

Thorsten Doering

Altes Papier – Neue Techniken

Zerstörungsfreie Untersuchungen von Papier
mit Festphasenmikroextraktion (SPME)



BWV · BERLINER WISSENSCHAFTS-VERLAG

Vorwort der Herausgeber	5
Kurzfassung	7
Abstract	8
1 Einleitung und Zielsetzung	13
2 Alterung von Papier	17
2.1 Chemische Abbaureaktionen	17
2.1.1 Hydrolyse	17
2.1.2 Oxidation	17
2.1.3 Quervernetzung	20
2.1.4 Alkalischer Abbau	20
2.2 Künstliche Alterung	21
2.2.1 Theorie	21
2.2.1 Dynamische Alterung	23
3 Festphasenmikroextraktion (SPME)	25
3.1 Methodik	25
3.2 Faserbelegung und -eigenschaften	27
3.2.1 Flüssige Phasen	28
3.2.2 Mischungen mit porösen Partikeln	28
3.2.3 Effekt der Faserpolarität und -porosität	28
4 Probenahmesysteme	31
4.1 Verbundfolien	31
4.2 Probenahmebeutel für Luftanalytik	35
4.3 SPME/GC-Voruntersuchungen an natürlich gealterten Büchern	36
4.3.1 Jahrbuch 1892 mit Einband	36
4.3.2 Französisches Buch 1902 mit loseem Einband	37
4.4 Glasgefäße für Probenahmesysteme	39

5 Künstliche dynamische Alterung	43
5.1 Dynamische Alterungsmethode	44
5.2 Einfluss der relativen Feuchte auf das SPME-Extraktionsverhalten...	46
5.3 Extraktionszeitvergleich	48
5.4 Alterung von holzschliffhaltigem Papier	48
5.4.1 Leitsubstanzen	57
5.4.2 Quantifizierung von Leitsubstanzen	57
5.4.2.1 Interne Normierung	58
5.4.2.2 Integralflächen	61
5.4.2.3 Normierung auf die Essigsäure-Peakfläche	63
5.4.3 Zusammenfassung	64
5.5 Extraktionseigenschaften verschiedener SPME-Fasertypen	66
5.6 Einfluss des Extraktionsortes	69
5.7 Untersuchungen mit Standardprüfverfahren	72
5.7.1 Ergebnisse der Standardprüfverfahren	72
5.7.2 Ergebnisse der Standardprüfverfahren – Vergleich mit den SPME-GC-Befunden	77
5.8 Vergleich zwischen dynamischer und statischer Alterung	79
5.9 Whatman-Filterpapier	82
6 Natürliche vs. künstlich dynamische Alterung	87
6.1 Chemisches Zentralblatt	87
6.2 Korrelation von natürlicher mit künstlicher dynamischer Alterung	91
6.3 Zusammenfassung	94
7 Entsäuerung	95
7.1 Entsäuerung von Papieren in Massenverfahren und anschließende künstliche Alterung	95
7.1.1 Entsäuerung und künstliche Alterung von Papier	96
7.2 Untersuchungen der entsäuerten Papiermaterialien mit SPME-GC...	98
7.2.1 Fichtenholzschliffpapier	98
7.2.1.1 Entsäuertes Fichtenholzschliffpapier – <i>nicht künstlich gealtert</i>	98
7.2.1.2 Entsäuertes und anschließend künstlich gealtertes Fichtenholzschliffpapier	101

7.2.2 Handelsblatt.....	108
7.2.2.1 Entsäueretes Handelsblatt – <i>nicht künstlich gealtert</i>	108
7.2.2.2 Entsäueretes und anschließend künstlich gealtertes Handelsblatt.....	110
7.2.3 Zusammenfassende Wertung der einzelnen Massenentsäuerungsverfahren	117
7.3 Untersuchungen mit spektroskopischen Verfahren	118
7.4 Untersuchungen mit Standardprüfverfahren	119
7.4.1 Standardprüfverfahren an entsäuerten und künstlich gealterten Papieren	119
Zusammenfassung	127
7.4.2 Vergleich zwischen dynamischer und statischer Alterung	127
8 Experimenteller Teil	131
Materialien und Messgeräte	131
8.1 Dynamische Alterungsmethode – Klima-Untersuchungen	133
8.1.1 Verlauf der relativen Feuchte in einem leeren Exsikkator	133
8.2 Prüfung auf Emanationen.....	135
8.2.1 Verbundfolien.....	135
8.3 Variation der Parameter bei der SPME	142
8.3.1 Einfluss der Extraktionsdauer.....	142
8.3.2 Einfluss der relativen Feuchte auf das Extraktionsverhalten.....	145
9 Ergebnis und Zusammenfassung	147
10 Literatur	149