

# Wassertransport durch Diffusion in Feststoffen

insbesondere in  
Baustoffen  
Kunststoffen  
Beschichtungen

von H. Klopfer

Dr.-Ing. habil, Privatdozent an der Universität Stuttgart,  
Leiter der Abteilung Anstriche und Kunststoffbeschichtungen  
des Otto-Graf-Instituts

BAUVERLAG GMBH WIESBADEN UND BERLIN

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	
1. Grundlegendes über das Wassermolekül	.1
2. Der Wassergehalt im Gleichgewicht	.7
2.1 Relative Luftfeuchte und Sorptionsisotherme	.7
2.2 Die Adsorptionstheorie	.11
2.3 Die Löslichkeitstheorie	.16
2.4 Sorptionsisothermen poröser Stoffe	.20
2.5 Sorptionsisothermen organischer Polymerer	.23
2.6 Hygrische Volumen- und Längenänderungen	.29
3. Die Mechanismen des Wassertransports in Stoffen	.35
3.1 Grundlegende Begriffe	.35
3.2 Laminare Sickerströmung	.37
3.3 Elektrokinetischer Wassertransport	.42
3.4 Kapillarität	.46
3.4.1 Oberflächenspannung und Randwinkel	.46
3.4.2 Einfache Kapillaritätserscheinungen	.49
3.5 Diffusion	.52
3.5.1 Das Wesen von Diffusionserscheinungen	.52
3.5.2 Lösungsdiffusion	.56
3.5.3 Wasserdampfdiffusion	.59
3.5.4 Oberflächendiffusion	.64
3.6 Zusammenwirken verschiedener Transportmechanismen	.67
3.7 Die Leistungsfähigkeit der Wassertransport-Mechanismen	.73
4. Wasserdampfdiffusion im Temperaturgleichgewicht	.77
4.1 Die Diffusionswiderstandszahl $p$	.77
4.2 Bestimmungsmethoden für $W$ und $j_u$	.79
4.3 Theorie der Diffusion durch heterogene Schichten	.86
4.3.1 Schichten parallel zur Diffusionsrichtung	.86
4.3.2 Schichten senkrecht zur Diffusionsrichtung	.87
4.3.3 Schichten in Zellstruktur	.89
4.3.4 Doppelschicht mit Fehlstellen	.91
4.4 Fehlstellen in Beschichtungen	.93
4.5 Wasserdampfdiffusion in porösen Gebilden	.98
4.6 Weitere Einflüsse auf die Diffusionswiderstandszahl	.102
5. Wasserdampfdiffusion im Temperaturgefälle	.109
5.1 Das Glaser-Verfahren	.109
5.1.1 Der Grundgedanke des Verfahrens	.109
5.1.2 Die generelle Situation bei Außenwänden beheizter Räume	.113

5.1.3 Berechnung des zulässigen Diffusionswiderstandes von Fassadenanstrichen	.115
5.1.4 Ergebnisse der Diffusionsberechnungen und Beurteilung	.120
5.2 Der Einfluß von Verdunstungskälte und Kondensationswärme	.123
5.3 Stoff- und Wärme-Übergang an freien Oberflächen	.126
5.4 Weitere Fälle von Wasserdampfdiffusion im Temperaturgefälle	.128
<b>6. Diffusion bei konstantem Diffusionskoeffizienten</b>	<b>.133</b>
6.1 1. und 2. Fick'sches Gesetz	.133
6.2 Lösungen für einseitig begrenzte Wegkoordinaten	.136
6.2.1 Sorption und Desorption bei kleiner Wirkungstiefe	.136
6.2.2 Periodische Veränderung der Oberflächenkonzentration	.142
6.3 Lösungen für Wegkoordinaten begrenzter Länge	.145
6.3.1 Normierung und allgemeiner Lösungsansatz	.145
6.3.2 Desorption aus einer ebenen Schicht	.150
6.3.3 Verallgemeinerung der Lösung gemäß Abschnitt 6.3.2	.155
6.3.4 Stationäre und instationäre Permeation	.158
6.3.5 Sorption und Desorption bei Zylinder- und Kugelgeometrie	.162
<b>7. Konzentrationsabhängige Diffusion</b>	<b>.165</b>
7.1 Aufstellung eines Exponentialgesetzes	.165
7.2 Die Kennwerte $\epsilon$ und $D$	.169
7.3 Stationäre Permeation	.173
7.4 Berechnung instationärer Diffusionsvorgänge	.177
7.4.1 Die Differentialgleichung	.177
7.4.2 Die numerische Behandlung von Gleichung (7.30)	.180
7.5 Instationäre Diffusion in ebenen Schichten	.182
7.5.1 Die Konzentrationsfelder	.182
7.5.2 Kinetik der Sorptions- und Desorptionsvorgänge	.186
7.5.3 Kinetik der Permeationsvorgänge	.191
7.6 Instationäre Diffusion bei Zylinder- und Kugelgeometrie	.196
7.7 Lösemitteldiffusion in organischen Polymeren	.197
<b>8. Anhang</b>	<b>.203</b>
8.1 Konzentrationsfelder $x$ ( $\epsilon$ , $\epsilon$ )	.203
8.1.1 Desorption bei kartesischen Koordinaten	.203
8.1.2 Sorption bei kartesischen Koordinaten	.206
8.1.3 Permeation bei kartesischen Koordinaten	.209
8.1.4 Sorption bei Zylinderkoordinaten	.212
8.1.5 Sorption bei Kugelkoordinaten	.215
8.2 Tabellen	.218
Literaturverzeichnis	.225
Sachwortregister	.232