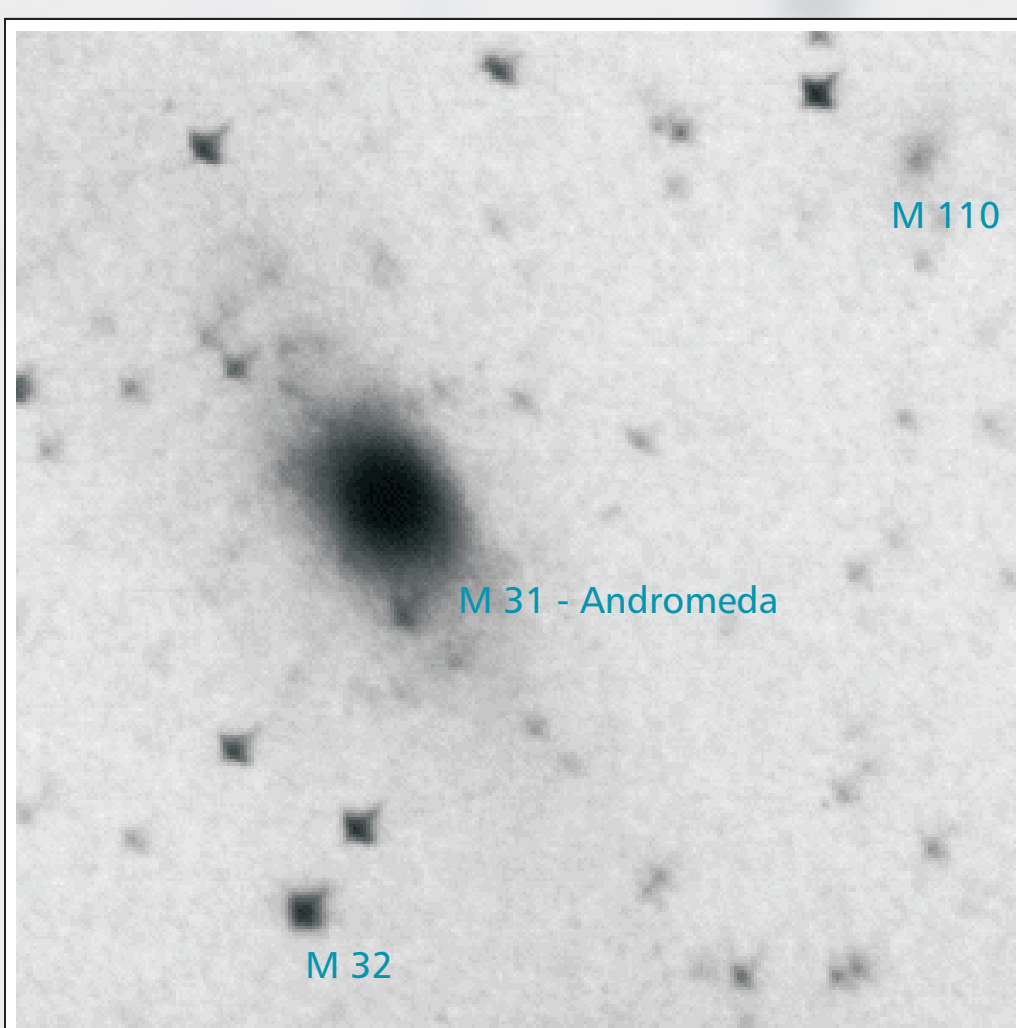


Digitale Bildrestauration gescannter Fotoplatten mit einem pixonenbasierten Ansatz



M31-Galaxie einschließlich ihrer Begleitgalaxien M32 und M110 in einem gescannten Plattenbereich mit stark unsymmetrischer PSF (Mit freundlicher Genehmigung der Sternwarte Sonneberg)

Astronomische Himmelsüberwachungsaufnahmen werden gewöhnlich mit der Zielstellung gemacht, die aufgenommenen stellaren Objekte photometrisch und astrometrisch auszuwerten. Hierbei stellt sich die Frage, ob diese Auswertung, die heutzutage häufig mit automatischer Such- und Klassifikationssoftware, wie z.B. SExtraktor, erfolgt, durch die vorherige Anwendung von Verfahren zur digitalen Bildrestauration sinnvoll unterstützt werden kann. Es ist beispielsweise denkbar, durch Verringerung oder Kompensation des auflösungsbegrenzenden Einflusses des Aufnahmesystems photometrische Aussagen exakter zu gewinnen, da in diesem Fall aufgrund der kleineren Messaperturen eine bessere Trennung benachbarter Objekte und eine Verringerung des Hintergrundeinflusses möglich ist. Zudem erhöht sich die Detektionsschwelle für sehr lichtschwache Objekte. Andererseits werden korrekte Aussagen oft erst dann möglich, nachdem zusätzlich wirksame nichtlineare Verzerrungen bei der Bildentstehung, z.B. durch einen photographischen Film, korrigiert sind. Die wichtigste

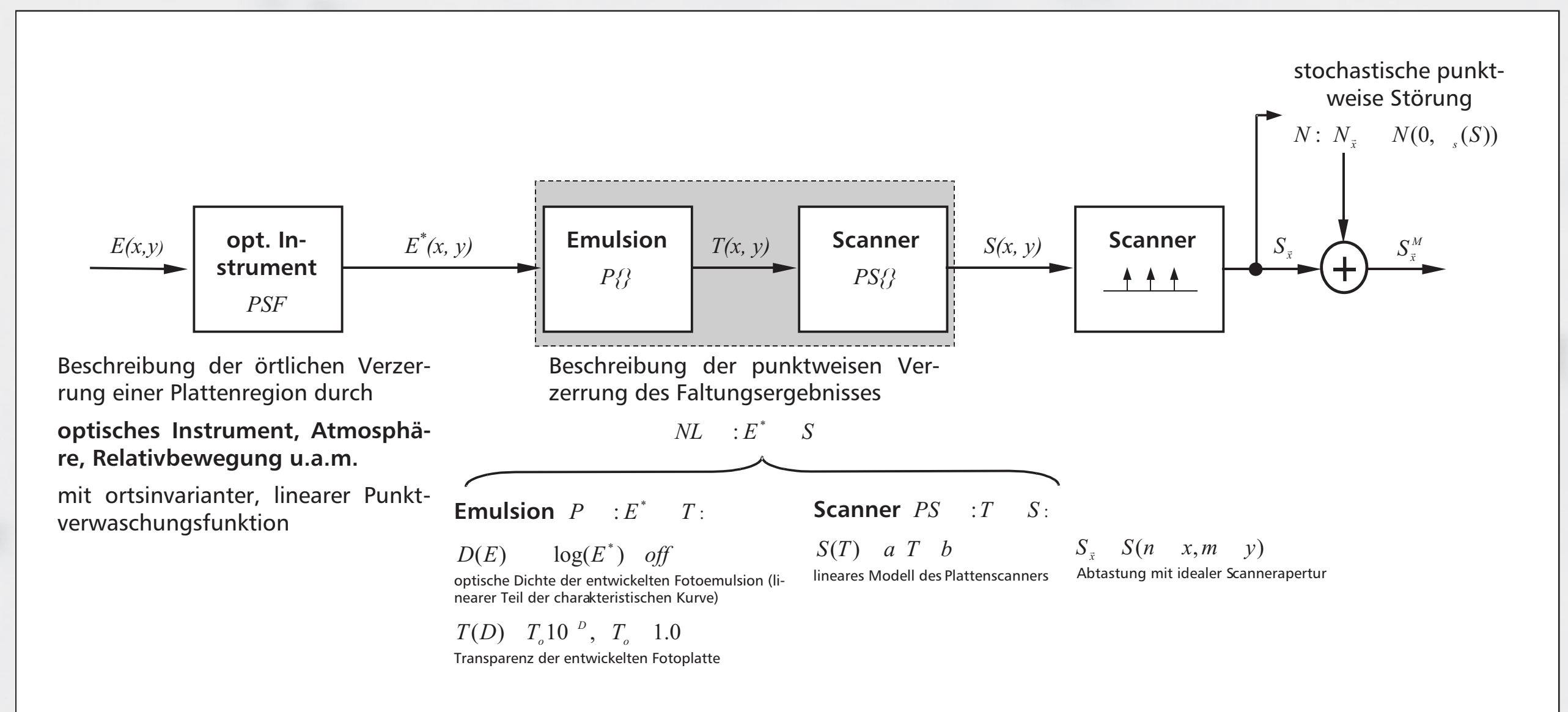
Voraussetzung, um aus dem Bildmaterial die relevanten Informationen mit hoher Qualität abzuleiten, ist allerdings, dass das eingesetzte Restaurationsverfahren stabile und artefaktfreie Resultate liefert.

Mit der **Pixonenmethode** (R.K. Pina, R.C. Puetter, 1993) steht ein neueres Verfahren zur Regularisation von inversen Problemen zur Verfügung, das die Diskrepanz zwischen der durch die Daten bereitgestellten Information und den verfügbaren Freiheitsgraden zur Beschreibung der gesuchten Lösung verringert und somit dem Entstehen von Restaurationsartefakten wirksam entgegenwirkt. Ziel der Methode ist eine datenkonsistente und möglichst "einfache" Lösung.

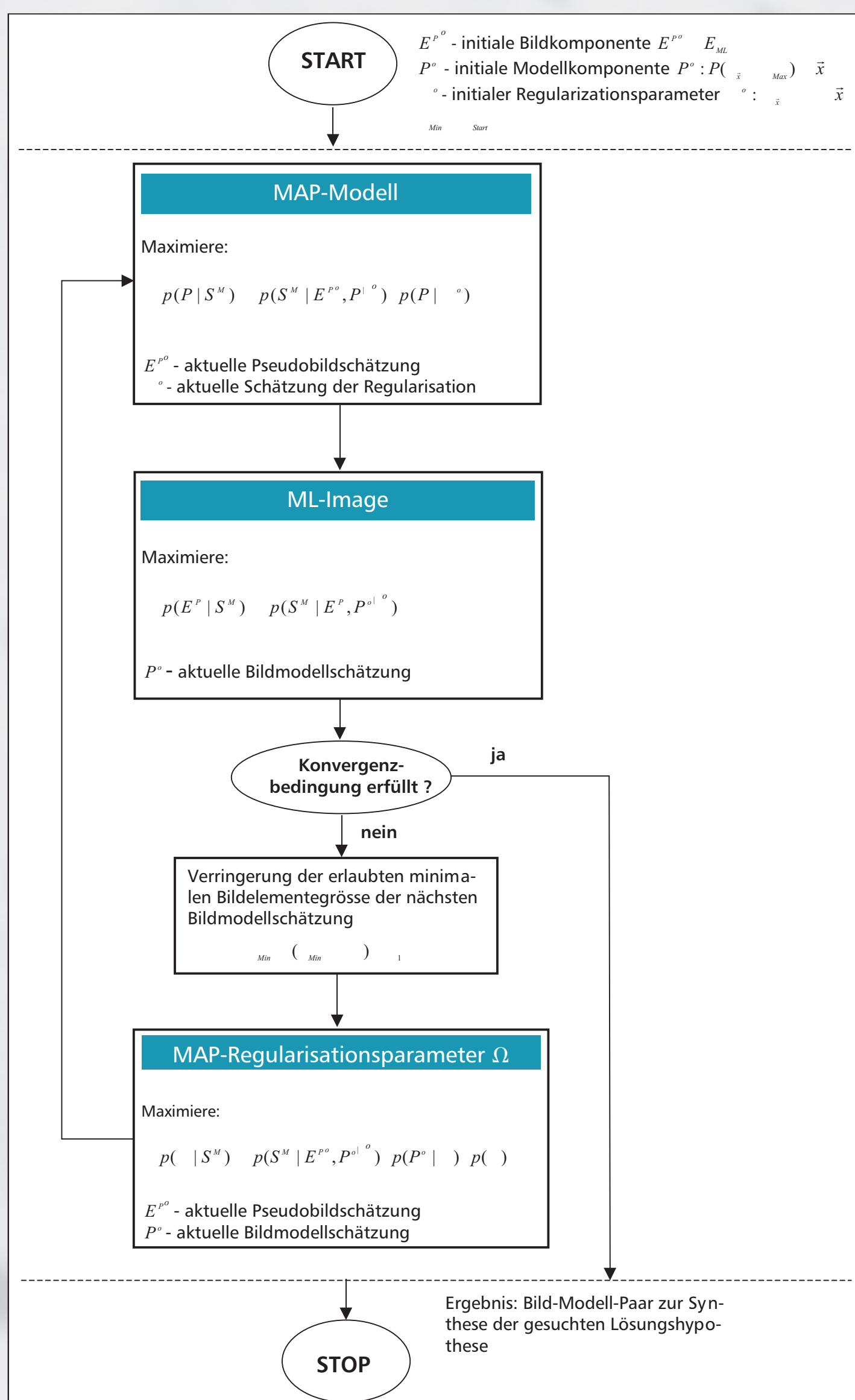
Möglich wird dies durch eine Bildbeschreibung, welche die gesuchte Lösung (Original) durch Bildelemente variabler Größe und Form (**Pixonen**) darstellt. Sie ist damit sowohl ausreichend flexibel zur Darstellung relevanter astronomischer Bildinhalte als auch beschränkend in Regionen geringer Informationsdichte.

Im Gegensatz zur direkten optischen Abbildung auf CCD-Sensoren sind die digitalisierten Daten der Sternwarte Sonneberg das Ergebnis einer **zweistufigen Abbildung**. Hierbei erfolgt zunächst die optische Abbildung auf eine Fotoplatte sowie darauf folgend die Entwicklung und die ortsdiskrete Abtastung durch einen Plattenscanner.

Das nebenstehende Bildformationsmodell dient dem Zweck, das Zustandekommen der vorliegenden Messdaten zu erklären und in die für die Restauration notwendigen determinierten und stochastischen Anteile aufzuteilen. Die photographische Platte als das primäre Aufzeichnungsmedium bewirkt durch die Wandlung der Bestrahlung in ein Äquivalent der optischen Dichte bzw. der Transparenz eine nichtlineare Verzerrung des Faltungsergebnisses der gesuchten originalen Bestrahlungsverteilung E mit der systemeigenen Punktverwaschungsfunktion PSF . Aufgrund der großen Gesichtsfelder der astronomischen Plattenaufnahmen bewirken geometrische Abbildungsfehler des optischen Instruments, wie z.B. Koma, Astigmatismus oder Beugungsfiguren des inneren Aufbaus, insbesondere im Plattenrandbereich stark unsymmetrische örtliche Verschmierungen.



Bildformationsmodell

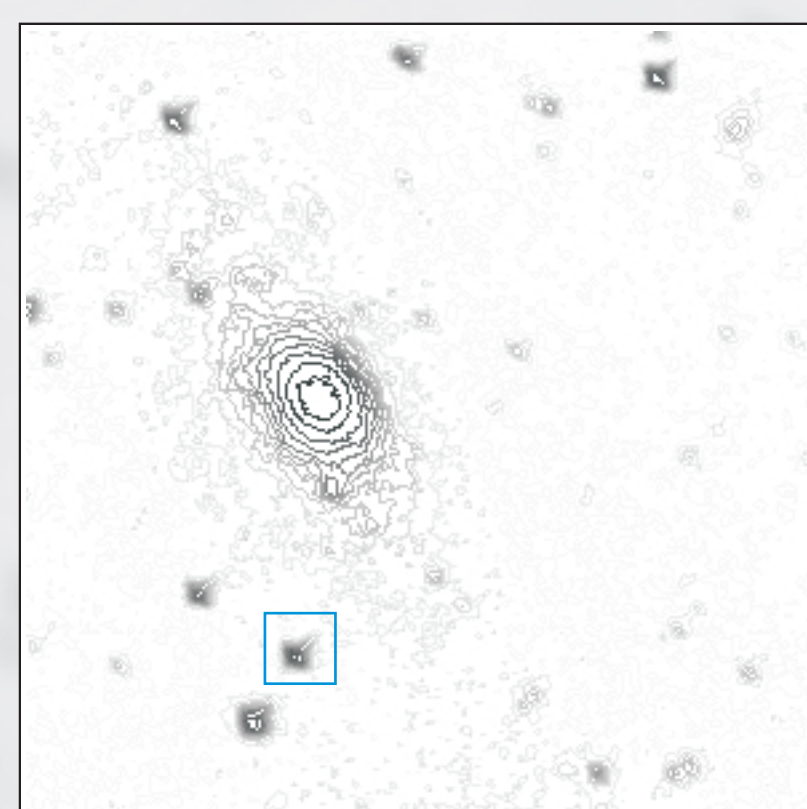


Iteratives Schätzschema zur Bestimmung des Bild-Modell-Paares

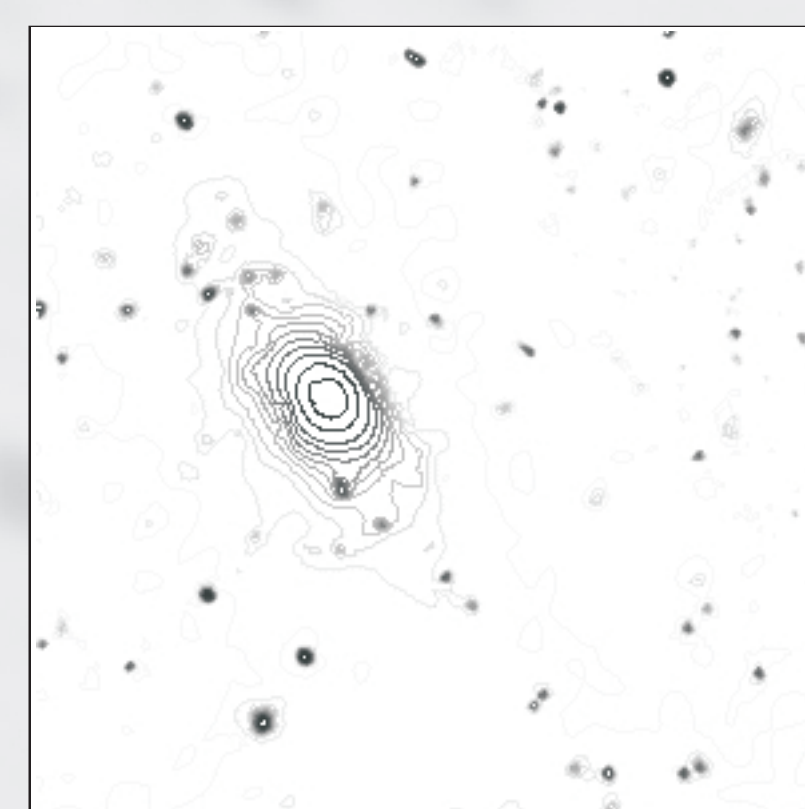
Für den implementierten **Fuzzy-Pixonen-Ansatz** werden die Bestandteile der Bildbeschreibung durch ein **Bild-Modell-Paar**, repräsentiert. Die Synthese des Originals erfolgt bei diesem Ansatz durch Faltung eines versteckten, so genannten Pseudobildes, das weitestgehend unkorrelierte Signalbeiträge enthält (**Bild-Komponente E^P**), mit jeweils lokal zugehörigen Bildelementfunktionen (parametrierbarer Filterkern einer Pixonenbasis). Die Parametermenge der zu den jeweiligen Pixelpositionen gehörenden Bildelemente repräsentiert die **Modell-Komponente P** . Zur Bestimmung des Bild-Modell-Paares wird ein **iterativer, nichtlinearer Restaurationsansatz** verwendet, wobei innerhalb eines Iterationsschritts die Elemente der Lösung P, E^P bzw. Regularisation aufeinander folgend separat ermittelt werden. Die Ableitung der hierfür notwendigen Kostenfunktionen erfolgt im Kontext eines Bayes'schen Schätzschemas. Eine im Rahmen dieser Betrachtung gesuchte Hypothese aus der Lösungsmenge maximiert den faktorisierten Ausdruck für die Verbundwahrscheinlichkeit $p(E^P, P, S^M)$, d.h. diese stellt die im Bayes'schen Sinne "wahrscheinlichste" Lösung dar.

$$E_{\bar{x}} \bar{y} \bar{P}(\bar{x})_{\bar{y}} : \bar{E}^P, \bar{P} \max_{E^P, P} p(E^P, P, |S^M) p(S^M | E^P, P,) p(E^P, P,)$$

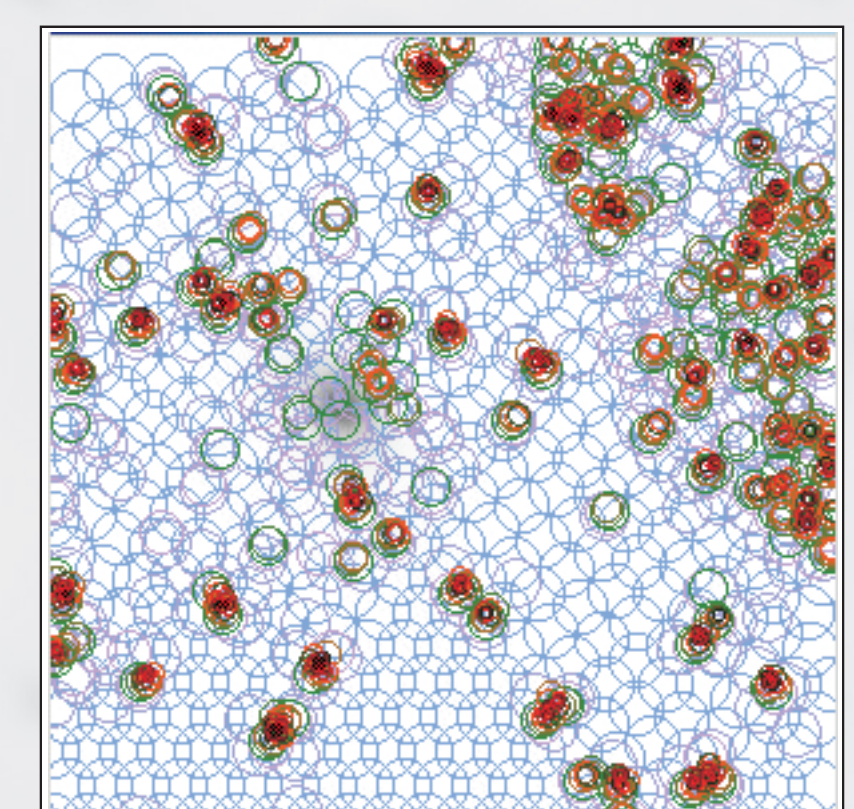
Likelihood Prior



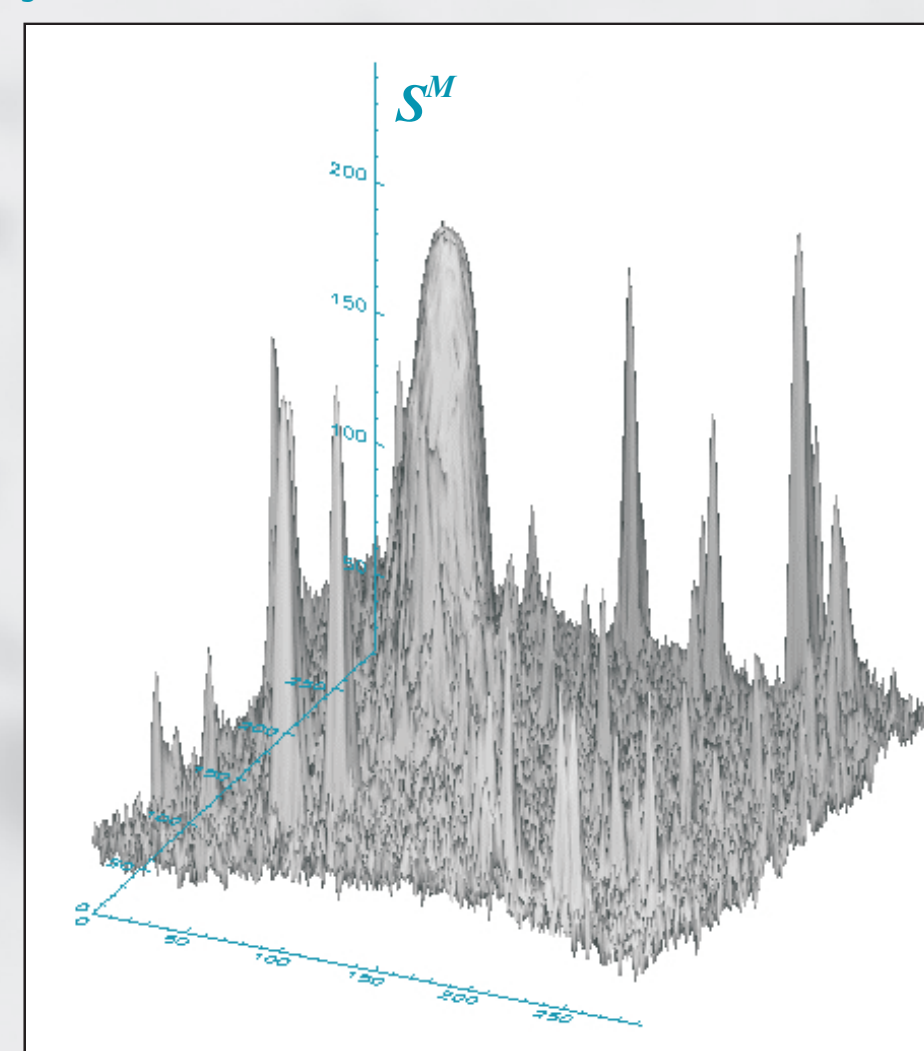
Konturdarstellung der Messdaten von M31; das stellare Objekt zur Bestimmung der in dieser Plattenregion wirksamen PSF ist farblich gekennzeichnet



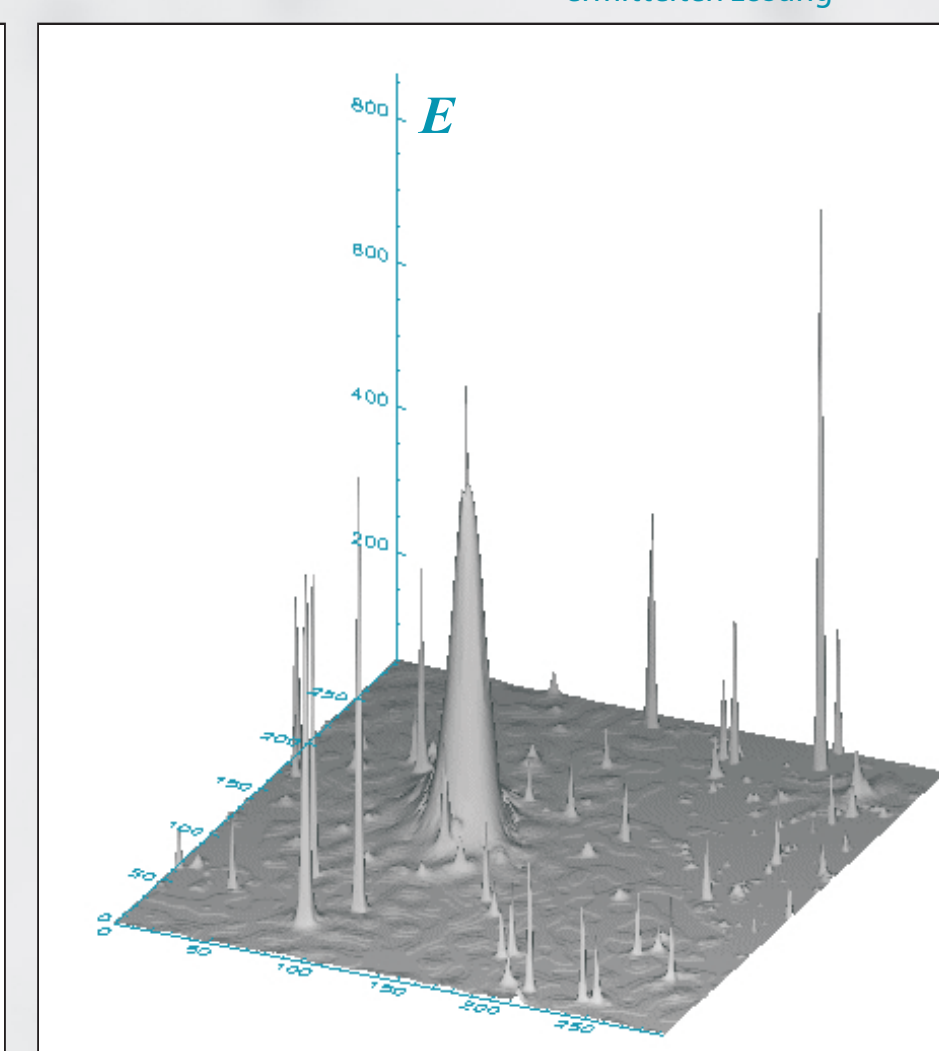
Konturdarstellung des Schätzergebnisses



Verteilung der lokalen Bildelementgrößen (Halbwertsbreiten einer symmetrischen 2d-Gaussfunktion) in der ermittelten Lösung



Messdaten in dreidimensionaler Darstellung



Schätzergebnis in dreidimensionaler Darstellung

Dieser Beitrag dokumentiert die Ergebnisse des vom Thüringer Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur (TMWFK) geförderten Projektes "Digitale Bildverarbeitung von astronomischen Himmelsüberwachungsaufnahmen des Sonneberger Archivs" (FKz.: B 611-00023). Die Bearbeitung erfolgte in enger Kooperation mit der Sternwarte Sonneberg.

Quellen:

- J.C. Dainty, R. Shaw: "Image Science-principles, analysis and evaluation of photographic-type imaging processes", Academic Press Inc. London-New York-San Francisco, 1974, ISBN: 0 12 200 850 2
- V. Eke, preprint for Monthly Notices of the RAS 2001
- R.C. Puetter, Proceedings of S.P.I.E. Vol.:2827 Digital Image Recovery and Synthesis III, Denver, CO August 1996, S.:12-31
- R.K. Pina, R.C. Puetter, Pub. of the Astronomical Society of the Pacific Vol.: 105 1993, S.: 630-637
- R.C. Puetter, Proceedings of S.P.I.E. Vol.:2302 Image Reconstruction and Restoration 1994, S.:112-131
- A.M. Tekalp, G. Pavlovic, Journal of Electronic Imaging, Vol.: 2, Jan. 1993, S.:19-27