

---

# Bildrekonstruktion am Computer als Studentenprojekt

Dieter Schott

Hochschule Wismar – University of Technology, Business and Design  
Philipp-Müller-Straße 21, D-23952 Wismar, Deutschland

---

Die Bildrekonstruktion (Computertomographie) eignet sich hervorragend für die Bearbeitung als Studentenprojekt in der Mathematikausbildung. Es wird zunächst der elementare Ansatz beschrieben, der über physikalische Grundannahmen zu einer linearen Integralgleichung und mittels Diskretisierung zu einem (meist widersprüchlichen und schlecht gestellten) linearen Gleichungssystem großer Dimension führt. Auf der Grundlage von Strahlungsintensitätsmessungen kann dieses Gleichungssystem mit Hilfe von geeignet zugeschnittenen Iterationsverfahren gelöst werden. Die numerische Lösung wird in eine Objektstruktur übersetzt und graphisch dargestellt. Durch Vorgabe von typischen Phantomobjekten ist es möglich, die Gewinnung der Messdaten mathematisch zu simulieren. In diesem Falle liegt es nahe, durch Vergleich von Original und Rekonstruktion die Parameter im Iterationsverfahren zu optimieren. Es gibt eine Vielzahl von Varianten der Modellierungen und Lösungsverfahren mit verschiedenen Schwierigkeitsstufen. Ihre Leistungsfähigkeit kann durch Computereperimente getestet werden. Die geschilderte Problemstellung wurde von Studentengruppen mit unterschiedlichen Ansätzen erfolgreich gelöst.

---

## MATHEMATIKLEHRE IN WISMAR

Nach unseren Erfahrungen an der Hochschule Wismar und den Anregungen von Kollegen aus dem In- und Ausland haben wir die folgende Struktur eines *Drei-Säulen-Modells* in der Mathematikausbildung entwickelt, die bisher auch schon in wesentlichen Teilen implementiert ist (siehe Abbildung 1).

### Klassische Säule

Zunächst werden die Mathematikkenntnisse unserer Studenten in einem *Eingangstest* überprüft. Die Ergebnisse werden zwischen verschiedenen Studienrichtungen und Jahrgängen verglichen und ausgewertet. Konsequenzen für die Studienzulassung gibt es bisher nicht, obwohl dies für die Anhebung des Lehrniveaus sicher sinnvoll wäre. Das *Kerncurriculum* enthält die mathematischen Grundlagen für ein Ingenieurstudium. Je nach Ingenieurdisziplin werden aktuelle Gebiete ergänzt. Dabei steht die Entwicklung *inhaltsbezogener Kompetenzen* im Vordergrund (Sachwissen).

### Moderne Säule

Die Lösung von Praxisproblemen unter typischen

Arbeitsbedingungen kann man sehr gut in *gruppenorientierten Projekten* trainieren. Solche Projekte gestatten auch in hervorragender Weise das Training *prozessbezogener Kompetenzen* wie Modellierung und Simulation (Abstraktion, Idealisierung, Untersuchung von Szenarios), Problemlösung (Einordnung, Leitideen, Strategie), Kommunikation und Argumentation (Beschreibung, Motivation, Begründung, Beweis). Bei fachübergreifenden Projekten wird das Zusammenspiel verschiedener Wissensgebiete deutlich. Die oft vorhandene Komplexität der Probleme erfordert die Beherrschung moderner Softwaretechnik am Computer (siehe Abbildung 2).

### Ergänzende Säule

Neben den Lehrveranstaltungen gibt es Zusatzangebote für leistungsschwache und leistungsstarke Studenten, die aus Kapazitätsgründen meist nur im Internet angeboten werden. Großen Wert legen wir darauf, dass auch in der klassischen Ausbildung moderne Hilfsmittel (Rechner mit geeigneter Software) zum Einsatz kommen. Diese Werkzeuge sind aber nur dann praxistauglich, wenn ein entsprechendes *Grundwissen* der Anwender vorhanden ist. Wir versuchen diese Erkenntnis den

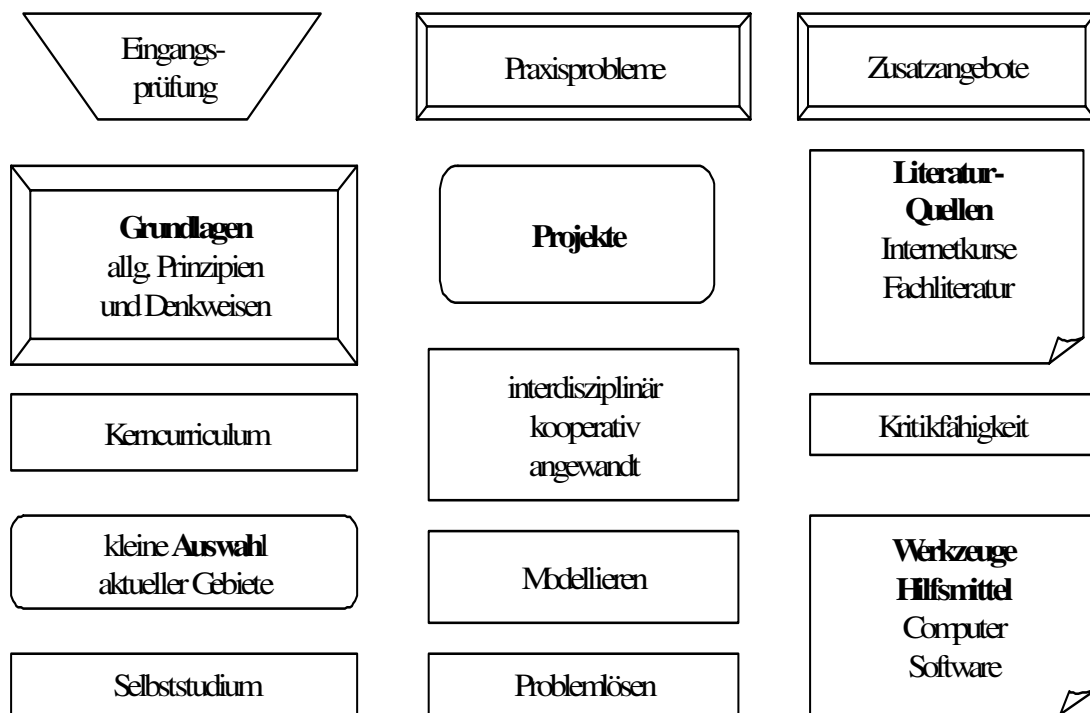


Abbildung 1: Drei-Säulen-Modell der Mathematikausbildung.

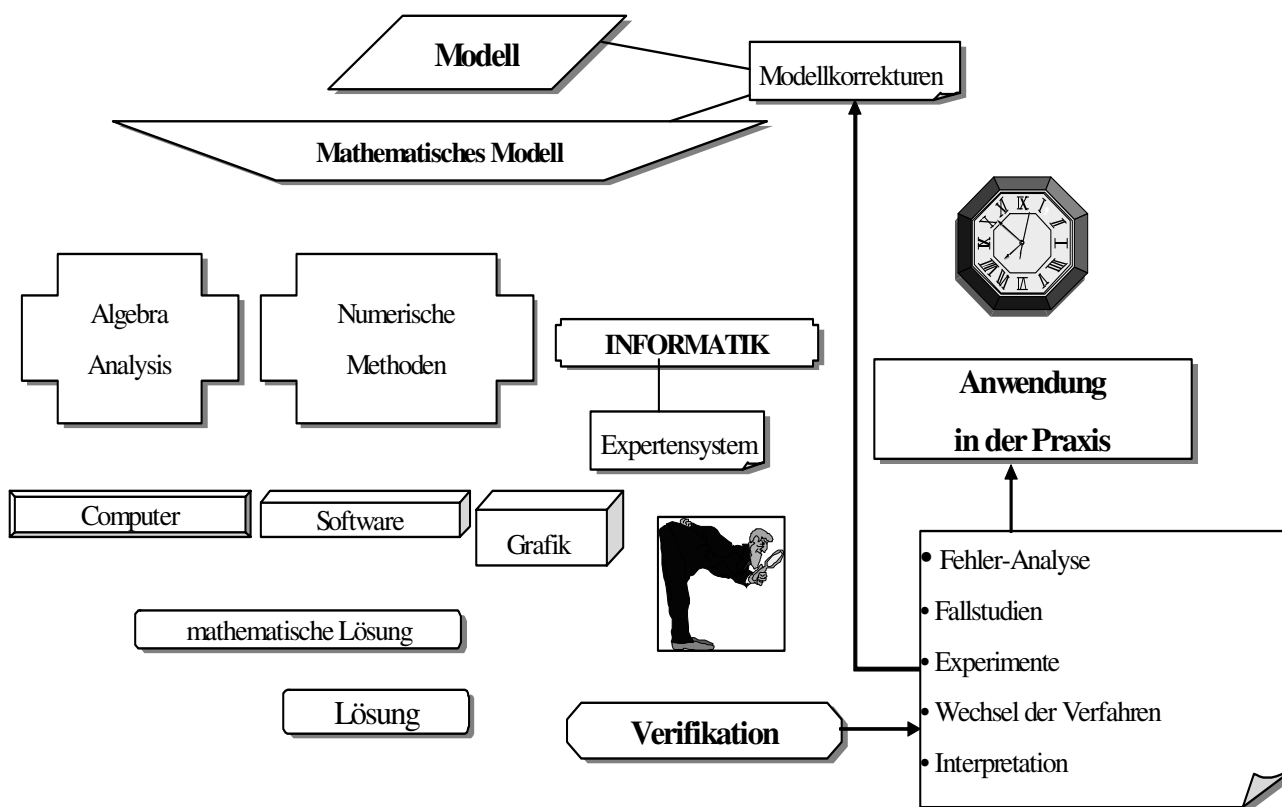


Abbildung 2: Modellierungszyklus.

Studenten an einfachen, aber instruktiven Beispielen zu demonstrieren [1][2]. Die Studenten nutzen neben der Lehrbuchliteratur zunehmend Internetquellen für zusätzliche Informationen. Auch hier ist ein kritisches Verhältnis zu den Quellen ratsam.

### COMPUTERTOMOGRAPHIE

Ein typisches Beispiel aus meiner Praxis soll die Komplexität und Funktion von Projekten erläutern. Faszinierend sind Ergebnisse der Computer-

tomographie (CT), bei der die Schwächung von Röntgenstrahlen beim Durchgang durch Objekte gemessen wird, um daraus die Struktur (Dichteverteilung) zu berechnen. Um die Studenten nicht zu überfordern, wählen wir einen elementaren Zugang, bei dem man wesentliche mathematische Begriffe und Methoden kennen lernt, zugleich einen Einblick in interdisziplinäre Gruppenarbeit gewinnt, Software programmiert und am Computer testet sowie ein anwendungsreifes Softwarepaket entwickelt. Bestimmte Aspekte der Problemstellung werden auch in den Artikeln [3] und [4] erläutert.

Wir beginnen mit den (idealisierenden) Voraussetzungen.

Modellannahmen:

- Die Strahlen  $L$  sind Geraden. Die Strahlenergie ist monoenergetisch (Punktspektrum).
- Die Objektstruktur wird durch die Schwächungsverteilung und diese durch die Dichtefunktion  $f$  beschrieben.
- Das beschränkte räumliche Objekt wird durch eine Folge von ebenen Parallelschnitten ersetzt.

Für die Intensität  $I$  von Röntgenstrahlen gilt annähernd ein exponentielles Schwächungsgesetz. Bei konstanter Dichte  $f$  und einer Weglänge  $l$  im Objektschnitt  $O$  ergibt sich aus der Anfangsintensität  $I_0$  am Ende der reduzierte Wert:

$$I = I_0 \exp(-f \cdot l).$$

Allgemeiner tritt bei Änderungen der Dichte in einem Schnitt des Objektes an die Stelle des Produktes eine Summe von Produkten bzw. ein Integral:

$$I = I_0 \exp\left(-\int_L f(x, y) dl\right).$$

Dieses Schwächungsgesetz stellt das physikalische Modell dar. Isoliert man das Integral, das die gesuchte Dichte enthält, so erhält man das *stetige* (analytische) *mathematische Modell*:

$$\int_L f(x, y) dl = \ln \frac{I_0}{I} =: g(L),$$

die Radonsche Integralgleichung mit den *Messwerten* (genauer: der aus den Messwerten für die Strahlen  $L$  berechneten Funktion)  $g$ . Die Geraden  $L$  lassen sich durch zwei Parameter beschreiben, den Winkel  $\varphi \in [0, \pi[$  zwischen einer Normalen und der positiven

Richtung der  $x$ -Achse und dem (vorzeichen-behafteten) Abstand  $s$  zum Ursprung. Dann folgt mit Koordinaten  $s$  und  $t$  in einem gegenüber dem  $x$ - $y$ -System um den Winkel  $\varphi$  gedrehten System die Darstellung:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(s \cos \varphi - t \sin \varphi, s \sin \varphi + t \cos \varphi) dt = g(\varphi, s).$$

Da das Objekt beschränkt ist, sind die unendlichen Grenzen für  $t$  durch endliche Grenzen ersetzbar. Damit werden aus den ursprünglichen Linienintegralen gewöhnliche bestimmte Integrale.

Die Radonsche Integralgleichung ist zunächst für den praktischen Einsatz nicht geeignet, weil dort nur endlich viele Strahlen  $L_j$  mit *Messwerten*  $g_i \approx g(L_i)$  vorliegen, sagen wir  $m$  Strahlen. Überzieht man nun den Objektschnitt mit einem Raster von  $n$  kleinen Quadraten  $Q_j$ , über denen die Dichte  $f$  als konstant angesehen werden kann ( $f = f_j$ ), so wird aus dem Integral eine Summe und aus der Integralgleichung ein lineares Gleichungssystem mit den Schnittlängen  $a_{ij}$  der Geraden  $L_j$  in den Quadraten  $Q_j$  als Koeffizienten und den Dichtewerten  $f_j$  als Unbekannten:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot f_j = g_i \quad (i = 1, \dots, m).$$

In Matrix-Vektor-Form ergibt sich  $A \cdot \vec{f} = \vec{g}$ . Wird ein Quadrat von einer Geraden nicht getroffen, so ist die entsprechende Schnittlänge 0. Da Dichtewerte nichtnegativ sind, kann man außerdem die Nebenbedingung:

$$f_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n)$$

stellen. So gelangt man zum *diskreten* (numerischen) *mathematischen Modell*. Das Gleichungssystem ist je nach Wahl von  $m$  und  $n$  unter- oder überbestimmt. Es ist außerdem meist schlecht konditioniert (fehleranfällig) und enthält in praktisch relevanten Fällen eine riesige Matrix  $A$  mit vielen Nullelementen. Es kann sowohl unendlich viele als auch gar keine Lösungen im klassischen Sinne geben. Die Bewältigung der Aufgabe erfordert daher das gesamte moderne Grundwissen über lineare Gleichungssysteme (Pseudoinverse, Kleinste-Quadrate-Lösungen, Kondition, Regularisierung, Iterationsverfahren, komprimierende Speichertechniken). Bei fehlender Eindeutigkeit ist die Frage nach ausgezeichneten Lösungen zu stellen (, sowohl unter mathematischem

als auch unter physikalischem Aspekt).

Direkte Lösungsverfahren sind wegen der Größe der linearen Gleichungssysteme meist nicht erfolgreich. Vielmehr werden oft iterative Verfahren eingesetzt. Ein solches Verfahren:

$$\hat{f}_{j,0} = 0, \quad \hat{f}_{j,k+1} = F_k(\hat{f}_{j,k}) \quad (j = 1, \dots, n; k = 0, 1, 2, \dots)$$

bestimmt dann Näherungswerte  $\hat{f}_j$ , die durch Interpolation eine stetige Funktion  $\hat{f}(x, y)$  liefern. Der Einbau der Nebenbedingungen erfolgt am einfachsten dadurch, dass man negative Iterationswerte gleich 0 setzt. Das klassische Verfahren, das hier eingesetzt und entwickelt wurde, heißt ART (algebraic reconstruction technique, siehe [5-8]). Dabei bewegen sich die Iterierten schrittweise orthogonal auf die die Gleichungen repräsentierenden Hyperebenen zu. Da das Gleichungssystem im Allgemeinen nicht lösbar und zudem fehleranfällig ist, muss man die Parameter des Verfahrens so optimieren, dass stabile Approximationen (Kleinste-Quadrate-Lösungen) herauskommen (iterative Regularisierung). Die Parameteroptimierung benutzt typische *Phantomobjekte*. Dabei wird der (teure) physikalische Messprozess mathematisch simuliert (numerische Berechnung der Linienintegrale in der Radonschen Gleichung). Ein Vergleich von Original und Rekonstruktion zeigt die Güte des Verfahrens. Das Programmpaket enthält einen Matrixgenerator (Schnittlängen), einen Datengenerator für Phantomobjekte (Messwertsimulation), (mindestens) einen Gleichungslöser, einen Interpolator, der zugleich den Lösungsvektor über dem Quadratraster rekonfiguriert sowie eine Nutzeroberfläche mit interaktiven Eingabemöglichkeiten und grafischen Darstellungen der Objektstruktur. Bei Phantomobjekten wird zudem die Qualität der Rekonstruktion ausgewertet.

## UNTERSUCHUNGEN UND EXPERIMENTE

Das oben beschriebene Projekt lässt unbegrenzte Möglichkeiten zur Abänderung oder Erweiterung des Problemlösungsprozesses und zu Experimenten, die die Qualität der Rekonstruktionen untersuchen. Das Projekt kann also leicht an das Niveau der Studenten und die Lehrziele angepasst werden. Im Studienjahr 2004/05 haben zehn (aus jeweils zwei bis fünf Mitgliedern) bestehende Gruppen des Studienganges Multimedialechnik die Aufgabenstellung der Computertomographie bearbeitet. Neben einer Vorlesung zu den theoretischen Grundlagen gab es Computerpraktika und Konsultationen zu den

erarbeiteten Softwarelösungen. Jede Gruppe verteidigte ihr Projekt mit einer *Powerpoint*-Präsentation. Außerdem wurden die benutzten theoretischen Grundlagen und die Auswertungen der experimentellen Untersuchungsergebnisse (*Word*-dokument) sowie die Programmpakete (MATLAB) zur Bewertung eingereicht. Die anzugebende Arbeitsteilung und der Gesamteindruck während der Projektbearbeitung ermöglichten darüber hinaus eine differenzierte Bewertung innerhalb der Gruppen. Die Gruppen standen auch untereinander in Konkurrenz. Bemerkenswert waren die jeweils unterschiedlichen Wege, wie das allgemeine Problem angegangen und gelöst wurde.

Wir gehen auf einige Varianten und Erweiterungen der Standardlösung ein.

## Strahlen

Zunächst betrachten wir das *Strahlenmodell*. In der Ebene kann man Strahlen auch als schmale Streifen oder als Sektoren mit kleinem Winkel darstellen, im Raum als schmale Zylinder oder als Kegel mit kleinem Winkel. Außerdem spielt das *Strahlennetz* eine Rolle. Klassisch sind parallele Strahlenkämme, die durch Drehung um bestimmte Winkel auseinander hervorgehen. Im einfachsten Falle sind die Abstände und Drehwinkel jeweils konstant. Es gibt dann  $p$  Strahlkämme und  $q$  Strahlen pro Kamm, also insgesamt  $m = p \cdot q$  Strahlen. Bei symmetrischen Objekten kann man sich auf einen Strahlenkamm beschränken. Neben gedrehten Parallelstrahlen bieten sich aber auch gedrehte Fächerstrahlen an, die jeweils von einem Punkt (einer Strahlenquelle) ausgehen. Die Wahl des Strahlennetzes hat wiederum Konsequenzen für die Größe der Koeffizienten des linearen Gleichungssystems zur Bestimmung einer Lösung.

## Objektraum

Ein wichtiger Schritt ist die Auswahl des Raumes, in dem man die Lösungen sucht. Setzt man einen Funktionsraum mit endlicher Basis (mit  $n$  Basiselementen  $b_j$ ) voraus, so sind die Elemente Linearkombinationen der Basiselemente:

$$f(x, y) = \sum_{j=1}^n f_j \cdot b_j(x, y).$$

Die Koeffizienten des Gleichungssystems lauten dann:

$$a_{ij} = \int_{L_i} b_j(x, y) dl \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n).$$



Hier sind also  $m \cdot n$  Integrationen auszuführen. Sind die  $b_j$  stückweise konstante Funktionen, die auf  $Q_j$  den Wert 1 haben und sonst 0 sind, so ergeben sich für  $a_{ij}$  wieder die Schnittlängen der Geraden in den Quadraten.

## Diskretisierung

Neben dem Strahlennetz gibt es das *Quadratraster*. Es besteht aus  $n = k \cdot k$  kleinen Quadraten. Eine gute Rekonstruktion erfordert eine gleichmäßige Überdeckung des Rasters durch die Strahlen. Bei der elementaren Parallelstrahlabtastung gelingt dies auch bei guter Balance Netz und Raster nicht optimal (siehe Abbildung 3). Hier können Überlegungen zur automatischen Steuerung von Abständen und Winkeln einsetzen. Allerdings wird der Aufwand dadurch beträchtlich erhöht.

## Bestimmung der Matrix

Sind die  $m \cdot n$  Koeffizienten  $a_{ij}$  der Matrix  $A$  die Schnittlängen der Strahlen  $L_i$  in den Quadraten  $Q_j$ , so ist ihre Bestimmung im Prinzip einfach. Trotzdem gibt es etliche Varianten, die auf ihre Effizienz und Fehleranfälligkeit geprüft werden können. Zunächst kann man die Länge numerisch als Abstand zwischen den Schnittpunkten der Geraden mit dem Quadratrand bestimmen. Außerdem kann man eine analytische Formel für den Abstand entwickeln und numerisch auswerten. Aufgrund von Rundungsfehlern sind Fehlbestimmungen nicht ausgeschlossen. Ihr Einfluss ist aber eher gering. Der elementare Algorithmus besteht darin, für jeden einzelnen Strahl und jedes einzelne Quadrat die Schnittlänge zu berechnen. Er

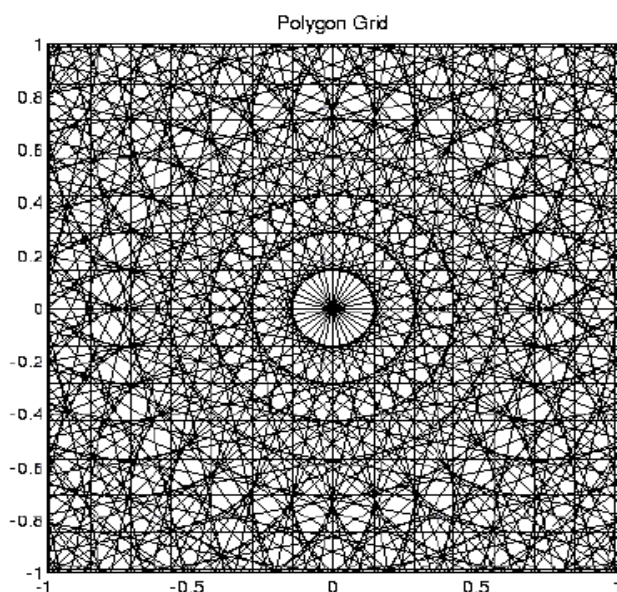


Abbildung 3: Strahlennetz im Quadratraster.

führt pro Strahl  $n = k \cdot k$  solche Berechnungen durch. Da aber die meisten Längen 0 betragen, ist es nahe liegend, nur die positiven Längen zu bestimmen. Dazu braucht man nur die Quadrate in der Umgebung der Geraden abzusuchen. Auch dafür gibt es wieder verschiedene Vorgehensweisen. In jedem Falle lässt sich die Zahl der Längenberechnungen pro Gerade auf ein konstantes Vielfaches von  $k$  drücken. Bei einem regelmäßigen Strahlenmuster sind außerdem Symmetrien vorhanden, durch die die Gesamtzahl der Längenberechnungen weiter stark reduziert werden kann. Gibt man sich mit regelmäßigen Mustern von Strahlennetz und Pixelrastern hinreichender Feinheit zufrieden, so ist die Matrix  $A$  zu Beginn nur einmal zu berechnen und kann für beliebige Objekte genutzt werden. Bei Anpassung an Objektgegebenheiten fällt allerdings die Berechnung jedes Mal wieder neu an. Werden die Matrixelemente aus Integralen berechnet (siehe Abschnitt Objektraum) oder verwendet man als Strahlenmodell keine Geraden (siehe Abschnitt Strahlen), so sind ebenfalls geeignete Effizienzüberlegungen sinnvoll.

## Matrixtests

Charakteristika der Koeffizientenmatrix  $A$  können bestimmt werden, z.B. das Format, der Rang und die Kondition. Daraus ergeben sich Schlüsse zur Lösungsstruktur und zur Fehlerproblematik.

## Phantomobjekte

Für den Test der Verfahren sind einfache typische Objekte auszuwählen, die Rückschlüsse auf eine geeignete Parameterwahl zulassen und die für die künftigen Anwendungen repräsentativ sind. Eine Scheibe konstanter Dichte (eine zylindrische Erhebung als Dichtefunktion) in einer leeren Umgebung (Dichte 0) ist ein sehr einfaches Objekt. Bei der Rekonstruktion bereitet aber der un stetige Dichtesprung an der Scheibengrenze Schwierigkeiten. Dieses Beispiel lässt sich ausbauen, indem man mehrere Scheiben nimmt, in denen sich die Dichten nicht oder nur wenig ändern. Andere Objekte können sich durch starke Dichteschwankungen auszeichnen. Neben stetigen Objekten sind auch diskrete Rasterobjekte möglich (konstante Werte innerhalb der Rasterquadrate). Ein Schnittbild durch einen Kopf zeigt Abbildung 4.

## Pseudomessdaten

Es sind  $m$  Integrale zu berechnen. Aus der Literatur sind verschiedene numerische Quadraturverfahren bekannt, die man auf Genauigkeit und Robustheit



Abbildung 4: Kopfschnitt (Original und Rekonstruktion).

testen kann. Ist die Objektstruktur im Erfassungsgebiet symmetrisch, so kann man die Berechnung auf einen Strahlenkamm beschränken.

### Lösungsverfahren

Zur Lösung des ermittelten linearen Gleichungssystems kann man direkte und iterative Verfahren benutzen. Diese sollten jedoch in der Lage sein, auch Kleinste-Quadrate-Lösungen schlecht gestellter widersprüchlicher Gleichungssysteme zu bestimmen. Das von Herman und anderen entwickelte Verfahren ART, bei dem iterativ gebremste Projektionen auf die Lösungsmengen der einzelnen linearen Gleichungen vorgenommen werden und die Positivitätsbedingung nach jedem Schritt durch Nullsetzen negativer Koordinaten erzwungen wird, hat sich dabei als kaum schlagbar erwiesen, wenn nur die Parameter geschickt gewählt sind (siehe [5-8]).

### Objektdarstellung

Die Dichten der Objekte (der ebenen Schnitte) können als Farben (Graustufen) oder als Höhen berücksichtigt werden. Je nachdem erhält man ein ebenes Bild oder ein räumliches Flächenstück, das ebenfalls eingefärbt werden kann (siehe Abbildung 5). Bei der Wahl der Farben kann man sich an üblichen Farbpaletten orientieren. Bei der räumlichen Darstellung ist außerdem die Berücksichtigung von Betrachterstandpunkten und Lichteffekten möglich.

### Gütemaß

Ist das Original (Phantommodell) bekannt, so bietet sich ein Vergleich mit der Rekonstruktion an. Das kann

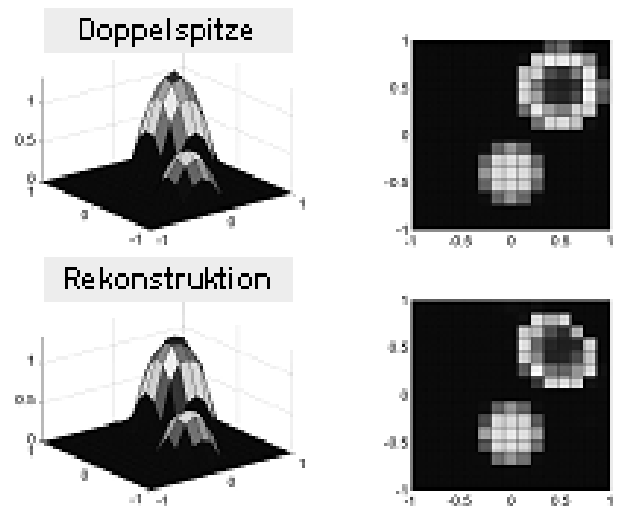


Abbildung 5: Doppelspitze (Original und Rekonstruktion).

zunächst ein optischer Vergleich sein, der aber ungenau und subjektiv gefärbt ist. Besser ist schon die Betrachtung des Differenzbildes. Für eine Objektivierung bietet sich die Berechnung der Kleinste-Quadrate-Abweichung an. Diese kann im stetigen Sinne oder auf einem jeweiligen Quadratraster erfolgen. Will man Genauigkeitsvergleiche auf mehreren Rastergrößen durchführen, so ist ein geeigneter Normierungsfaktor nötig. Das Quadrat der normierten Abweichung zwischen den exakten Werten  $f_j$  in den Mittelpunkten der Quadrate  $Q_j$  und den berechneten Werten  $\hat{f}_j$  für  $Q_j$  lautet:

$$d^2(f, \hat{f}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (f_j - \hat{f}_j)^2.$$

Außerdem sind maximale, minimale und durchschnittliche absolute Abweichungen bestimmbar.

### Räumliche Objekte

Körper werden in ebene parallele Schichten zerlegt. Später werden sie wieder zu einem Körper zusammengesetzt. Bei der Rekonstruktion entsteht aus den ebenen Farbbildern ein Farbkörper. Umgekehrt kann man den Körper wieder schichtweise durchfahren und dabei in beliebige innere Regionen vordringen. Die Berechnung von ebenen Schnitten unter anderen Winkeln ist ebenfalls möglich, ohne zusätzliche Messungen unter diesen Winkeln durchführen zu müssen.

Auch eine direkte (dreidimensionale) Rekonstruktion von Körpern ist realisierbar. Dann wird aus der Integralgleichung:

$$\int_L f(x, y, z) d\vec{x} = \ln \frac{I_0}{I} =: g(L)$$

die Dichtefunktion  $f(x, y, z)$  bestimmt. Der Körper wird in ein Raster von kleinen Würfeln gelegt. Es werden endlich viele Strahlen benutzt. Die Koeffizienten des linearen Gleichungssystems sind die Schnittlängen der Strahlen (Geraden) in den Würfeln. Der Aufwand gegenüber einer Schnittrekonstruktion wächst aber beträchtlich.

### Bedienoberfläche

Zur Bestimmung der Rekonstruktionen am Computer ist eine nutzerfreundliche Bedienoberfläche zu schaffen. Zunächst sind in einem Fenster die Parameter des Strahlennetzes und des Quadratrasters einzugeben. In der Testphase ist ein Phantomobjekt auszuwählen, später eine Messreihe von Intensitätsverlusten. Das (zweidimensionale) Phantomobjekt kann als ebenes oder als räumliches Bild dargestellt werden. Bei Verfahrensalternativen ist ein entsprechendes Lösungsverfahren auszuwählen. Bei dem gewählten Verfahren sind eventuell Parameter einzustellen. Die Rekonstruktion kann als ebenes oder als räumliches Bild wiedergegeben werden. Mehrere Rekonstruktionen sind miteinander vergleichbar. Verschiedene Verfahren zur Bildbearbeitung (Glättung, Kontrast, Helligkeit) sind einsetzbar. Bei Vorgabe des Originals können Differenzbilder und verschiedene Gütemaße angezeigt werden. Eine Realisierungsvariante für die Bedienoberfläche zeigt Abbildung 4.

### COMPUTERMATHEMATIK MIT MATLAB

Bei vielen Problemlösungsprozessen ist der Einsatz von Computern sinnvoll. Mathematische und technische Probleme lassen sich gut mit der Software MATLAB lösen. Dabei ist eine geeignete Kombination von Mathematik- und Softwarekenntnissen erforderlich [1][2]. Das Buch von Schott bietet ein Programm an, diese Kombination für die Ingenieurausbildung zu realisieren [9]. Auch bei den Untersuchungen zur Computertomographie haben alle Gruppen MATLAB eingesetzt. MATLAB stellt für viele häufig auftretende Aufgabenstellungen Standardfunktionen zur Verfügung. Zum Beispiel gibt es solche für die Lösung linearer Gleichungssysteme und für numerische Integrationen. Außerdem bietet MATLAB ausgezeichnete Möglichkeiten zur grafischen Darstellung von Objekten und zur

Entwicklung von Bedienoberflächen. Trotzdem sind wesentliche Teile selbst zu programmieren und mit anderen Teilen effektiv zu verbinden. Daher sind in den Projekten bei der Programmierung spezifische Schwierigkeiten zu meistern.

### REFERENZEN

1. Schott, D., Fluch und Segen der Computermathematik, *Global J. of Engng. Educ.*, 8, 3, 319-326 (2004).
2. Schott, D., Challenges in computer mathematics in engineering education. *Global J. of Engng. Educ.* 9, 1, 27-34 (2005).
3. Schott, D., Image reconstruction – an interesting project for basic science education. *Proc. 6th Baltic Region Seminar on Engng. Educ.*, Wismar/Warnemünde, Deutschland, 13-17 (2002).
4. Schott, D., Modern mathematics in engineering education. *Proc. 8th Annual Conf. on Engng. Educ.*, Kingston, Jamaika, 67-70 (2005).
5. Bender, R., Gordon, R. und Herman, G.T., Algebraic reconstruction techniques (ART) for three-dimensional electron microscopy and X-ray photography. *J. Theoretical Biology*, 29, 471-481 (1970).
6. Censor, Y., Row-action methods for huge and sparse systems and their applications. *SIAM Review*, 23, 444-464 (1981).
7. Herman, G.T., *Image Reconstruction from Projections: the Fundamentals of Computerized Tomography*. New York: Academic Press (1980).
8. Natterer, F., *The Mathematics of Computerized Tomography*. Stuttgart: Teubner-Verlag (1986).
9. Schott, D., *Ingenieurmathematik mit MATLAB, Algebra und Analysis für Ingenieure*. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag (2004), <http://www.et.hs-wismar.de/~schott/IngMat>

### BIOGRAPHIE



Dieter Schott ist Professor für Numerische Mathematik und Technische Mechanik am Fachbereich Elektrotechnik und Informatik der Hochschule Wismar. Er beendete das Mathematikstudium an der Universität Rostock im Jahre 1972 mit dem Diplom. Er promovierte 1976 und habilitierte sich 1982 auf dem Gebiet der Mathematik. Vor seiner

Berufung an die Hochschule Wismar war er als Dozent an der Pädagogischen Hochschule Güstrow und an der Universität Rostock tätig. Dabei war er intensiv an der Ausbildung künftiger Naturwissenschaftler, Lehrer und Ingenieure beteiligt. Seine zahlreichen Publikationen liegen vor allem im Bereich der Numerischen Analysis und der Mathematikausbildung von Ingenieuren. Im Jahre 2004 erschien sein Lehrbuch Ingenieurmathematik mit MATLAB, in dem eine Synthese von mathematischer Theorie und Computereinsatz realisiert wird.

Prof. Schott engagiert sich für eine moderne Mathematikausbildung einschließlich des Einsatzes elektronischer Medien und fördert die internationale Kooperation durch fachliche Betreuung ausländischer

Studenten.

Prof. Schott ist seit dem Jahre 2000 einer der beiden Direktoren des Gottlob-Frege-Zentrums der Hochschule Wismar, das sich national mit der Organisation von Workshops zur Ingenieurmathematik und lernender Regionen sowie international als Satellitenzentrum der Ingenieurorganisation UNESCO International Centre for Engineering Education (UICEE) einen Namen gemacht hat. Er ist durch seine Vortragstätigkeit, Publikationen, Gutachtertätigkeit und Organisation von Tagungen tief mit der Arbeit des UICEE verwurzelt. Im Jahre 2002 erhielt er für außerordentliche Beiträge zur Ingenieurausbildung und ihrer Globalisierung die Auszeichnung *UICEE Silver Badge of Honour*.