

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Ausgangspunkt der Arbeit	3
1.2 Gliederung der Arbeit	7
2 Grundlagen	11
2.1 Digitale Bilddatenrestaurierung im Kontext inverser Probleme	11
2.2 Mathematische Beschreibung des Bildrestaurierungsproblems	15
2.3 Analyse diskreter, schlecht gestellter Entfaltungsprobleme	20
2.3.1 Problemcharakterisierung und -analyse durch Singulärwertzerlegung .	22
2.3.2 Alternative orthogonale Zerlegungen - die Spektralwertzerlegung . .	30
2.3.3 Ill-posed-Charakter mehrstufiger Datenentstehungsmodelle	34
2.3.4 Zusammenfassung	38
3 Charakterisierung von Datenentstehungsprozessen	41
3.1 Deterministische Modellierung von Datenentstehungsprozessen	44
3.1.1 Beschreibung der Unschärfe wirkung im Datenentstehungsprozess . .	44
3.1.2 Die Rolle nichtlinearer, deterministischer Einflüsse im Datenentste- hungsprozess	58
3.1.3 Schlussfolgerungen für das Anwendungsszenario „Himmelsüberwachung“	60
3.2 Statistische Modellierung von Datenentstehungsprozessen	64
3.2.1 Allgemeine statistische Beschreibung stochastischer Messunsicherheiten	66
3.2.2 Der Gauß-Prozess	67
3.2.3 Der Poisson-Prozess	68
3.2.4 Statistische Eigenschaften von Zufallsfeldern	70
3.2.5 Die Rolle statistischer Modelle zur Bewertung von Lösungskonfigura- tionen	73
3.2.6 Messunsicherheiten im Kontext inverser Probleme	75
3.2.7 Schlussfolgerungen für das Anwendungsszenario „Himmelsüberwachung“	78

4 Problemregularisierung & Lösungsaufbaumodelle	85
4.1 Regularisierungsansatz nach Tikhonov-Miller	87
4.2 Systematischer Überblick zu Lösungsaufbaumodellen	89
4.2.1 Deterministische Lösungsaufbaumodelle für astronomische Szeneninhalte	95
4.2.2 Statistische Lösungsaufbaumodelle für astronomische Szeneninhalte	99
4.3 Lösungsaufbaumodelle für das Anwendungsszenario „Himmelsüberwachung“ .	108
5 Überblick zu Bildrestaurationsverfahren	113
5.1 Direkte Ansätze zur regularisierten Problemlösung	114
5.2 Indirekte Ansätze zur regularisierten Problemlösung	119
5.3 Probabilistische Problembeschreibungen - Bayesscher Ansatz	126
6 Regularisierung durch freiheitsgradbeschränkte Lösungsaufbaumodelle	137
6.1 Freiheitsgradbeschränkung als Regularisierungsprinzip	137
6.2 Das Pixonen-Prinzip im Kontext Bayesscher Schätzverfahren - Occain's Razor	144
6.3 Der generalisierte Maximum-Entropie-Prior - das uniforme Pixonen-Modell .	148
6.4 Das Prinzip des Lösungsaufbaus mit einem Fuzzy-Pixonen-Modell	150
6.5 Die Pixonenmethode	153
6.6 Freiheitsgradbeschränkte, vollständig parametrische Lösungsbeschreibungen .	161
6.6.1 Bayessche Ableitung der Signal-Modell-Paarungen des parametrischen Fuzzy-Pixonen-Modells	162
6.6.2 Optimierungsfunktionale zur Bestimmung problemoptimaler, parametrischer Lösungskonfigurationen	169
6.6.3 Das mehrstufige, zyklische Lösungsverfahren	172
6.6.4 Erweitertes Fuzzy-Pixonen-Modell mit parametrischer Signalentkopplung	190
6.6.5 Freiheitsgrad-regularisierte Entfaltung mit multivariaten pixonenbasierten Lösungsaufbaumodellen	197
6.6.6 Realisierung einer kontinuierlichen Pixonenbasis aus approximierten Aufbauelementen	210
6.6.7 Analyse der Verfahrenskomplexität	222
7 Restauration digitalisierter Fotoplatten des Sonneberger Archivs	233
7.1 Einleitung	233
7.2 Charakterisierung der Datengrundlage	237
7.3 Das mehrstufige Datenentstehungsmodell der Sonneberger Plattendaten . . .	249
7.3.1 Deterministische Beschreibung der Datenentstehung	253

7.3.2	Statistische Beschreibung der Datenentstehung	265
7.3.3	Zusammenfassung	273
7.4	Ergebnisse	276
7.4.1	Restaurierung im Plattenrandbereich mit stark unsymmetrischem Punktbild	277
7.4.2	Zentraler Plattenausschnitt mit varierender Sterndichte	283
7.4.3	Fotometrische Bewertung des Restaurierungsschrittes	286
7.4.4	Freiheitsgradregularisiertes Denoising	290
7.5	Anmerkungen zu Verfahrenslaufzeiten	294
8	Zusammenfassung und Ausblick	297
A	Gradienten der Optimierungsfunktionale	303
A.1	Δ -Gradienten des parametrischen Fuzzy-Pixonen-Modells	306
A.2	O^S -Gradienten des parametrischen Fuzzy-Pixonen-Modells	310
B	Aufbauelemente parametrischer Fuzzy-Pixonen-Basen	313
B.1	Elemente der gaußförmigen Fuzzy-Pixonen-Basis	314
B.1.1	Univariate, rotationssymmetrische Aufbauelemente	314
B.1.2	Multivariate, anisotrope Aufbauelemente	318
B.2	Elemente der parabolischen Fuzzy-Pixonen-Basis	321
B.2.1	Univariate, rotationssymmetrische Aufbauelemente	321