Abstand der Probentemperatur vom Taupunkt.
- Beliebiger Betauungsgrad, einstellbar durch individuelle Zeitvorgaben zum Betauungsaufbau bei variabler Taupunktsunterschreitung.
- mehrere Betauungszyklen innerhalb eines Belastungsprofils.
- Variable Belastungsprofile mit hoher Reproduzierbarkeit, beliebig wiederholbar.
- Vollständige oder unvollständige Trocknung der Probe nach jeder Betauung.
- Rechnergesteuertes Programm zur Generierung der Belastungsprofile.
- Probenaufnahme für quadratische Proben bis zu einer Kantenlänge von 120 mm.
- VCI-Applikationen können als Papier, Folien, Pulver und in flüssiger Form in den Probenraum eingebracht werden.

Mit dem Prototyp der Prüfeinrichtung und dem daraus entstandenen Verfahren war es erstmals möglich, unabhängig von der Masse der Prüfkörper Betauungsvorgänge in ihrer Intensität und zeitlichem Verlauf zu regeln. Im Gegensatz zu den bisherigen Prüfverfahren finden die Prüfungen bei konstanter Raumtemperatur statt, Klimateinrichtungen zur Generierung von Wechselklimabelastungen sind nicht erforderlich. Dieses wird dadurch erreicht,

dass die Prüfkörper unabhängig von ihrer Masse mit Hilfe von Peltierelementen temperaturgesteuert werden. Die folgenden Bilder zeigen den Aufbau der Prüfeinrichtung.

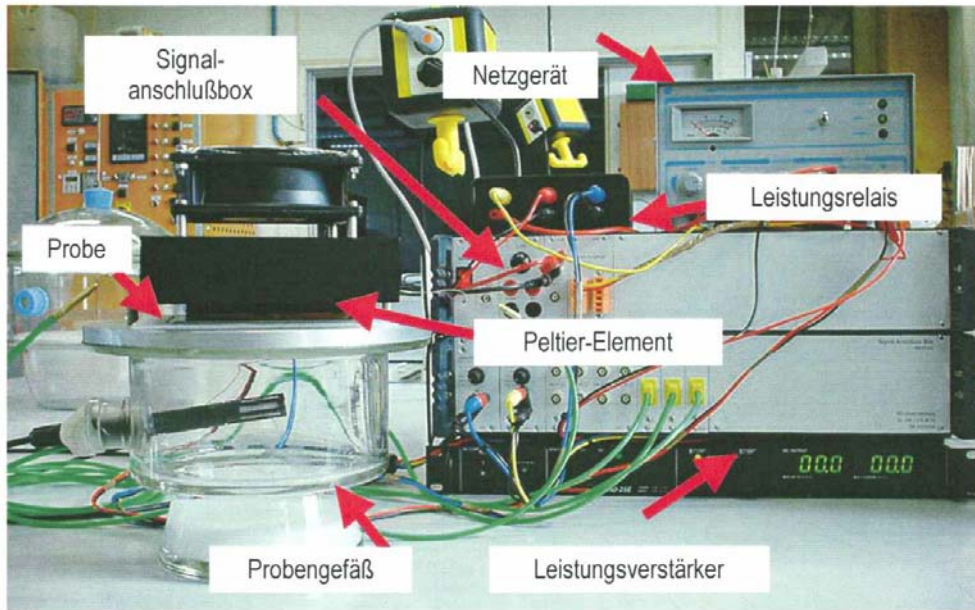


Abb. 3: Prototyp, Prüfstand ohne PC

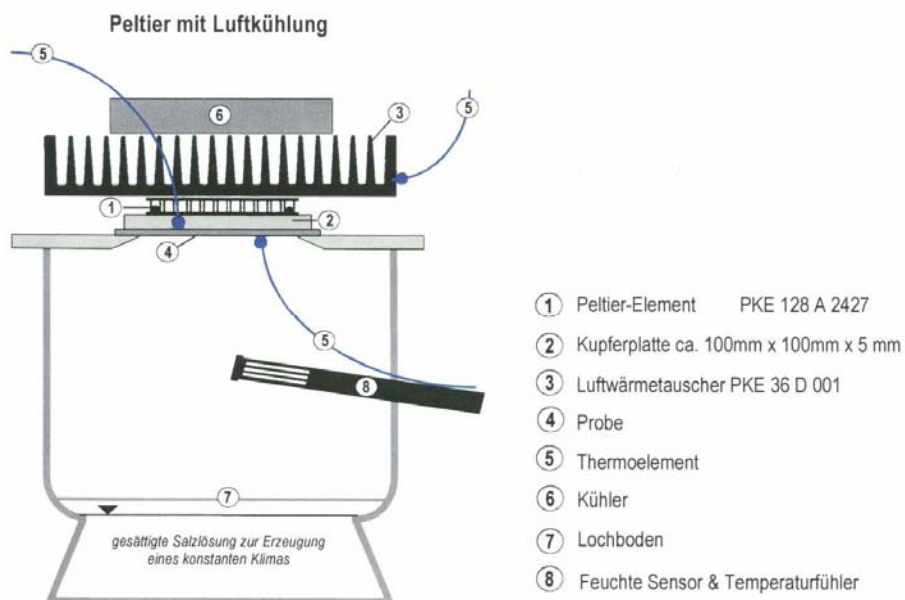


Abb.4: Prototyp, Prüfeinrichtung

Die Versuche mit der Prüfeinrichtung brachten Ergebnisse mit hoher Reproduzierbarkeit. Die an die Versuchseinrichtung gestellten Anforderungen(s. o.) wurden nachgewiesen und erfüllt.

Auf Basis dieses Prototypen wurde in einem weiteren AIF-Forschungsvorhaben (AIF Nr. 14115 N) eine Erweiterung der Prüfeinrichtung vorgenommen.

Das Ziel dieses Vorhabens war es, eine einheitliche Prüfanweisung zum Nachweis der Korrosionsschutzwirkung für alle VCI-Applikationen in der Prüfeinrichtung zu entwickeln, mit der es dann möglich ist, deren Schutzwirkung an unterschiedlichen Metallen und deren Legierungen nachzuweisen. Dieses erforderte die Entwicklung einer Prüfeinrichtung, die in ihrer Funktionsweise auch so ausgelegt ist, dass mit praxisnahen Prüfbedingungen Ergebnisse erzielt werden, die eine hohe Reproduzierbarkeit und damit eine ausreichende statistische Sicherung haben.

Aufbau und Funktion der Prüfeinrichtung.

Es wurde eine Einrichtung mit 9 Messstellen konzipiert, die alle in einer quadratischen Prüfkammer (850 x 850 x 175 mm) symmetrisch angeordnet sind. Das Gehäuse der Prüfeinrichtung ist aus Plexiglas (PMMA), damit während der Prüfungen der Verlauf überwacht und begutachtet werden kann. Eine der Messzellen wird ständig durch eine Kamera kontrolliert, die in zeitlichen Abständen (variabel einstellbar) dokumentierte was auf der Oberfläche der entsprechenden Metallprobe geschieht, so dass der Beginn von Korrosionserscheinungen zeitlich genau erfassbar ist.

Zur Generierung einer konstanten relativen Luftfeuchte innerhalb des Prüfraumes wird ein Glycerin / Wassergemisch verwendet, dass bei einer Raumtemperatur von 23°C eine relative Luftfeuchte von 75% im Prüfraum einstellt.

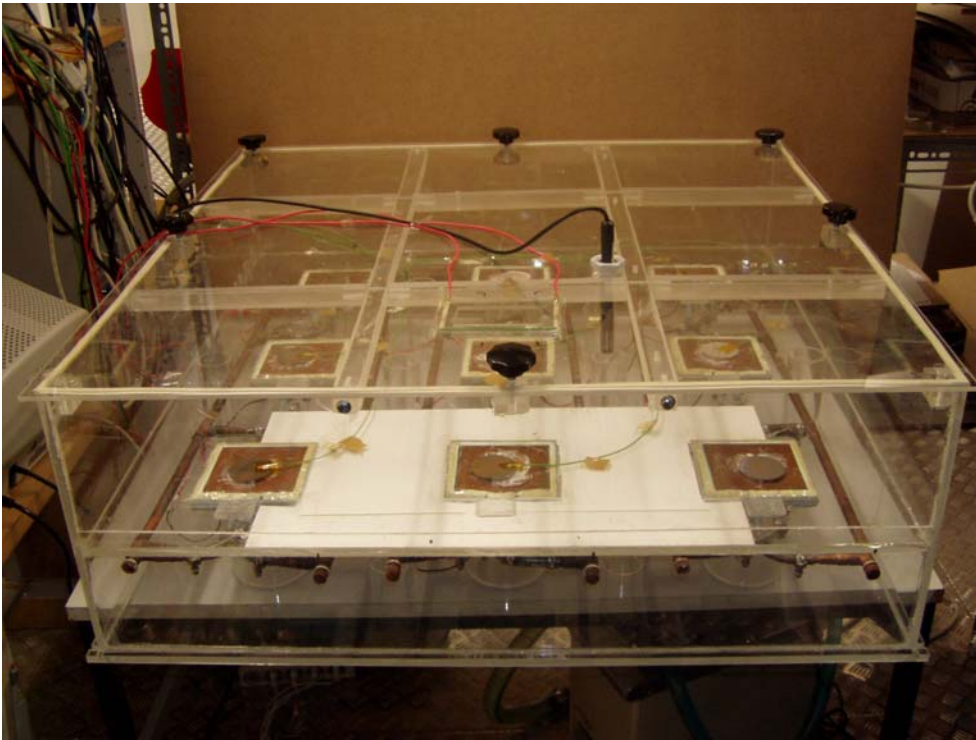


Abb. 5: Prüfkammer mit Messzellen

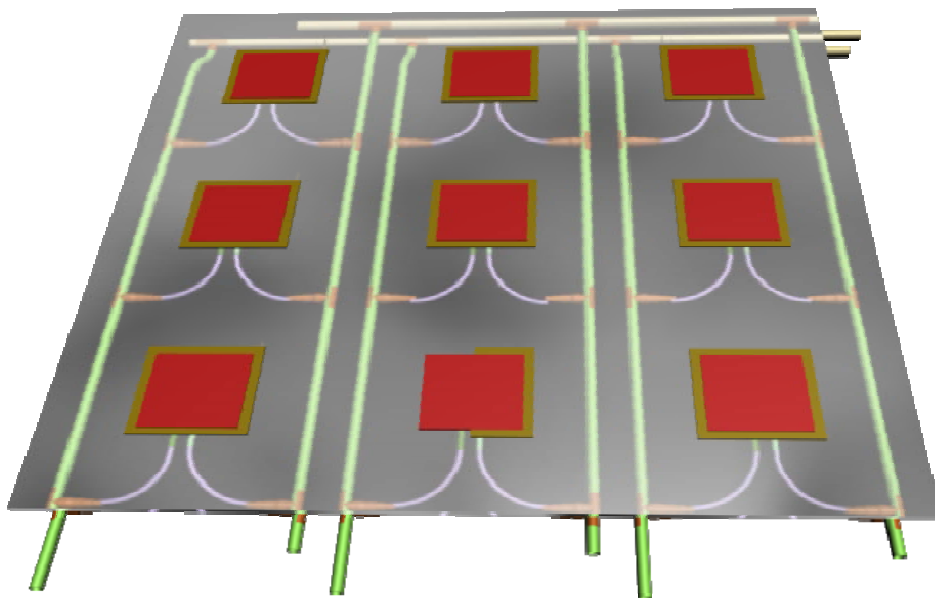


Abb. 6: Anordnung der Messzellen innerhalb und der Kühleinrichtung außerhalb des Prüfraumes.

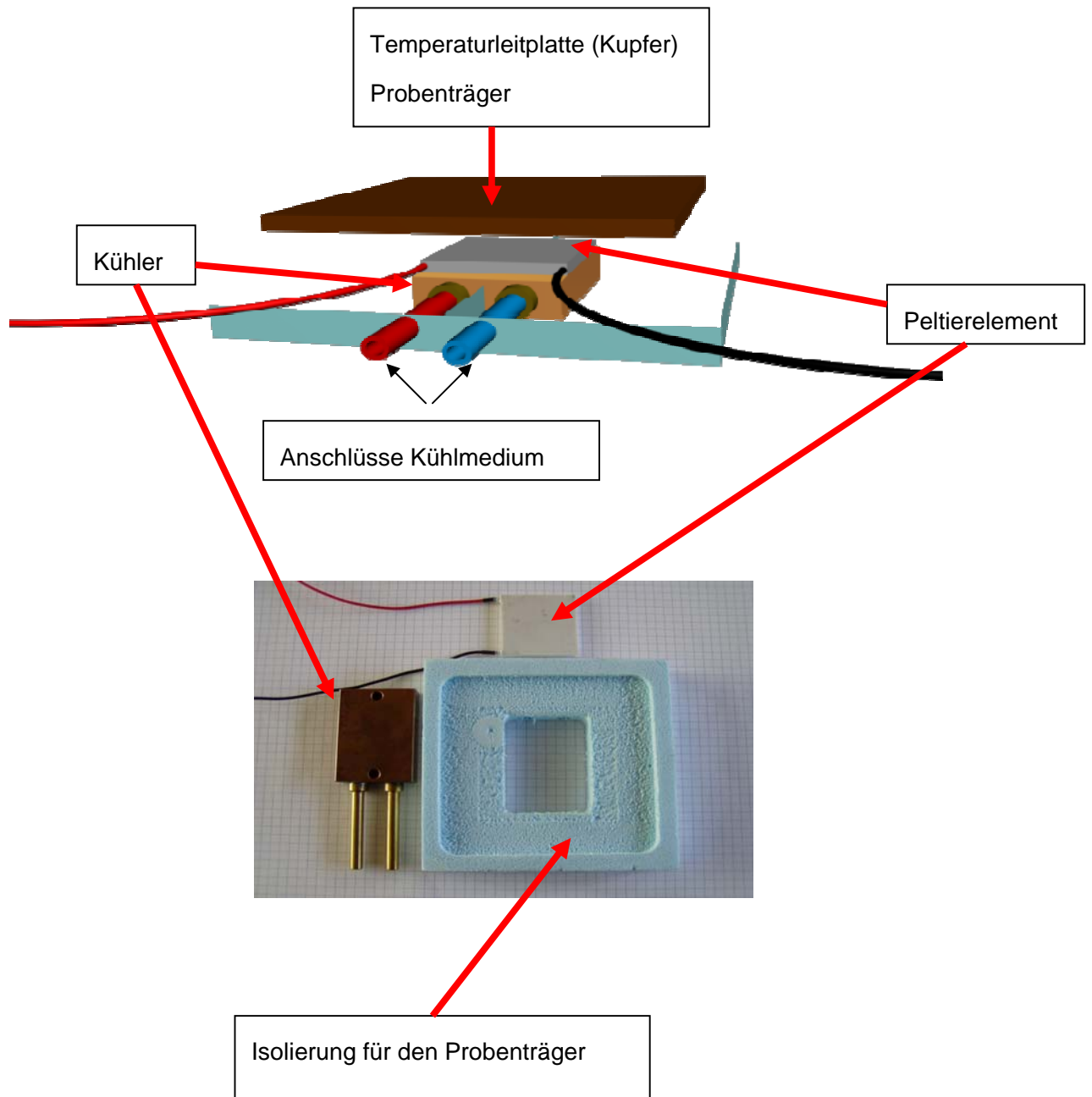


Abb. 7: Aufbau einer Messzelle



Abb. 8: Blick auf eine Messzelle mit Probe (Ronde aus Stahl.) Auf der Ronde befindet sich ein Temperaturfühler

Die Regelung und Datenerfassung

Die Messung und Regelung erfolgt mit Hilfe eines PCs. Dazu ist dieser mit einer Messkarte ausgerüstet, die wiederum ihre Signale von einer Signalanschlussbox erhält bzw. ausgibt. An den Eingängen sind die Sensoren zur Datenerfassung angeschlossen. Diese werden teilweise mit Hilfe eines Netzgerätes versorgt. Ein Ausgangskanal steuert den Leistungsverstärker an, dessen Ausgangsspannung wird über ein Leistungsrelais an die Peltier-Element übertragen. Ein digitaler Ausgang steuert das Leistungsrelais an, das wiederum die Ausgangsspannung des Leistungsverstärkers umpolt. Auf diese Weise wird die Probe nach Bedarf vom Peltier- Element gekühlt bzw. geheizt.

Zusätzlich ist ein hochauflösendes Messsystem der Fa. Hottinger mit dem PC verbunden. Mit diesem System werden gleichzeitig die Eingänge von 8 Thermoelementen erfasst.

Mit Hilfe der Thermoelemente wird die Temperatur der Probenoberflächen ermittelt. Gleichzeitig erfasst ein Temperatur- Feuchtesensor die Raumtemperatur innerhalb der Prüfeinrichtung und das Programm errechnet daraus die Taupunkttemperatur. Der Regler innerhalb des Programms vergleicht anhand eines zuvor erstellten Prüfprofils die Regelabweichung zwischen Soll- und Istwert bezüglich der Differenz zwischen Oberflächen und Taupunkttemperatur und gibt dementsprechend über den Ausgang der Messbox die Regelgrößen an den Leistungsverstärker weiter.

Als Software wird das Programm DIAdem® der Firma National Instruments verwendet. Es dient gleichzeitig zur Messung, Steuerung und Regelung. Verwendet wird die Version 8.1.



Abb. 9: Steuerung, Prozessablauf / Datenerfassung und Verarbeitung

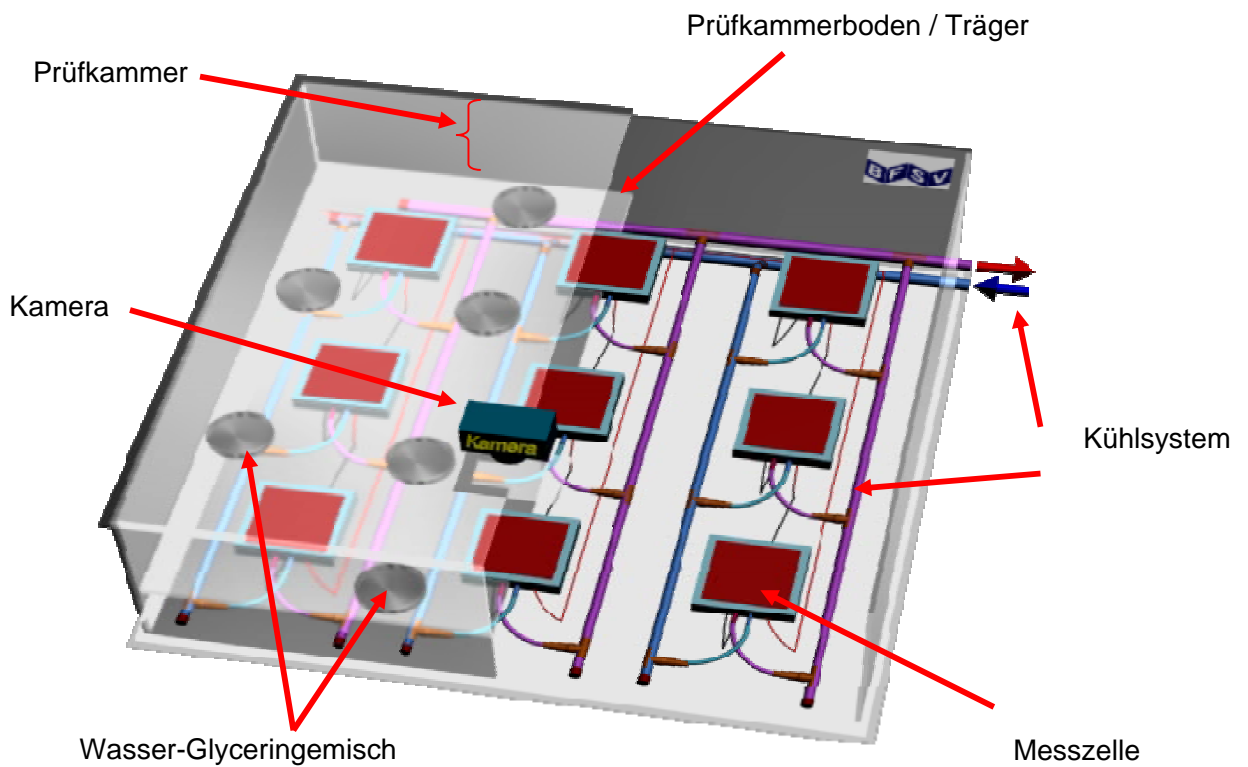


Abb. 10: Prinzipskizze der Anlage ohne Steuerung

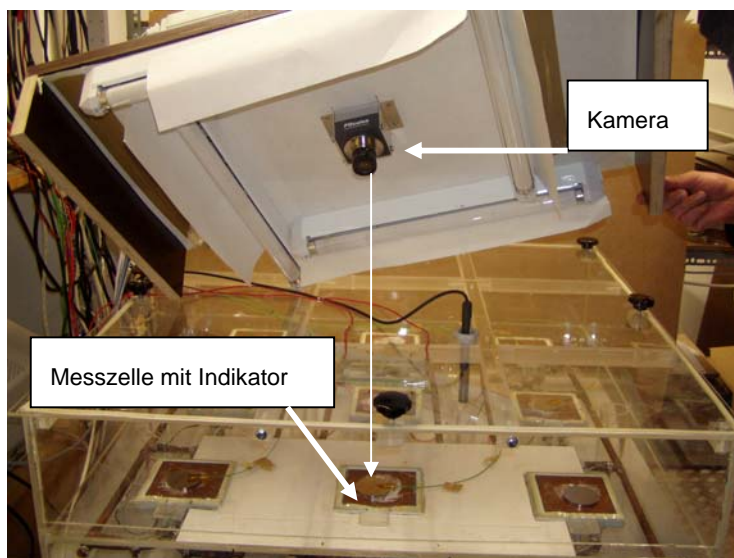


Abb. 11: Kameraanordnung zur laufenden Beobachtung eines Korrosionsindikators auf einer Messzelle

Validierung der Prüfeinrichtung.

Im Hinblick auf die Entwicklung einer einheitlichen Prüfanweisung zum Nachweis der Korrosionsschutzwirkung von VCI-Materialien wurden verschiedene Untersuchungen zur physikalisch-chemischen Überprüfung und Bewertung der Prüfeinrichtung vorgenommen. Im Einzelnen betraf das die Wechselwirkung zwischen den zur Generierung einer definierten relativen Luftfeuchtigkeit innerhalb der Prüfanordnung nötigen gesättigten Lösungen, den daraus resultierenden Prüfatmosphären und den jeweiligen VCI-Wirkstoffen, sowie den Einfluss der Prüfatmosphäre auf das zu prüfende VCI-Verpackungsmittel und die Emissionsraten der einzelnen VCI-Komponenten und deren Anlagerungsraten an die im Prüfraum vorhandenen Materialien.

Es wurden folgende Teilaufgaben bearbeitet:

- Bestimmung von Art und Konzentration von VCI-Komponenten in handelsüblichen VCI-Verpackungsmitteln
- Ermittlung von VCI-Akkumulationsraten in den zur Einstellung der relativen Luftfeuchte nötigen Lösungen
- Messung der VCI-Adsorptionsraten an den zu schützenden Metalloberflächen / Prüfkörpern
- Bestimmung der Anlagerungsraten der VCI-Substanzen an weiteren, frei liegenden Materialien im Prüfraum
- rechnerische Abschätzung der theoretisch benötigten und der maximal angebotenen VCI-Mengen anhand der experimentell ermittelten Werte
- Ermittlung der Sublimationsraten der VCI-Komponenten aus handelsüblichen VCI-Verpackungsmitteln bei definierten Umgebungsbedingungen.

Das Ziel war, die optimalen Abmessungen für die zu prüfenden VCI-Verpackungsmittel (hier flächige Trägermaterialien) bei der bestimmten Beschaffenheiten des Prüfraums so festzulegen, dass das Angebot an VCI-Substanzen in jedem Fall für den Schutz der metallischen Prüfkörper ausreicht und gleichzeitig eine Differenzierung zwischen unterschiedlichen VCI-Materialien möglich ist.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchungen ergaben sich die genannten Abmessungen des Prüfraumes sowie die erforderlichen Oberflächen der flächigen VCI-Applikationen Papier und Folie um eine ausreichend VCI-Menge für die Metallproben zu

garantieren. Entsprechende Berechnungen sind für die bisher angewendeten Prüfverfahren nicht bekannt.

Vorversuche mit flächigen Proben aus Blech sowie Ronden aus Grauguss, Stahl, Aluminium und Messing ergaben, dass eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse bei allen 9 Parallelproben vorhanden war. Ein Vorteil der Ronden gegenüber gewalzten Blechen war aufgrund ihrer größeren Dicke die Möglichkeit, die Oberflächen durch verschiedene Bearbeitungsverfahren wie Schleifen, Drehen und Sägen zu variieren und so den Einfluss der Oberflächenqualität auf die Korrosionsempfindlichkeit darzustellen.

Beispiele Tabellen 1 und 2: Ergebnisse von Vorversuchen (Nullprobenversuche) zur Reproduzierbarkeit der Korrosionserscheinungen an allen 9 Parallelproben und der Temperaturprofile der Versuchseinrichtung.

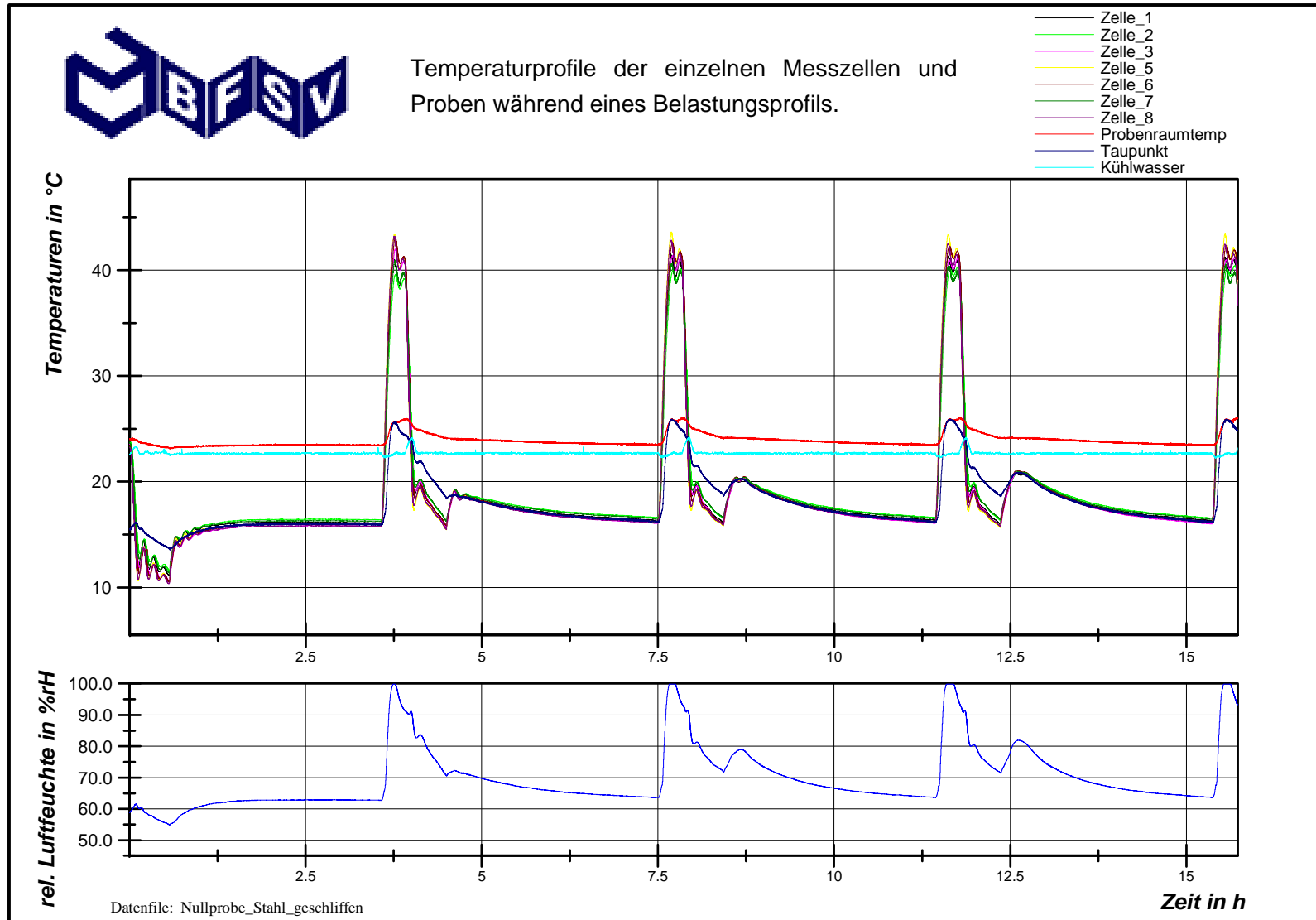
Tabelle: 1

Probe	Werkstoff	Form	Oberfläche	Zyklen	Ergebnis	Verteilung der Korrosion auf alle 9 Messstellen in der Prüfeinrichtung
1	St 1403	Blech	gewalzt	5	flächige Korrosionserscheinungen bei allen 9 Proben	unterschiedliche Flächenanteile
2*	Q-Panel R35Q	Blech	gewalzt	5	keine Korrosionserscheinungen	entfällt
2**	Q-Panel R35Q	Blech	gewalzt	5	flächige Korrosionserscheinungen bei allen 9 Proben	gleichmäßig bis auf Probe 9
3	St 50	Ronde	geschliffen	4	flächige, ausgeprägte Korrosionserscheinungen bei allen 9 Proben	gleichmäßig
4	St 50	Ronde	gesägt	5	flächige, ausgeprägte Korrosionserscheinungen bei allen 9 Proben	gleichmäßig
5	St 50	Ronde	geschliffen	7	flächige, ausgeprägte Korrosionserscheinungen bei allen 9 Proben	gleichmäßig
6	GG 25	Ronde	gedreht	7	flächige, ausgeprägte Korrosionserscheinungen bei allen 9 Proben	gleichmäßig

* nach dem Reinigen bei 100° C 1 min. getrocknet

** nach dem Reinigen bei 250° C 5 min. getrocknet

Tabelle 2



Unter gleichen Bedingungen wie bei den Nullprobenversuchen und gleicher Zyklanzahl wurden Versuche mit VCI-Korrosionsschutzmaterialien durchgeführt. Die für die Korrosionsvorgänge verantwortlichen Btauungszeiten wurden bis zu den ersten erkennbaren Korrosionserscheinungen an den Proben mit Hilfe des Kamerasystems und der Dokumentation ermittelt, wobei bei mehreren Zyklen die Btauungszeiten kumuliert wurden. Die folgende Tabelle 3 zeigt die Wirkung unterschiedlicher VCI Produkte und Applikationen in Bezug auf die Nullproben in Form von Btauungszeiten.

Tabelle 3: Gegenüberstellung 0-Proben Versuche vs. VCI- Versuche

Probe	Werkstoffbezeichnung	Oberfläche	Betauungsphase Korrosionsbeginn [min] ∑ Min Nullprobe	VCI-Mittel	Betauungsphase Korrosionsbeginn [min] ∑ Min VCI- Proben
Stahl	St 1403	gewalzt	18	Papier 1	1980
Stahl	Qpanel R-35Q	gewalzt 100°	72		kein Test
Stahl	Qpanel R-35Q	gewalzt 250°	18	Papier 1	72
Stahl	Qpanel R-35Q	gewalzt 250°	12		kein Test
Stahl	St 50	geschliffen	18	Papier 1	504
Stahl	St 50	geschliffen	24	Folie 2	24
Stahl	CK 45	geschliffen	24	Papier 2	Keine Korrosion innerhalb der Zyklenzahl
Stahl	CK 45	geschliffen	24	Folie 1	96
Stahl	CK 45	geschliffen	24	Folie 2	48
Stahl	CK 45	geschliffen	24	Folie 3	24
Stahl	St 16 MN	geschliffen	24	Papier 2	Keine Korrosion innerhalb der Zyklenzahl
Stahl	St 16 MN	geschliffen	24	Folie 1	72
Stahl	St 16 MN	geschliffen	24	Folie 2	96
Stahl	St X 113	geschliffen	120	Folie 2	Keine Korrosion innerhalb der Zyklenzahl
Stahlguss	GG 25	gedreht	12	Papier 2	108
Stahlguss	GG 25	gedreht	12	Folie 1	48
NE-Metall	AlCuMgPb	gedreht	936	Papier 2	Keine Korrosion innerhalb der Zyklenzahl
NE-Metall	Ms 58	gedreht	120	Papier 2	672
Stahl	St 1403	gewalzt	54		kein Test
Stahl	St 1403	gewalzt	90		kein Test
Stahl	St 50 ø 80x10	gesägt	18	Papier 1	252
Stahlguss	GG 20 ø 50x5	geschliffen	8	Papier 1	12
Stahlguss	GG 20 ø 70x10	geschliffen	12	Folie 3	12
NE-Metall	Cu	gedreht	360		kein Test
NE-Metall	Cu	gedreht	1824		kein Test
NE-Metall	MS 2N39Pb	gedreht		Folie 2	252

Vorgehensweise zur objektiven Beurteilung von Korrosionserscheinungen an unterschiedlichen Metallen und Probenformen mit und ohne VCI-Korrosionsschutz.

Für die Beurteilung der Korrosionserscheinungen wurde wie folgt vorgegangen:

Ausgehend von der Überlegung, dass die Aufgabe von VCI-Korrosionsschutzmitteln beim Versand grundsätzlich die Vermeidung von Korrosionsvorgängen ist, wurde eine Bestimmung des Korrosionsbeginns durchgeführt. Auf die Bestimmung unterschiedlicher Korrosionsgrade wurde verzichtet, weil in der Praxis grundsätzlich der Zustand „frei von Korrosionserscheinungen“ gefordert wird.

Das Ziel dieser Vorgehensweise ist eine Nullprobendatenbank in der die Korrosionsempfindlichkeiten für unterschiedliche metallische Werkstoffe erfasst und beschrieben werden, dieses in Abhängigkeit der Probenformen und der Oberflächenzustände der Proben.

Die Einrichtung der Kameraüberwachung für eine der 9 Parallelproben pro Versuch ermöglicht bei einer entsprechenden Reproduzierbarkeit der Ergebnisse der 9 Parallelproben und einer entsprechenden Bildsequenz die zeitnahe Bestimmung des Korrosionsbeginns, dieses sowohl bei den 0- Proben und auch bei den VCI- Proben.

Da das Korrosionsverhalten und die Korrosionsschaubilder der 9 Parallelproben pro Versuch gleich sind kann davon ausgegangen werden, dass auch der zeitliche Korrosionsbeginn für alle 9 Parallelproben gleich ist.

Für den Bereich der 0- Proben ergibt die Bestimmung des Korrosionsbeginns den Hinweis für die Korrosionsempfindlichkeit der Probe in Abhängigkeit der Metallart und der Oberflächenbeschaffenheit. Geht man davon aus, dass die Korrosionsvorgänge im vorliegenden Prüfverfahren nur durch die Betaungsphasen generiert wurde, ergibt die Zeit bis zum Korrosionsbeginn in Verbindung mit der Zeitdauer der Betaungsphase / einen einem Maßstab für die Korrosionsempfindlichkeit der Probe.

Atmosphärische Korrosion an den Proben durch konstante hohe relative Luftfeuchten innerhalb des Prüfraumes können für die Zeiträume der Prüfungen aufgrund der eingestellten Luftfeuchte von 70% ausgeschlossen werden.

Mit der beschriebenen Vorgehensweise lässt sich für die 0- Proben eine Datenbank aufbauen. Die Werte in der Datenbank sind dann Basiswerte, die zum Vergleich mit Werten von gleichen Proben unter VCI- Schutz Aussagen zur Wirksamkeit von VCI- Mitteln in Bezug auf deren Korrosionsschutzwirkung ermöglichen.

Beispiel:

Probe	Werkstoff	Abmessungen [mm] Probe	Oberfläche	Betaungsphase Zyklus [min]	Korrosionsbeginn Probe [min.]		
					0	VCI	VCI- Appl.
Stahl	Ck 45	Ø 60 x 5	geschliffen	180	24	96	Folie 1
						48	Folie 2
						24	Folie 3

Die dargestellte Vorgehensweise ermöglicht folgende Aussagen.

■ **Basiswert** Korrosionsempfindlichkeit der 0- Probe

(Betaungsdauer 120 min. pro Temperaturzyklus an den Metallproben)

Beispiele für eine Bewertung:

- Angabe in min.: im Beispiel **24**

- Angabe als Quotient aus Korrosionsbeginn/ Zyklendauer Betaung

$$24:180 = \underline{\underline{0,13 \text{ (Empfindlichkeitsfaktor der 0-Probe)}}}$$

■ **Schutzfaktor des Korrosionsschutzmittels** immer bezogen auf die

Korrosionsempfindlichkeit der entsprechenden 0-Probe und deren Merkmale

Quotient aus der Zeitdauer bis zum Beginn der Korrosion der VCI- Probe und der

0- Probe. Beispiel. $96 : 24 = \underline{\underline{\text{Schutzfaktor 3}}}$

Voraussetzung: gleicher Zyklus für 0 und VCI Probe.

Ausblick:

Mit der entwickelten Prüfeinrichtung ist es gelungen, durch eine hohe Reproduzierbarkeit der Ergebnisse objektivere Beurteilungen in Bezug auf die Wirksamkeit von VCI-Produkten durchzuführen und damit auch eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

Die zeitliche Erfassung des Beginns von Korrosionsvorgängen ermöglicht die Schaffung einer O-Probandatenbank bezüglich der Korrosionsempfindlichkeit von unterschiedlichen Metallen und deren Oberflächenzustände.

Durch das Bestimmen der Anlagerungsraten der VCI-Mittel an die im Prüfraum vorhandenen Oberflächen wird erstmals für ein Prüfverfahren eine Mindestmenge von VCI-Wirkstoffen ermittelt, die garantiert, dass für die Metallproben/ Indikatoren ausreichende Mengen an VCI zur Verfügung stehen.

Die Möglichkeit, den Korrosionsbeginn zeitlich zu bestimmen, d.h. die Versagensgrenze von O-Proben und mit VCI geschützte Proben zu ermitteln, eröffnet eine Reihe von Auswertungsmöglichkeiten und entspricht damit der Forderung der Lieferbedingungen

„frei von sichtbaren Korrosionserscheinungen „

Die im AIF-Projekt AIF Nr. 14115N formulierte Zielsetzung, mit den durchgeführten Untersuchungen, deren Ergebnisse und Schlussfolgerungen sind ein wichtiger Schritt in Richtung einer anwenderbezogenen und damit praxisnäheren Prüfung von VCI-Materialien in Bezug auf deren Schutzwirkung. Sie ermöglichen eine Bewertung (Ranking) der auf dem Markt angebotenen VCI-Produkte untereinander und eröffnen die Möglichkeit für unterschiedliche Metalle und deren Legierungen Nullprobandatenbanken in Bezug auf deren Korrosionsempfindlichkeit zu erstellen, die dann für die Allgemeinheit oder firmenspezifisch ausgelegt werden können.

Keine Aussagen gibt es bisher über:

- die Korrelation von Prüfbelastungen zu Praxisbelastungen.
- die Verdampfungskinetik von VCI-Wirkstoffen oder deren Gemenge.
- die erforderliche Einwirkzeit (Aufbauzeit) von VCI-Korrosionsschutzsystemen bis zur Belastbarkeit des Korrosionsschutzsystems in Abhängigkeit der Entfernung des VCI-Spenders zur Packgutoberfläche.
- Nachweis von VCI-Substanzen in der Schutzatmosphäre (Indikator).

Hier sind weitere Untersuchungen erforderlich, um das Korrosionsschutzverfahren „VCI“ berechenbarer zu machen.

Literatur:

- Eschke, K.R.: Tips für die Verpackung von Seegütern: Methoden des Korrosionsschutzes, Service-Beilage der Hamburger Hafen Nachrichten 37/1982, S.15
- Ewe, H.: Prüfung der korrosionsschützenden Wirkung von VCI-Packhilfsmitteln für Eisen und NE-Metalle, Neue verpackung 2/1989, S. 60-62
- Brangs & Heinrich: Informationsbroschüre, Eschborn, 1988
- Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung: Technische Lieferbedingungen TL 8135-0002 , Korrosionsschutzpapiere VCI-Papiere- für Verpackungszwecke, Ausgaben 1 – 7, Erding, 1961-1991
- Uedolhofen, W., Materna, H.: Zur Prüfung von VCI-Papieren , Technisch-wissenschaftliche Beilage der Verpackungs-Rundschau 4/1983, S. 21-24
- Eschke, K.-R., Ewe, H. , Liebenow, T.: Modifizierung der Technischen Lieferbedingungen TL 8135-0002 der Bundeswehr zur Prüfung von VCI-Papieren, Technisch-wissenschaftliche Beilage der Verpackungs-Rundschau 11/1982, S. 71-74
- Eschke, K.-R., Ewe, H.: Prüfverfahren für den erweiterten VCI-Einsatz, insbesondere für elektrische Bauteile, DECHEMA - Forschungsbericht, Hamburg, 1992
- Federal Test Method Standard No. 101C, Method 4031, Corrosion Inhibiting Ability of VCI vapours, 1980
- Reinhard, G., Hahn, G.: Dampfphaseninhibitoren – Wirkprinzip, Nachweis, Anwendungen, Veröffentlichungsort und – datum unbekannt