



Eberhard Kurz (Autor)

## Herstellungsschritte großflächiger Flüssigkristallzellen für intelligente Gebäudeverglasungen



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7790>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen und Formelzeichen</b>	<b>7</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>11</b>
<b>Abstract</b>	<b>12</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>13</b>
<b>2. Grundlagen</b>	<b>15</b>
2.1. Polarisation von Licht . . . . .	15
2.1.1. Polarisationszustände . . . . .	16
2.1.2. Polarisiertes Licht und optisch anisotropes Medium . . . . .	17
2.1.3. Polarisationsfilter . . . . .	18
2.2. Flüssigkristall . . . . .	18
2.2.1. Thermotroper Flüssigkristall . . . . .	19
2.2.2. Lyotroper Flüssigkristall . . . . .	20
2.2.3. Orientierungsmechanismen des nematischen, thermotropen Flüssigkristalls . . . . .	21
2.3. Verdrillt-nematische Flüssigkristallzellen . . . . .	22
2.3.1. Aufbau . . . . .	22
2.3.2. Funktionsprinzip . . . . .	23
2.3.3. Optische Eigenschaften . . . . .	24
2.3.4. Betriebsarten . . . . .	26
2.3.5. Elektrooptische Eigenschaften . . . . .	26
2.4. Dünnschichtpolarisator . . . . .	27
2.4.1. Chemischer Aufbau . . . . .	27
2.4.2. Stabilisierung . . . . .	28
2.4.3. Optisches Funktionsprinzip . . . . .	29
2.5. Kathodenzerstäubungsverfahren . . . . .	30
2.6. Transparente leitfähige Oxide . . . . .	31
2.7. Grundlagen der Strömungsmechanik . . . . .	32
2.7.1. Grundgrößen . . . . .	32
2.7.2. Grundgleichungen . . . . .	34
2.7.3. Die Poiseuille-Strömung . . . . .	36
2.7.4. Die Couette-Strömung . . . . .	37



2.7.5.	Randbedingungen und Kennzahlen . . . . .	38
2.7.5.1.	Die kinematischen Randbedingungen . . . . .	38
2.7.5.2.	Die dynamischen Randbedingungen . . . . .	39
2.7.5.3.	Kennzahlen . . . . .	40
2.8.	Beschichtungsverfahren für Nassfilmbeschichtungen . . . . .	42
2.8.1.	Grundlagen der Schlitzdüsenbeschichtung . . . . .	42
2.8.1.1.	Geometrie der Benetzung . . . . .	43
2.8.1.2.	Strömungen . . . . .	44
2.8.1.3.	Druckbilanz . . . . .	46
2.8.2.	Das Spiralraketbeschichtungsverfahren . . . . .	49
<b>3.</b>	<b>Auslegung der Flüssigkristallzelle</b>	<b>51</b>
3.1.	Technische Anforderungen . . . . .	51
3.2.	Wirtschaftliche Anforderungen . . . . .	51
3.3.	Aufbau der Flüssigkristallzelle . . . . .	52
3.3.1.	Materialien . . . . .	53
3.3.2.	Prozesse . . . . .	53
<b>4.</b>	<b>Alternatives Elektrodenmaterial</b>	<b>55</b>
4.1.	Abscheidung und Nachbehandlung von AZO . . . . .	55
4.1.1.	Temperaturnachbehandlung bei höheren Temperaturen und unterschiedlicher Atmosphäre . . . . .	59
4.1.2.	Nachbehandlung durch Laserkristallisation . . . . .	60
4.1.3.	Variation der Schichtdicke . . . . .	61
4.2.	Verträglichkeit von AZO mit LFK . . . . .	63
4.3.	Bewertung von AZO für großflächige LC-Zellen im Vergleich zu ITO . . . . .	64
<b>5.</b>	<b>Schichtauftrag des Polarisators</b>	<b>67</b>
5.1.	Voraussetzungen für die Schichterzeugung . . . . .	67
5.1.1.	Anforderungen aufgrund des LFK-Polarisators . . . . .	67
5.1.2.	Anforderungen aufgrund des Glassubstrats . . . . .	72
5.1.3.	Anforderungen bezüglich der Wirtschaftlichkeit . . . . .	72
5.2.	Auswahl eines Auftragsverfahrens – Schlitzdüsenbeschichtung . . . . .	73
5.3.	Auftragssystem . . . . .	74
5.3.1.	Schlitzdüse . . . . .	75
5.3.2.	Versorgungssystem . . . . .	75
5.3.3.	Portalsystem . . . . .	76
5.3.4.	Beschichtungsparameter . . . . .	76
5.3.5.	Einschränkungen durch Beschichtungssystem . . . . .	76
5.4.	Auswertung einer Beschichtung . . . . .	77
5.4.1.	Bewertung des Beschichtungs Vorgangs . . . . .	77
5.4.2.	Bestimmung der Trockenschichtdicke . . . . .	78
5.4.3.	Optische Bewertung . . . . .	78



5.5.	Parameterbereiche für stabile Beschichtungen . . . . .	79
5.5.1.	Vorbereitende Untersuchungen und Annahmen . . . . .	81
5.5.1.1.	Approximation der Viskositätswerte . . . . .	81
5.5.1.2.	Ermittlung des Schichtdickenverhältnisses zwischen Nassschicht und Trockenschicht . . . . .	82
5.5.1.3.	Einfluss des Differenzdrucks auf den Volumenstrom . . . . .	84
5.5.2.	Low-Flow-Limit . . . . .	86
5.5.3.	Visko-kapillares Stabilitätskriterium . . . . .	88
5.6.	Beschichtung mit verminderter Viskosität . . . . .	90
5.7.	Gesamtbewertung des Schlitzdüsenbeschichtungsverfahrens . . . . .	93
5.8.	Schichteigenschaften . . . . .	95
5.8.1.	Schichthaftung . . . . .	96
5.8.2.	Chemische Empfindlichkeit . . . . .	97
5.8.3.	Fotolithografische Strukturierung . . . . .	97
<b>6.</b>	<b>Orientierungsschicht</b>	<b>99</b>
6.1.	Polyimid als Orientierungsschicht . . . . .	99
6.1.1.	Herstellungsprozess . . . . .	99
6.2.	LFK-Polarisator als Orientierungsschicht . . . . .	100
6.2.1.	Vergleich mit PI-Orientierungsschicht . . . . .	100
6.2.2.	Reiben der LFK-Orientierungsschicht . . . . .	101
<b>7.</b>	<b>Skalierbare Füllverfahren</b>	<b>105</b>
7.1.	Klassisches Füllverfahren . . . . .	105
7.1.1.	Abschätzung der Prozessdauer . . . . .	106
7.2.	Alternatives Füllverfahren ohne Vakuumeinsatz . . . . .	112
7.3.	ODF-Füllverfahren . . . . .	114
7.3.1.	Grundprinzip . . . . .	115
7.3.2.	Flüssigkristallmengen . . . . .	116
7.3.3.	Anforderungen an den Vakuumdruck . . . . .	118
7.3.4.	Verpressen der Substrate . . . . .	120
7.3.4.1.	Verpressen in Kunststoffbeutel . . . . .	121
7.3.5.	Bewertung . . . . .	123
<b>8.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>125</b>
<b>A.</b>	<b>Nassfilmdicke beim Spiralraketbeschichtungsverfahren</b>	<b>127</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>129</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>133</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>137</b>