

VII

I N H A L T

	Seite
1.	Einleitung 1
2.	Modelle zur hydrologischen Kurzfristvorhersage 3
2.1	Pegelbezugslinienverfahren und Regressionsmodelle 3
2.2	Blockmodelle 5
2.3	Abflußmodelle und Flußgebietsmodelle 8
3.	Allgemeine Anmerkungen zum Wiener-Filter und zur multiplen Frequenz-Response-Analyse 10
3.1	Der Begriff der Filterung 10
3.2	Besonderheiten des Wiener-Filters 13
3.3	Besonderheiten der multiplen Frequenz-Response-Analyse 17
4.	Das Wiener-Filter 20
4.1	Vorbemerkungen 20
4.2	Das Wiener-Filter bei einem Eingang und einem Ausgang 22
4.2.1	Modellannahmen und der Begriff der Faltung 22
4.2.2	Berechnung der Übertragungsfunktion des Wiener-Filters nach der Methode der kleinsten Quadrate 26
4.2.3	Filterlänge und Filtergüte 31
4.2.4	Anmerkungen zur Bestimmungsgleichung der Übertragungsfunktion 33
4.3	Das Wiener-Filter bei beliebig vielen Eingängen und einem Ausgang, das Wiener-Mehrkanafilter 35

VIII

	Seite	
4.4	Das Wiener-Mehrkanalfilter bei mehr als einem Ausgang	39
4.5	Anmerkung zum Wiener-Mehrkanalfilter	40
4.5.1	Filterlänge	41
4.5.2	Bewichtung der Kovarianzen und Überlagerung der Eingänge mit weißem Rauschen	42
4.6	Erweiterung des Wiener-Mehrkanalfilters zur Vorhersage	45
4.7	Zahlenbeispiele zum Wiener-Mehrkanalfilter	47
4.7.1	Berechnung eines Mehrkanalfilters zur reinen Filterung	49
4.7.2	Berechnung eines Mehrkanalfilters zur Vorhersage	57
4.7.3	Berechnung eines speziellen Mehrkanal-Formfilters	61
4.7.4	Zusammenfassung der Ergebnisse der Zahlenbeispiele	65
4.8	Aktuelle Wasserstands- und Abflußvorhersagen	67
4.8.1	Anmerkungen zur Vorhersagenerstellung	68
4.8.2	Tägliche Abflußvorhersage am Rheinpegel Kaub	70
4.8.3	Wasserstandsvorhersage am Rheinpegel Koblenz	81
4.8.3.1	Anmerkungen zur aktuellen Datenbeschaffung	89
4.8.3.2	Ergebnisse der aktuellen Wasserstandsvorhersage	90
4.9	Nachträgliche Wasserstandsvorhersagen an weiteren Rheinpegeln	108
4.9.1	Rheinpegel Speyer bis Andernach	109
4.9.1.1	Verbesserung der Vorhersage durch Glättung der Kovarianzen und Rauschüberlagerung am Beispiel des Pegels Mainz	114

	Seite	
4.9.2	Rheinpegel Bonn bis Emmerich	117
4.9.2.1	Vorhersage am Pegel Düsseldorf und Standardabweichung der Vorhersagefehler	128
4.9.3	Ergänzung fehlender Eingangsdaten während einer Hochwasservorhersage	136
5.	Die Frequenz-Response-Analyse	138
5.1	Vorbemerkungen	138
5.2	Berechnung der Übertragungsfunktion eines linearen zeitinvarianten Systems im Zeit- und Frequenzbereich	139
5.2.1	Ermittlung der Frequenz-Response-Funktion aus den Fourier-Transformierten des Systemeingangs und des Systemausgangs	139
5.2.2	Ermittlung der Frequenz-Response-Funktion aus den Fourier-Transformierten der Autokovarianz- und der Kreuzkovarianzfunktion	144
5.3	Berechnung diskreter Werte der Frequenz-Response-Funktion und der Übertragungsfunktion	150
5.3.1	Kovarianzen und das Leistungsspektrum	150
5.3.2	Das Kreuzleistungsspektrum	154
5.3.3	Die Frequenz-Response-Funktion und die Übertragungsfunktion	155
5.3.4	Erweiterung auf beliebig viele Eingänge, die multiple Frequenz-Response-Analyse	158
5.3.4.1	Abschätzung der multiplen Kohärenzfunktion	161
5.4	Aktuelle Abflußvorhersagen	163
5.4.1	Die multiple Frequenz-Response-Analyse als Vorhersagemodell	163
5.4.2	Tägliche Abflußvorhersagen am Rheinpegel Kaub	165

	Seite	
6.	Vergleich der Mehrkanalfilterung mit der multiplen Frequenz-Response-Analyse am Beispiel von Wasserstandsvorhersagen am Rheinpegel Koblenz	169
6.1	Anwendung der Mehrkanalfilterung	176
6.2	Berechnung der Spektren, der Frequenz-Response-Funktionen und der Übertragungsfunktionen mit Hilfe der multiplen Frequenz-Response-Analyse	183
6.3	Vergleich der im Frequenz- und Zeitbereich berechneten Übertragungsfunktionen	196
6.4	Vergleich der Wasserstandsvorhersagen	205
7.	Weitere Anwendungsmöglichkeiten der Ein- und Mehrkanalfilterung	211
7.1	Ergänzung von Abflußreihen	211
7.2	Simulation von Abflußreihen	216
7.3	Dekonvolution von Abflußreihen	220
7.3.1	Modellannahmen	222
7.3.2	Das Wiener-Dekonvolutionsfilter	224
7.3.3	Das Vorhersagefehlerfilter	226
7.3.4	Das verallgemeinerte Dekonvolutionsfilter	232
8.	Schlußfolgerungen	239
	Literaturverzeichnis	243