

Feuchtemanagement in geschlossenen Räumen sowie Korrosionsschutzmethoden und ihre Möglichkeiten

Prof. Dr.-Ing. Dieter Heimann



ca. 3.100 Studierende
15 Bachelor-Studiengänge
7 Master-Studiengänge



Maritimes Profil mit Studienangeboten in den Bereichen

Logistik und Informationssysteme

Energie- und Meerestechnik

Tourismus und Management

Life Sciences

➤ **Feuchte Luft – Luftfeuchtigkeit, Taupunkt, Kondenswasser**

➤ **Güter im geschlossenen Raum**

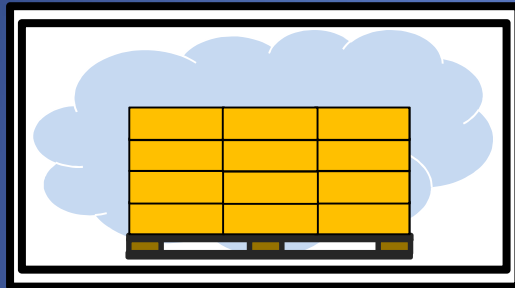
➤ **Feuchtigkeit und Korrosion**

➤ **Temporärer Korrosionsschutz**

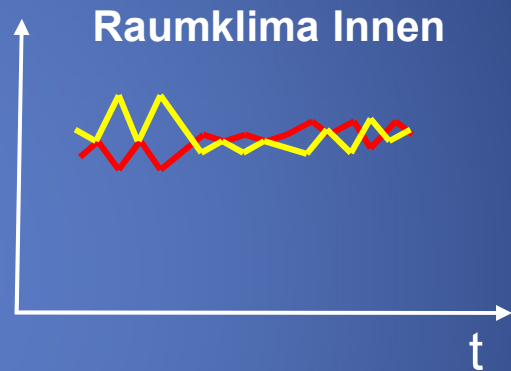
➤ **Fazit**



r.F._A



r.F._I



Ursachen möglicher Transportschäden



Korrosion



Schimmel



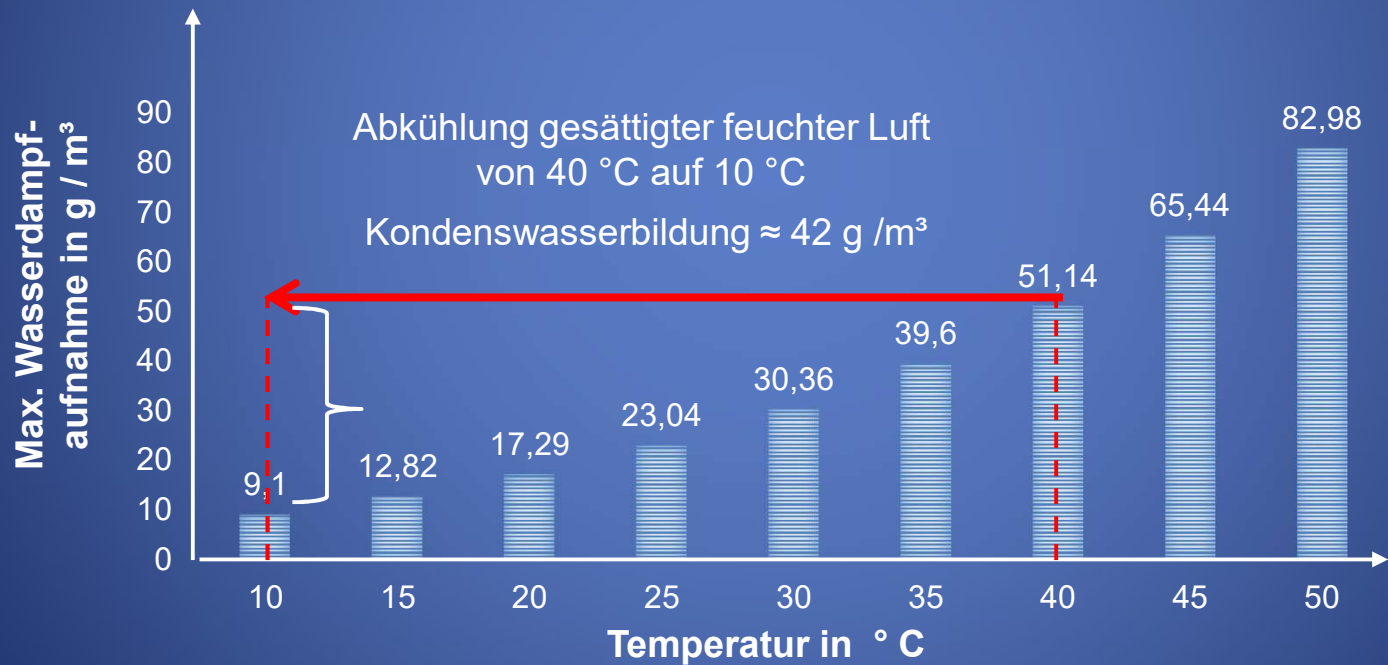
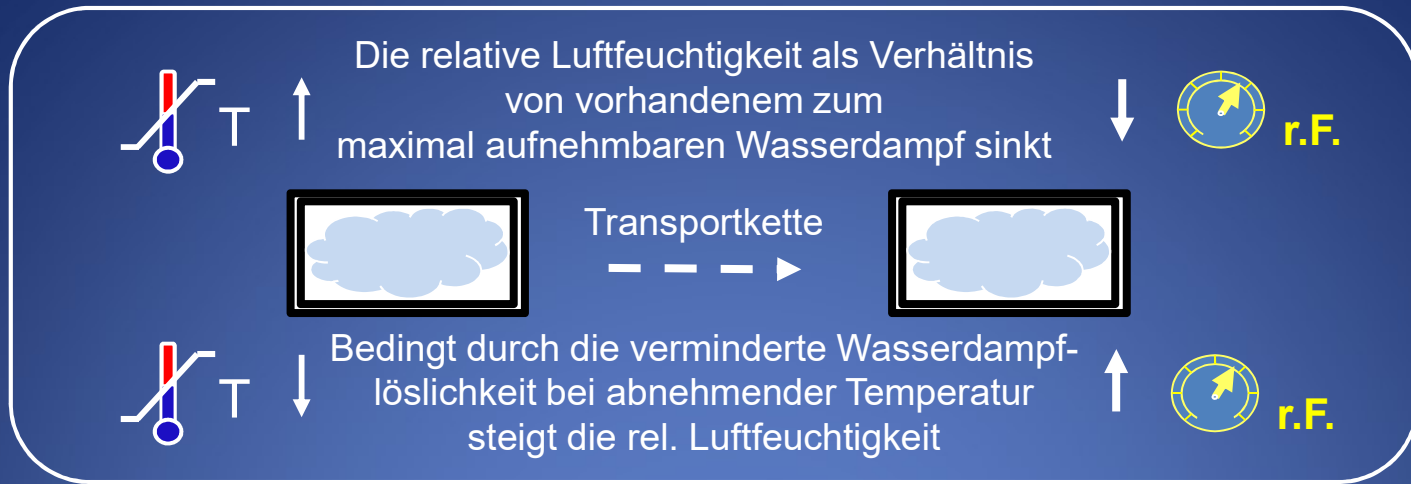
Festigkeits-
verlust



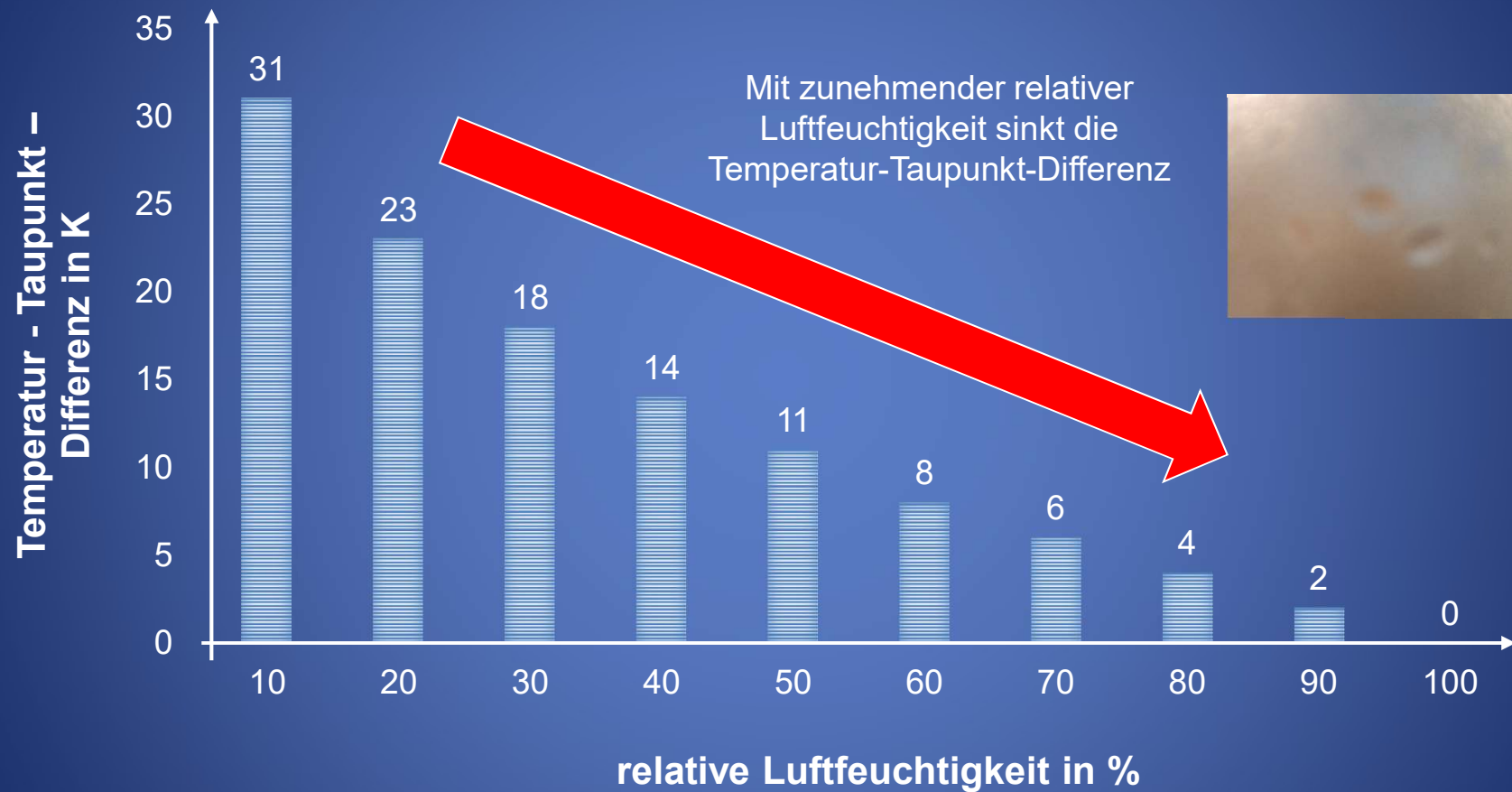
Austrocknung



...



Feuchte Luft bei 20 ° C Raumtemperatur



rel. Feuchte [%] → Temperatur [°C] ↓	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
+ 50	8,3	16,6	24,9	33,2	41,5	49,8	58,1	66,4	74,7	83,0
+ 45	-19	+19	-26	+32	+36	+40	+43	+45	+48	+50
+ 40	3,1	6,1	9,6	12,7	15,8	19,3	22,4	25,4	28,9	32,4
+ 35	1,5	2,9	4,2	5,5	6,8	8,2	9,5	10,9	12,3	13,7
+ 30	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
+ 25	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
+ 20	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
+ 15	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
+ 10	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
+ 5	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

Erwärmung um 10 °C begründet eine Reduzierung der relativen Feuchtigkeit auf ca. 30 %

Abkühlung um 10 °C begründet einen Anstieg der relativen Feuchtigkeit auf 90 %

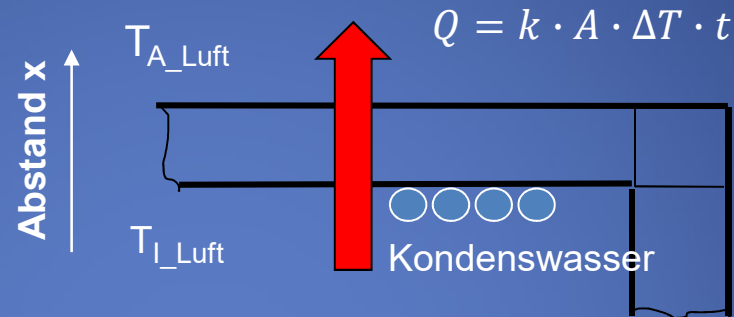
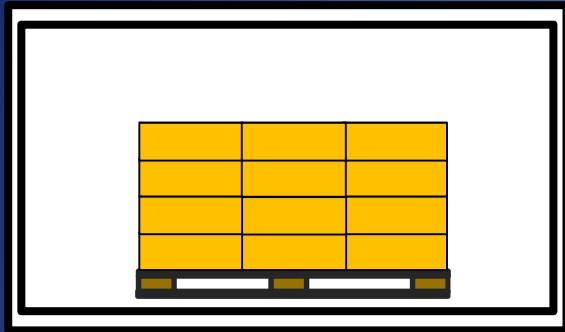
11,5
13

11,5
13

11,5
13

Niedrige Außentemperatur T_{A_Luft}
 Gemässigte Innentemperatur T_{I_Luft} } ΔT

Wärmetransport
 gerichtet von der höheren zur niedrigeren Temperatur

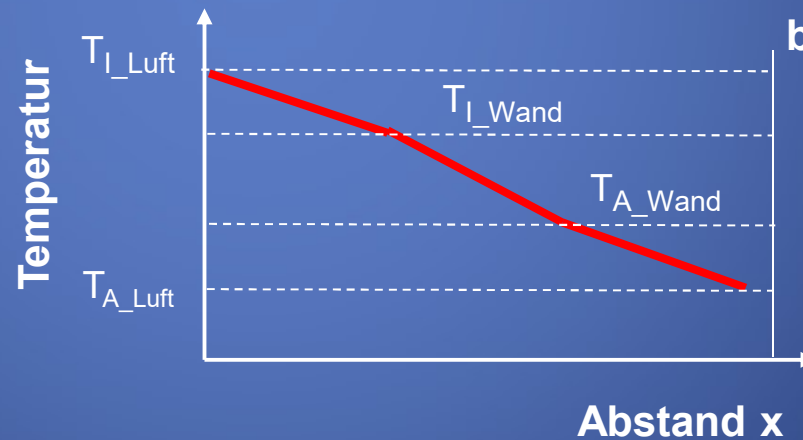
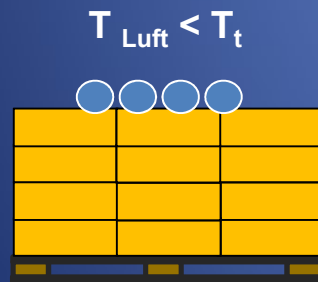


Entzug von
 Wärmeenergie der
 Luft innen



Kondenswasser-
 bildung abkühlender
 Luft im Nahbereich
 der Innenwand
 bei Unterschreitung
 des Taupunktes

Ladungsschweißbildung
 bei niedriger Ladungstemperatur
 (das gleiche physikalische Prinzip)



$T_{I_Luft} < T_t$

Vergleichsbetrachtung enthaltener Feuchtigkeit



Feuchte Luft

20 ° C; 50 % r.F.

Klimatabelle

=> 8,7 g Wasserdampf / m³



Holzpalette

Wassergehalt Ψ = 15 %

Palettenmasse = 12 kg

=> 1,8 kg Wasser



Getreide

Wassergehalt Ψ = 10 %

Containerladung = 20 t

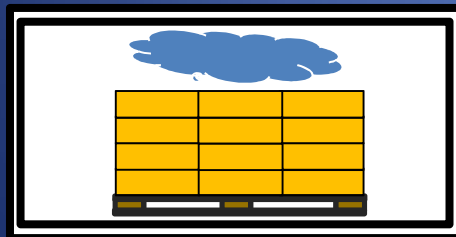
=> 2.000 kg Wasser



➤ Außenlagerung

=> Wechselwirkung durch Außenklima bestimmt

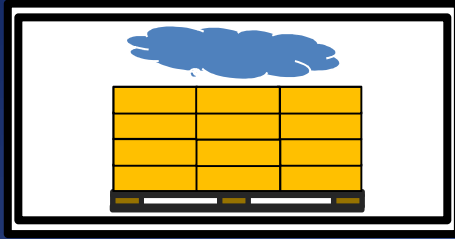
=> Feuchtegleichgewicht des Gutes zum Außenklima



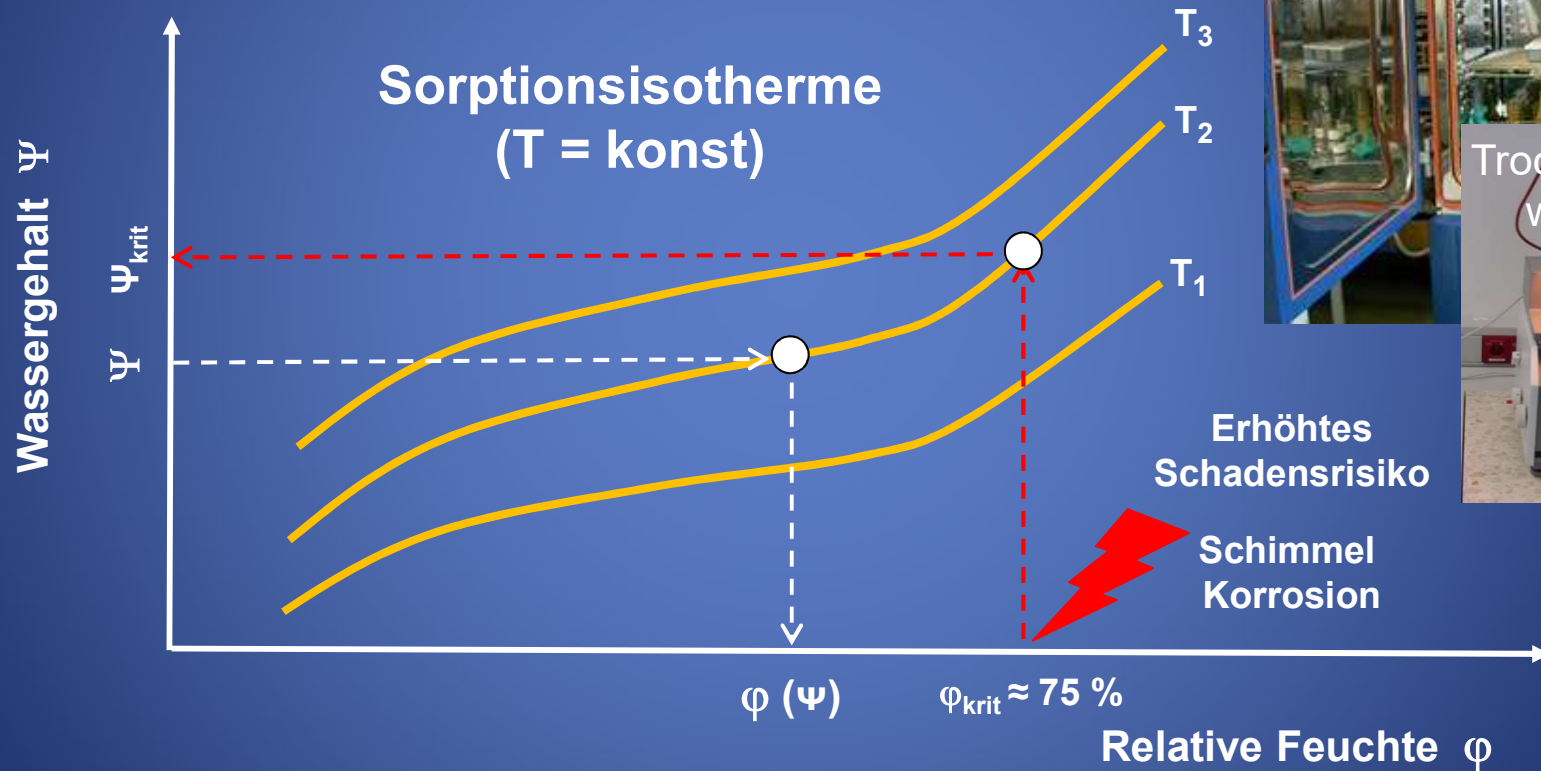
➤ Lagerung im geschlossenen Raum

=> Wechselwirkung durch hygroskopische Güter bestimmt

=> Feuchtegleichgewicht des Raumklimas zum Wassergehalt des Gutes



Spezifizierung der Gleichgewichtsfeuchte
im geschlossenen Raum in
Abhängigkeit von Gut und Wassergehalt

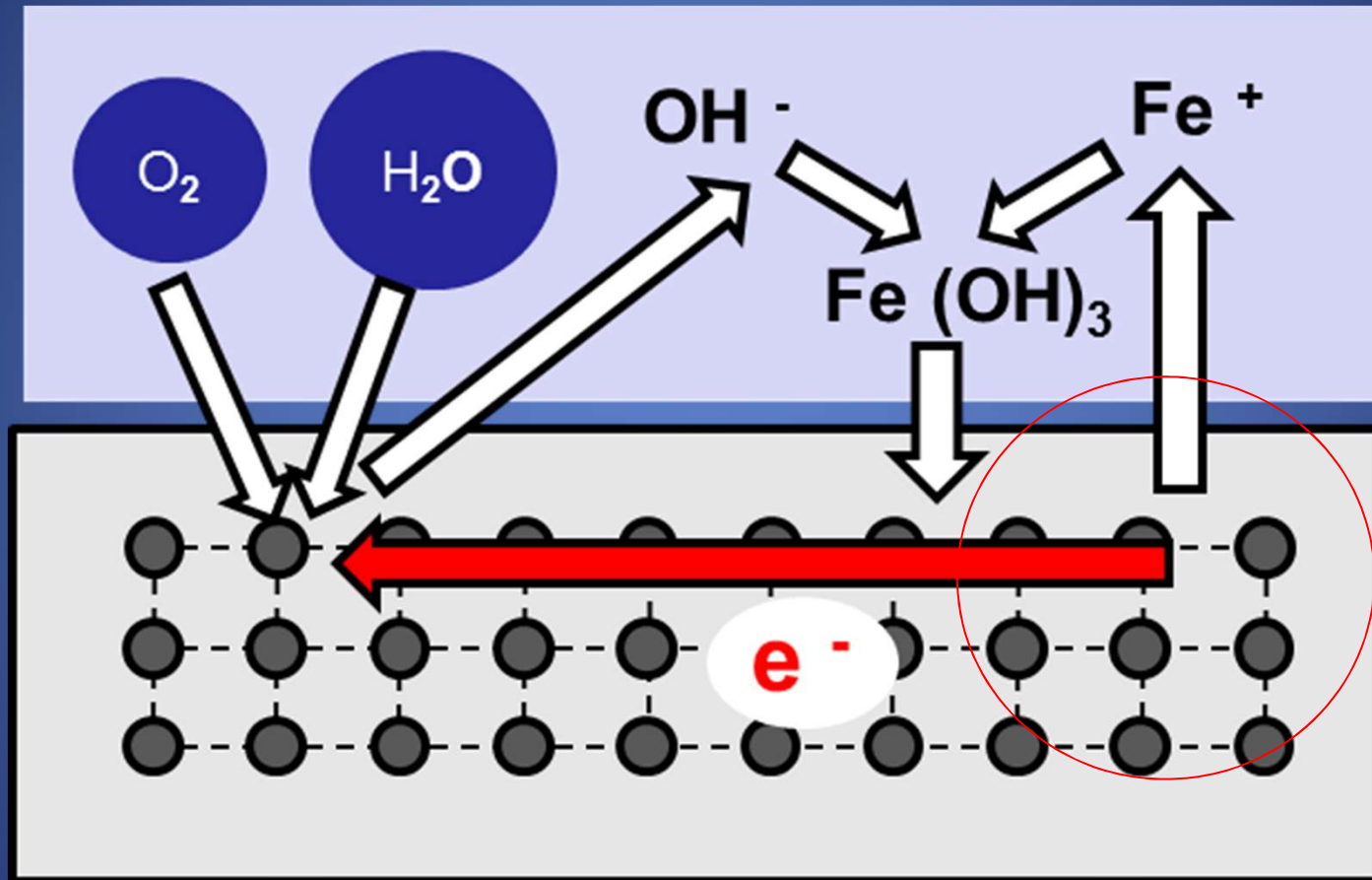


Klimaschrank

Trocknungs-
waage



Elektrolytbildung an der Metalloberfläche bei
kritischer Luftfeuchtigkeit / Kondenswasserbildung
=> Elektrochemische Reaktion



- Kenntnisse über das Eigenschaftsprofil des zu verpackenden Gutes, Klimabedingungen während des Transportes, Transportdauer, äußere Einflüsse,...
- Reduzierung eingebrachter Feuchtigkeit in geschlossene Räume (Container / Sperrschichtkapselung)
- Vermeidung der Unterschreitung der Taupunkttemperatur feuchter Luft an Ladungsoberflächen und Containerinnenwänden
- Vermeidung korrosionsfördernder Einflüsse durch Verunreinigungen, Seewasser und Fingerschweiß
- Ergreifen temporärer Korrosionsschutzmaßnahmen in Abhängigkeit der Besonderheiten des Anwendungsfalls
- ...

Trockenmittel- methode



Reduzierung der Luftfeuchtigkeit im Inneren einer das Gut einschließenden Sperrschichthülle durch Adsorption von Wasserdampf

- Sperrschichthülle mit begrenzter WDD erforderlich
- Dimensionierung auf Basis von TME nach DIN
- Wirksamkeitsnachweis durch Feuchtigkeitsanzeiger
- Abhängigkeit der Funktionalität von Unversehrtheit der Sperrschichthülle, Transportdauer und Temperatur

Volatile Corrosion Inhibitor (VCI)



Ablagerung eines sich verflüchtigenden Wirkstoffes auf der Metalloberfläche im Inneren einer Sperrschichthülle mit Unterbindung der elektrochem. Reaktion

- Sperrschichthülle erforderlich
- Erneuerung des Sättigungsdampfdruckes (bei temp. Öffnung der Sperrschichthülle)
- Metallspezifische Wirkstoffwirksamkeit mit begrenzter Durchdringungstiefe (Abstand)
- Fehlender Indikator zum Nachweis hinreichender Wirkstoffangebote (=> Sättigung)

Schutzschicht- methode



Aufbringen einer Schutzschicht zwischen Metalloberfläche und Elektrolyt
Passiver Korrosionsschutz

Intercept



Kupfer-Polymerfolien zur Neutralisation korrosiver Gase (S, Cl.) in der geschlossenen Folienhülle
Aktiver Korrosionsschutz

FEUCHTE IM WARENTRANSPORT
AM BEISPIEL CONTAINER

0:00 / 2:22

Freies Lernen Geführtes Lernen Nachschlagewerk

TRANSPORTSCHUTZMASSNAHMEN

Trockenmittel-
methode VCI-Methode Schutzschicht-
methode

Garniere Allgemeingültige
Empfehlungen Quiz

https://www.tis-gdv.de/tis/e_learn/index.html

- Auf Basis physikalischer Gesetzmäßigkeiten kann die Feuchte in geschlossenen Räumen im Hinblick auf die Bewertung einer möglichen Korrosionsgefahr quantifiziert werden.
- Bei Durchlaufen einer Transportkette unterliegt die Feuchte einer Abhängigkeit zu unterschiedlichen Einflußfaktoren (Zeit, Temperatur, etc.). Als Folge zeigt die im Rahmen von Transportüberwachungen (z.B. Datenlogger) aufgezeichnete Feuchte bei Verzicht auf Transportraumklimatisierungen einen sich verändernden Verlauf.
- Im Hinblick auf die Vermeidung feuchtigkeitsbedingter Transportschäden erfordern die durch das Gut, Verpackung, Ladungsträger in einen geschlossenen Raum eingebrachten Wassermassen besondere Beachtung, da sich hiermit der wesentliche Einfluß auf das sich einstellende Feuchtegleichgewicht verbindet.
- Zur Vermeidung feuchtigkeitsbedingter Transportschäden in Form von Korrosion stehen heute temporäre Schutzmaßnahmen mit unterschiedlichen Wirkprinzipien und Funktionalitätsanforderungen zur Verfügung. Die Auswahl der geeigneten Schutzmaßnahme erfordert Kenntnisse über die durch den Anwendungsfall bestimmten Anforderungen.

Herzlichen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit