

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

# BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

## Wege in der Physikdidaktik

Band 3

Rückblick und Perspektive

ISBN 3 - 7896 - 0513 - 1

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1993

### Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.  
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.

Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.

Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle  
genutzt werden. Auf der Homepage

[www.solstice.de](http://www.solstice.de)

werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

## VIVIAN (VIualized VIdeo ANalysis)

### Ein Programm zur Verarbeitung beliebiger Videobilder

#### Einleitung

Am Fachbereich Physik der Universität Kaiserslautern läuft seit Sommer 1991 ein Modellversuch, dessen Aufgabe darin besteht, beispielhaft Einsatzmöglichkeiten von Computern in den Praktika aufzuzeigen, um die Studenten rechtzeitig mit den Arbeitsmethoden eines modernen Laborbetriebs vertraut zu machen. Wie eine bundesweite Umfrage unter allen Physikfachbereichen gezeigt hat [1], sind schon sehr viele Experimente in den Praktika mit Rechnern ausgestattet. Es ergeben sich allerdings immer wieder Probleme, wenn man einen bereits bestehenden Versuch zusätzlich mit einem Rechner verknüpfen will. Ein sinnvoller Einsatz eines Rechners an einem solchen Experiment ist nur dann möglich, wenn auch das didaktische Konzept des Versuchs grundlegend überarbeitet wird. Dies ist meist ebenso aufwendig, wie der Aufbau eines völlig neuen Experiments. Es muß beim Einsatz von Rechnern (vor allem in den Anfängerpraktika) davon ausgegangen werden, daß, im Gegensatz zu den physikalischen Kenntnissen der Studenten, eine sehr große Spanne der Vertrautheit im Umgang mit Rechnern vom Neuling bis zum Experten vorliegt. Soll das Ziel, den Studierenden den Computer als ein wichtiges Hilfswerkzeug in der Physik nahezubringen, erreicht werden, so darf man weder die einen überfordern, noch die anderen unterfordern. Darum bietet es sich in manchen Fällen an, Experimente auszuwählen, die sich nur mit Hilfe eines Computers in der vorgegebenen Form durchführen lassen. Dies sind solche Experimente, die z.B. sehr viele Daten liefern, oder Vorgänge betreffen, welche sehr schnell ablaufen. In anderen Fällen kann der Computer dort eingesetzt werden, wo er hilft, bei der Durchführung einer Messung Zeit zu sparen. Oft stellt sich dann heraus, daß eine spezielle Lösung (Rechner mit Interface und Programm), die ursprünglich zum Einsatz an einem ganz bestimmten Versuch entworfen wurde, ein Werkzeug darstellt, das allgemein an mehreren Experimenten eingesetzt werden kann. Das in diesem Artikel beschriebene Programm **VIVIAN** stellt ein solches universelles, an vielen Experimenten einsetzbares Werkzeug dar. Die Studenten lernen eine Reihe von Vorteilen des Rechners kennen und schätzen und werden (falls sie es noch nicht sind) im Umgang mit ihm vertraut. Dabei werden zunächst kaum Kenntnisse über den Rechner selbst vorausgesetzt.

An dieser Stelle bietet es sich an, einige Gedanken über die grundsätzlichen Ziele eines Praktikums zu anzustellen. Hierbei sind zwei extreme Standpunkte denkbar:

- es soll vor allem das physikalische Verständnis, und es sollen die Prinzipien, die hinter dem Versuch stehen, gelernt werden
- es sollen die Meßtechniken, mit welchen Physiker später im Labor konfrontiert werden, gelernt werden.

Im ersten Fall kann man ein Praktikum aufbauen und im wesentlichen unverändert lassen. Man muß sich dann aber fragen, ob es wirklich sinnvoll ist, daß Studenten in Praktika den

Umgang mit Meßgeräten und Auswertemethoden lernen, die sie selten benutzen werden. Im zweiten Fall ist es notwendig, die Praktika ständig zu modernisieren, um auf dem aktuellen Stand der Meßkunst zu bleiben. Darüberhinaus sind Experimente, bei denen Computer zum Einsatz kommen, um einiges personalintensiver als 'klassische' Experimente, da sowohl Software als auch Hardware einer gewissen Pflege (Updates) bedürfen.

Die ideale Lösung wird, wie häufig in solchen Fällen, irgendwo zwischen beiden Extremen zu finden sein. Wie diese Lösung aussehen wird, hängt dabei sicherlich von der individuellen Vorstellung des einzelnen Praktikumsleiters ab.

### **Einige technische Details des Programms**

Das Programm **VIVIAN** (**VI**sualized **VI**deo **AN**alysis) ist ein Programm, mit dessen Hilfe jede Art von Videosignalen verarbeitet werden kann. Dabei ist es völlig gleichgültig, ob diese von einer Videokamera oder einem Rekorder stammen.

Die analogen Videosignale werden mit Hilfe einer speziellen Interfacekarte (Video-Digitizer VIDEO 1000/64 der Firma M. Fricke, Berlin) mit einer Tiefe von 6 Bit (entsprechend 64 Graustufen) digitalisiert. Die Karte kann in zwei verschiedenen Auflösungen betrieben werden: entweder 320×240 Pixel oder 640×480 Pixel (volle VGA-Auflösung). Um die hohe Auflösung zu erreichen, werden jeweils vier Teilbilder mit 320×240 Pixeln übertragen. Dies dauert etwa 3 Sekunden, woraus die Einschränkung entsteht, daß das System nur stehende (oder sehr langsam bewegte) Bilder verarbeiten kann. Es gibt auch Wandlerkarten, welche sehr viel kürzere Wandlungszeiten haben (sogenannte Frame-Grabber-Karten). Diese sind heute schon für einige hundert DM zu kaufen. Als die Entwicklung des Programms begann, kosteten diese Karten aber noch das fünf- zehnfache der von uns verwendeten Karte. Die geringe Wandlungsgeschwindigkeit der Karte stellt für unsere Anwendungen kein Hindernis dar, da hauptsächlich unbewegte Bilder (Interferenzmuster, Lasermoden ...) aufgezeichnet werden. Zur Zeit überprüfen wir, ob die Möglichkeit besteht, mit Hilfe einer Frame-Grabber-Karte bewegte Bilder (Zeitskala einige Millisekunden) zu verarbeiten, um z.B. die Bewegung eines Doppelpendels zu untersuchen.

Die niedrige Auflösung wird, da hier jede Sekunde ein völlig neues Bild zur Verfügung steht, dazu benutzt, um Justagearbeiten (z.B. Scharfstellen des Bildes) vorzunehmen. Die eigentliche Aufnahme des Bildes, welches dann auch mit Hilfe des Rechners bearbeitet werden kann, geschieht ausschließlich in der hohen Auflösung.

Die Darstellung eines kompletten Bildes in hoher Auflösung erfordert immerhin die Verarbeitung von 300kB Daten. Um bei der umständlichen Speicherverwaltung eines PC auf eine erträgliche Verarbeitungsgeschwindigkeit zu kommen, wurde darauf verzichtet, die Daten im Speicher des Rechners abzulegen. Sie werden direkt in den Videospeicher der Grafikkarte geschrieben. Dies hat den Nachteil, daß Manipulationen am Bild (siehe weiter unten unter Bildbearbeitung) nicht rückgängig gemacht werden können. Darum bietet das Programm die Möglichkeit, jederzeit ein Bild abzuspeichern. Ist man dann mit dem Ergebnis einer Aktion nicht zufrieden, kann man dieses Bild wieder laden und einen neuen Versuch starten.

### **Aufnahme eines Bildes**

Um ein Bild aufzunehmen, wählt man in der Menuleiste des Programms (vgl. Abbildung 1) den Punkt *Video* an. Um den Bildausschnitt zu wählen, das Bild scharf zu stellen, wählt man am besten die niedrige Auflösung aus. Es werden dann pro Sekunde etwa 2 neue Bilder dargestellt. Trotzdem erfordert es ein wenig Übung, das Bild scharf zu stellen. Bei vielen

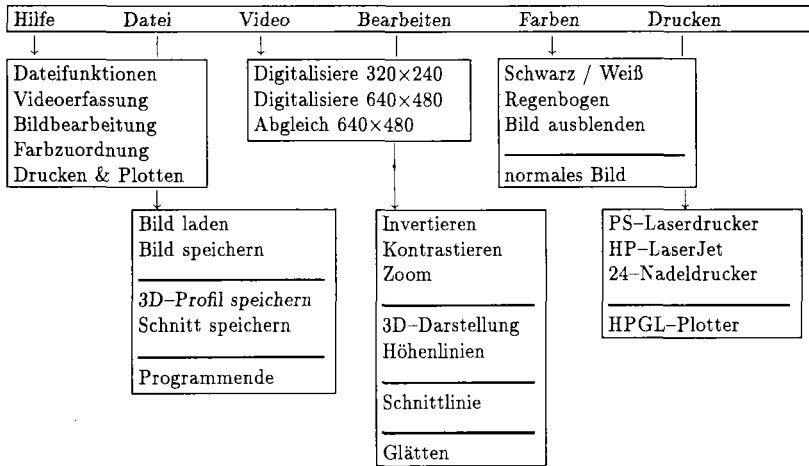


Abbildung 1: Die Menuleiste des Programms **VIVIAN**.

Anwendungen in unserem Praktikum wird kein Objektiv an der Kamera verwendet. Beim Versuch zum Laserresonator wird z.B. das Modenbild des Laserstrahls direkt auf das CCD-Array der Kamera abgebildet. Damit entfällt einerseits das lästige Scharfstellen, und andererseits werden Abbildungsfehler durch die Optik vermieden.

Ist man mit dem Bild zufrieden, kann man durch Drücken der linken Maustaste oder der < RET >-Taste die Menuleiste wieder aktivieren (das aktuelle Bild wird damit festgehalten). Um die volle Dynamik der 64 Graustufen zu erreichen, bietet das Programm die Möglichkeit, die interne Verstärkung des Digitalisierers entweder manuell mit den Tasten + und - oder auch automatisch so lange zu verändern, bis die hellste Stelle des Bildes dem Grauwert 63 (weiß) entspricht. Dies ist natürlich nur dann sinnvoll möglich, wenn das CCD-Array der Kamera nicht bereits gesättigt ist. Man kann dies vermeiden, indem man die Blende des Objektivs (sofern ein solches benutzt wird) schließt, oder Graufilter benutzt.

Um das Bild, das für die Weiterverarbeitung gedacht ist, aufzunehmen, wählt man die hohe Auflösung. Wieder wird durch Drücken der < RET >-Taste das aktuell angezeigte Bild festgehalten. Es kann nun weiterverarbeitet werden.

Hat man vor, bei der weiteren Bearbeitung gravierende Änderungen vorzunehmen, über deren Erfolg man sich im Unklaren ist, sollte man vorher das Bild abspeichern. Das Programm legt dann eine Datei mit der Kennung \*.BLD an, welche das Bild in komprimierter Form enthält. Mit einem kleinen Konversionsprogramm kann eine solche Datei in das bekannte GIF-Format umgewandelt werden, welches z.B. die direkte Einbindung des Bildes bei zahlreichen Textverarbeitungsprogrammen erlaubt.

Arbeitet man mit einem Textverarbeitungsprogramm, welches erlaubt, PostScript-Dateien einzubinden, so kann man die Möglichkeit nutzen, die Druckerausgabe des Programms direkt in eine Datei umzulenken. Die so entstandene PostScript-Datei kann dann direkt übernommen werden. Alle Bilder dieses Artikels sind auf diese Weise direkt in den Text mit eingebunden worden. Allerdings soll nicht verschwiegen werden, daß die entstehenden Da-

teien sehr groß werden (mehrere MB!), weil jedes Bild die Helligkeitswerte aller (640×480) Bildschirmpunkte unkomprimiert enthält.

Wie bereits erwähnt, liefert die Interface-Karte ein Bild in 64 Graustufen. Diese Graustufen können auf dem Monitor als Schwarzweißbild oder als Falschfarbendargestellt werden. Letzteres bietet sich vor allem dann an, wenn Bilder mit wenig Kontrast verarbeitet werden. Ebenso ist es möglich, das Bild vom Monitor völlig auszublenden, wobei es jedoch nicht verloren geht.

### **Bearbeitung der Bilder**

In diesem Abschnitt werden die Möglichkeiten beschrieben, die das Programm zur Weiterverarbeitung der Bilder bietet. Die Bearbeitung der Bilder kann in zwei verschiedene Kategorien eingeteilt werden. Es gibt zum einen eine Bearbeitung des Bildes selbst und zum anderen eine Auswertung der im Bild enthaltenen Informationen (Helligkeit). Die einzelnen Möglichkeiten sind in dem Untermenü *Bearbeiten* in Abbildung 1 dargestellt.

#### **Die Bearbeitungsmöglichkeiten des Bildes selbst**

Oft wird gewünscht, sich ein Detail innerhalb des Bildes genauer anzuschauen. Dazu bietet das Programm eine Zoomfunktion an. Mit Hilfe der Maus oder der Cursortasten kann ein beliebiges Rechteck innerhalb des Bildes positioniert werden, welches den gewählten Bildausschnitt darstellt. Es sei hier noch einmal daraufhingewiesen, daß das Bild nur im Videospeicher der Grafikkarte vorliegt und darum alle Bildbearbeitungsaktionen nicht rückgängig gemacht werden können. Nach dem Zoomen in einen Bildausschnitt (eventuell auch schon beim Originalbild) kann es vorkommen, daß es keine schwarzen Stellen (Grauwert 0) im Bild mehr gibt. Darum kann das Bild kontrastiert werden, d.h. die Skala der vorkommenden Grauwerte wird auf den darstellbaren Bereich (0 ... 63) transformiert. Dadurch ist es möglich, z.B. einen störenden, konstanten Untergrund des Bildes zu 'schwärzen'.

Je nach Grad des Zoomens erscheint das neue Bild mehr oder weniger stark gerastert (vgl. Abbildung 9). Das kommt daher, daß im vergrößerten Bild ein Pixel des Originals durch mehrere Pixel dargestellt wird. Um diesen Effekt zu verringern, gibt es eine Glättungsfunktion. Dabei wird der Grauwert eines jeden Bildpunktes durch einen gewichteten Mittelwert seines eigenen Grauwerts und denen der umgebenden Nachbarpunkte ersetzt. Glättet man ein Bild mehrfach, so können vorhandene feine Strukturen völlig 'weggemittelt' werden.

Für manche Anwendungen ist es wünschenswert, die Graustufen des Bildes zu invertieren (entsprechend einem Schwarzweiß-Negativ). Selbstverständlich ist auch diese einfache Operation möglich.

Daß die Bilder zu jeder Zeit abgespeichert werden können, wurde bereits erwähnt. Da man oftmals ein Bild auf dem Papier benötigt, ist es auch möglich, direkt vom Programm aus, das Bild auszudrucken. Dabei kann zwischen einem Matrixdrucker (extrem langsam und hoher Farbbandverschleiß) und einem PostScript-Drucker (schnell und leise, aber teuer und daher nicht überall vorhanden) gewählt werden. Alle Druckerausgaben (und auch die weiter unten erwähnten Plotterausgaben) können auch in Dateien umgelenkt werden. Dies ist dann wichtig, wenn man erst später ausdrucken kann oder will.

Damit sind die Möglichkeiten, welche das Programm zur Bearbeitung der Bilder selbst bietet, erklärt. Abbildung 2 zeigt ein typisches Bild, welches die TEM<sub>00</sub>-Mode eines Laserstrahls darstellt. Um den Drucker bei der Ausgabe des Bildes nicht allzusehr zu belasten, wurde es invertiert, d.h. die dunklen Stellen des Bildes sind jene mit der höchsten Helligkeit.

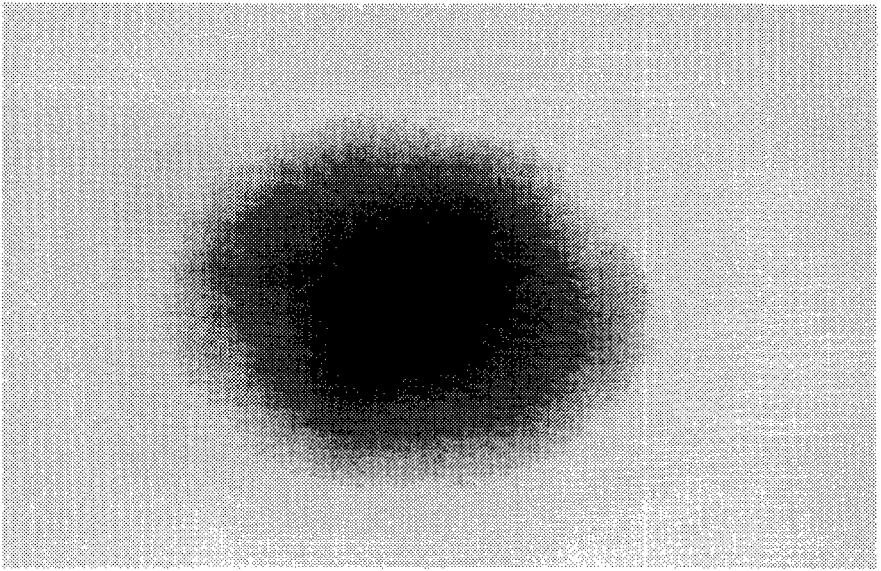


Abbildung 2: Invertiertes Bild einer TEM<sub>00</sub>-Lasermode.

### **Möglichkeiten den Bildinhalt (die Intensitätsverteilung) auszuwerten**

Hierzu wurden 2 Möglichkeiten realisiert: man kann den Intensitätsverlauf entlang einer beliebigen Linie oder die Intensitäten der gesamten Fläche betrachten.

Der Verlauf der Schnittlinie, entlang derer man den Intensitätsverlauf betrachten möchte, kann mit Hilfe der Maus bzw. der Cursortasten definiert werden. Dabei können Lage, Richtung und Länge dieser Linie völlig frei gewählt werden. Nach Definition der Schnittlinie erscheint rechts unten auf dem Bildschirm eine Grafik mit dem Intensitätsverlauf. Die Y-Achse zeigt die Intensität auf einer Skala zwischen 0 und 1. Auf der X-Achse ist die Position des betreffenden Bildpunktes bezüglich des CCD-Arrays der von uns verwendeten Kamera aufgetragen. Abbildung 3 zeigt einen solchen Schnitt durch die TEM<sub>00</sub>-Lasermode, die in Abbildung 2 dargestellt ist.

Für die Darstellung der Intensitätsverteilung des gesamten Bilds wird eine 3D-Darstellung gewählt. Auch sie gibt wieder die X- bzw. Y-Position der Bildpunkte bezüglich der Dimensionen des CCD-Arrays sowie die Intensität an dem betreffenden Bildpunkt an (Abbildung 5). Sowohl der Intensitätsverlauf entlang der Schnittlinie wie auch die 3D-Darstellung können als eine ASCII-Datei abgespeichert werden und auf einem HPGL-fähigen Plotter oder Drucker ausgegeben werden.

Die abgespeicherten Daten können benutzt werden, um sie mit anderen Programmen (z.B. dem Tabellenkalkulationsprogramm *TABULA* [3], dem Fitprogramm *NILFIT* [2] oder einem Plotprogramm) weiter zu bearbeiten. Abbildung 4 zeigt z.B. das Ergebnis eines Fits mit dem Programm *NILFIT*, bei dem ein Gaußprofil an die Daten des Schnitts durch eine Lasermode (Abbildung 3) angepaßt wurde.

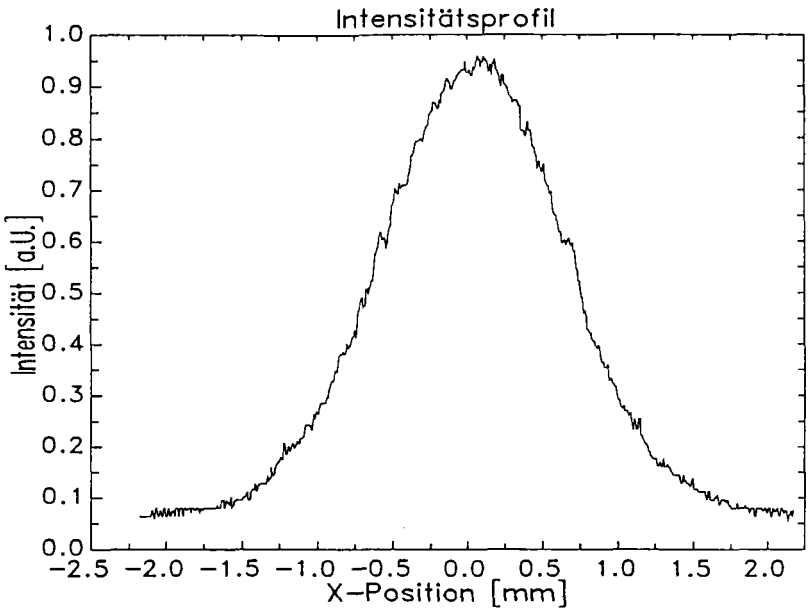


Abbildung 3: Schnitt durch die Lasermode aus Abbildung 2.

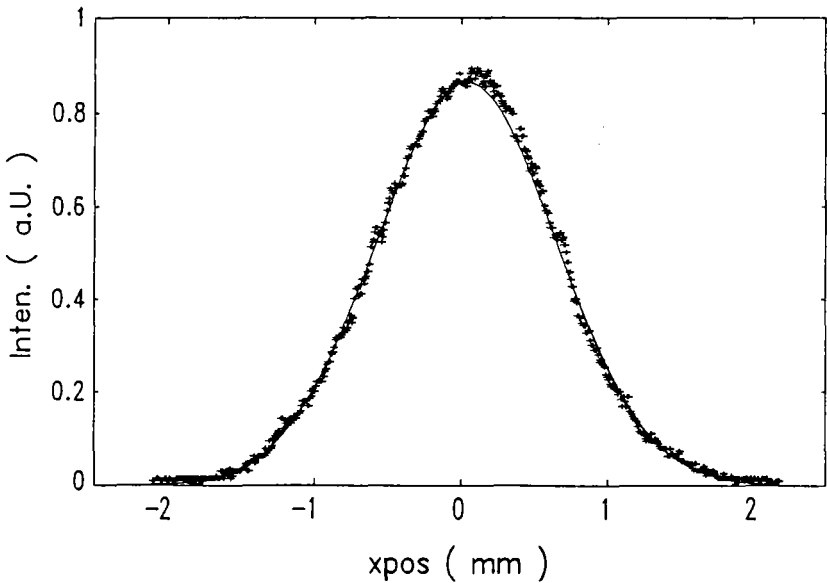


Abbildung 4: Fit eines Gaußprofils (durchgezogene Linie) an den Intensitätsverlauf aus Abbildung 3.

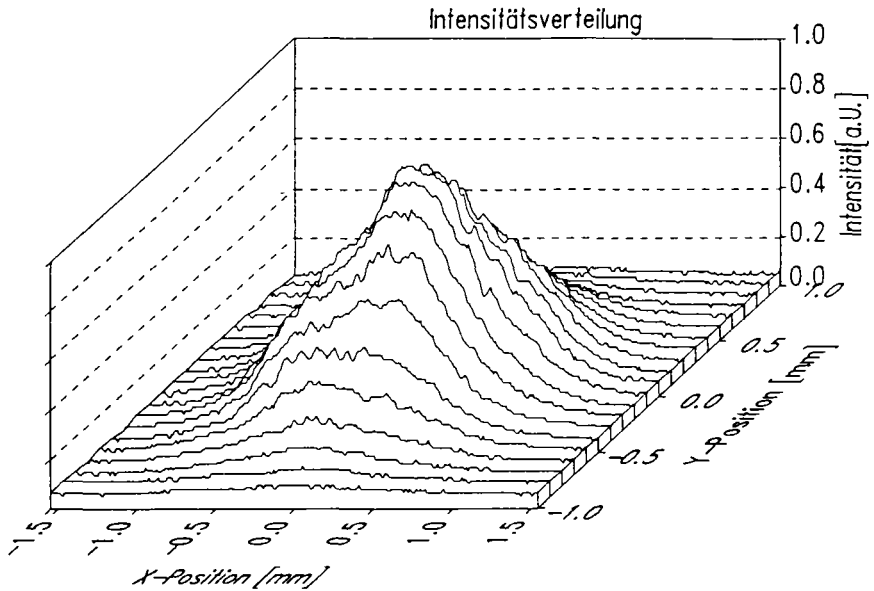


Abbildung 5: 3D-Darstellung der Lasermode aus Abbildung 2.

### Anwendungen des Programms

Das Programm kann im Prinzip überall dort eingesetzt werden, wo es gilt, Lichtintensitäten nachzuweisen. Dabei ist eine gewisse Mindestlichtmenge (abhängig vom Typ der verwendeten Kamera) erforderlich. Die von uns verwendete Kamera benötigt eine Mindestbeleuchtung von 0.05Lx. Es gibt jedoch noch wesentlich empfindlichere Kameras.

### Vorteile des Programms

Das System VIVIAN plus Kamera kann also z.B. in vielen Fällen die fotografische Registrierung ersetzen. Dies ist vor allem in den Praktika ein nicht zu unterschätzender Vorteil, da viele Studenten mit der Fotochemie nicht vertraut sind. Sie erlebten bei der herkömmlichen Methode oft einfach dadurch Rückschläge, daß sie Fehler bei der Entwicklung der Filme oder Bilder machten. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß man sofort sieht, wie das Bild wird, und nicht erst nach der Entwicklung des Films. Dies ist besonders wichtig, wenn man bei der Justage eines Experiments direkt und sofort den Stand der Dinge kontrollieren möchte. Nicht unterschätzen darf man dabei die Zeitersparnis durch den Wegfall der oben genannten Verarbeitungsschritte. Darüberhinaus ist ein Blatt Papier (selbst der Ausdruck eines Laserdruckers) billiger als ein Foto, sodaß man auf Dauer gesehen auch Geld sparen kann.

### Anwendungsbeispiele für das Programm

Im Fortgeschrittenen Praktikum der Universität Kaiserslautern wird das Programm an den Versuchen zur Abbe'schen Mikroskoptheorie und zum Laserresonator eingesetzt. Die Abbildung 2 der Lasermode ist das Ergebnis eines solchen Praktikumsversuchs. Das Programm



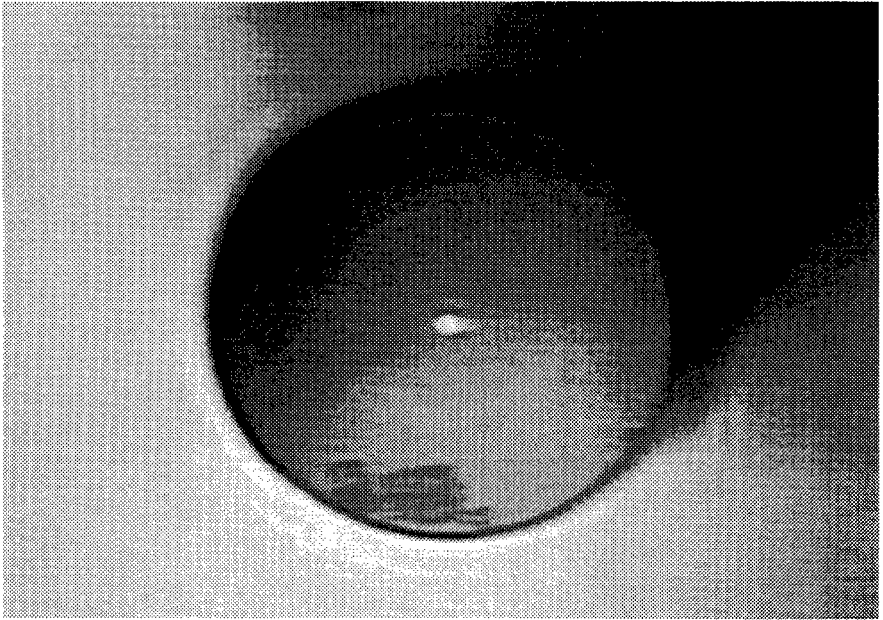


Abbildung 6: Mikroskopische Aufnahme des Endes einer Glasfaser. Der Durchmesser der Faser beträgt etwa  $200\mu\text{m}$ , der Durchmesser des hellen Kerns etwa  $10\mu\text{m}$ .

wird auch im normalen Laborbetrieb eingesetzt um dort z.B. die Qualität eines Laserstrahls zu beurteilen.

Ein weiteres Beispiel zeigt Bild 6. Hier wurde das Programm zu Dokumentationszwecken eingesetzt. Gezeigt ist die mikroskopische Aufnahme des Endes einer Glasfaser. Der Kern der Faser ist deutlich als heller Fleck in der Mitte zu erkennen. Bei geeigneter Eichung des Systems kann man auf diese Weise die Dimensionen der Faser bestimmen.

Ein weiteres Beispiel stellt die Beugung am Spalt dar. Gibt man das Beugungsbild direkt auf das CCD-Array der Kamera, so kann man daraus sofort die Abstände der Beugungsminima und Maxima bestimmen (Bild 7).

Um das Auflösungsvermögen des Systems Kamera und Digitalisierer zu testen, kann man eine scharfe kontrastreiche Kante aufnehmen (Abbildung 8). Bei dem geeigneten Beispiel handelt es sich um eine Rasierklinge vor einem sehr hellen Hintergrund. Im unteren Teil der Abbildung ist der Verlauf der Intensität entlang einer Schnittlinie dargestellt. Man erkennt deutlich die scharfen Kanten, die eine Ausdehnung von nur wenigen Bildpunkten haben. In Abbildung 9 ist sehr kleiner Ausschnitt aus dem gleichen Bild gezeigt. Durch die extreme Vergrößerung wurde aus jedem ursprünglichen Bildpunkt ein deutlich erkennbares Rechteck. Das Intensitätsprofil zeigt, daß die Kante über sechs Bildpunkte (die deutlich erkennbaren Stufen im Intensitätsverlauf) ausgedehnt ist. Wie man an der Skala darunter ablesen kann,

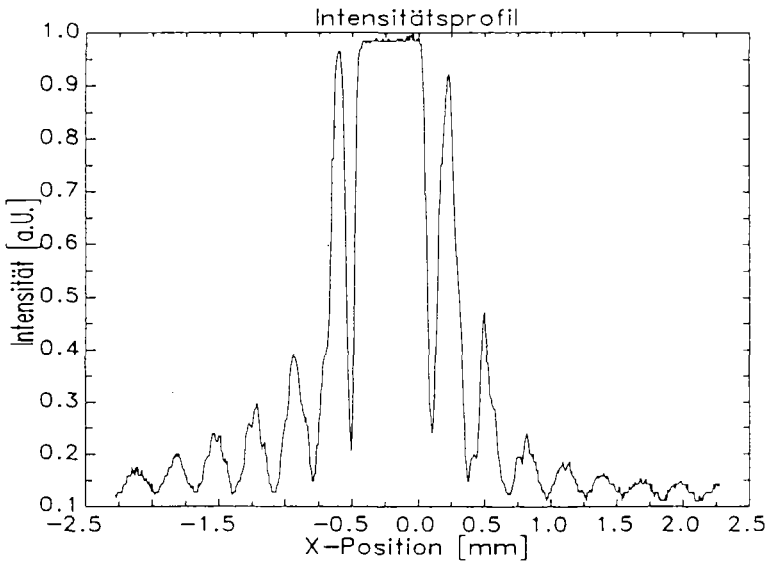
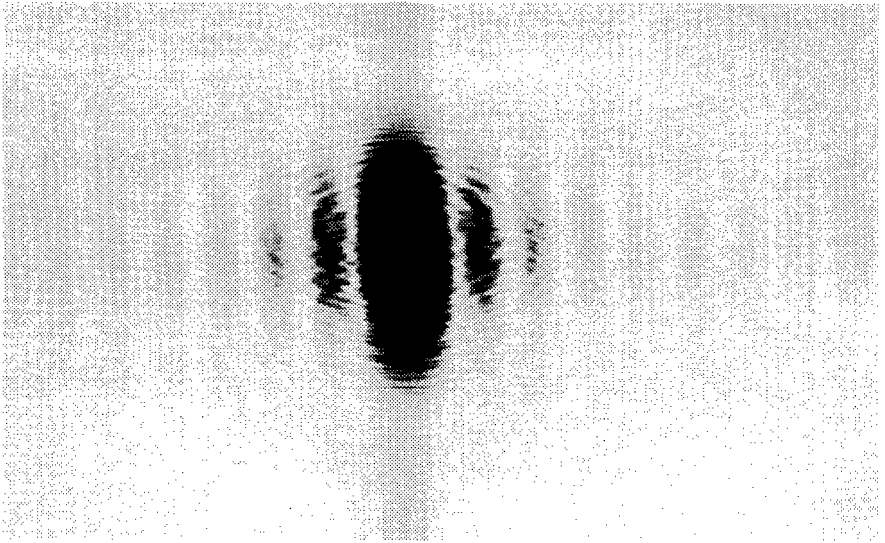


Abbildung 7: Beugungsbild eines Spalts mit zugehöriger Auswertung. Im oberen Bild ist die invertierte Darstellung des Beugungsbilds zu sehen, im unteren der zugehörige Intensitätsverlauf entlang der Mittellinie. Die überlagerten ringförmigen Strukturen entstanden durch Interferenzen an Graufiltern, welche verwendet wurden, um das CCD-Array der Kamera nicht zu sättigen.

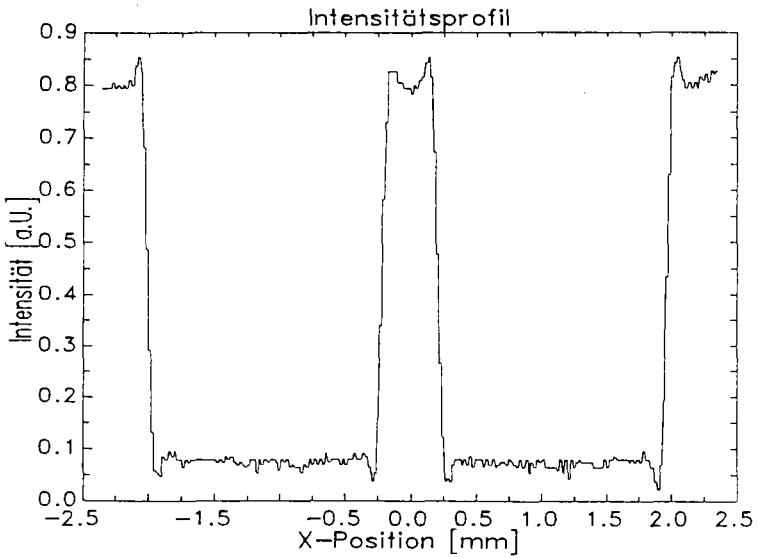
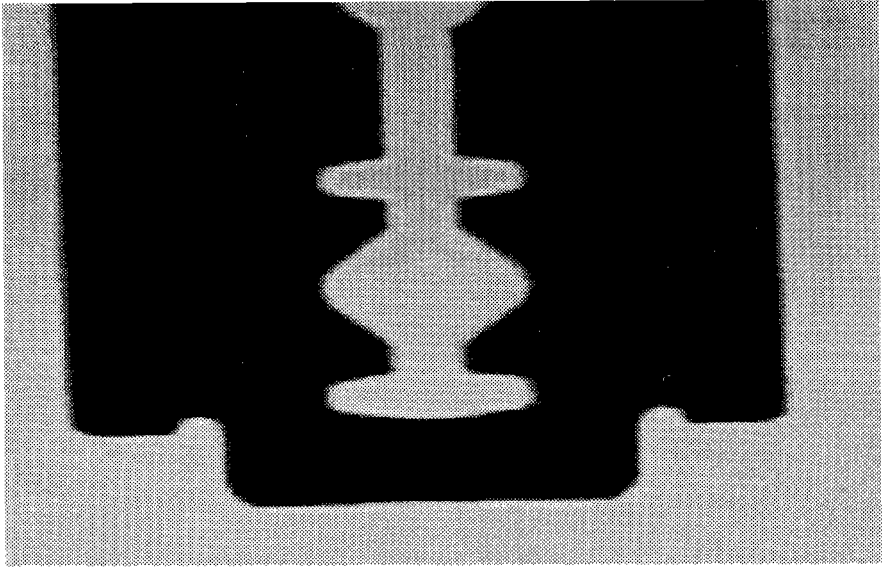


Abbildung 8: Aufnahme einer Rasierklinge. Oben das Bild, unten das Intensitätsprofil.

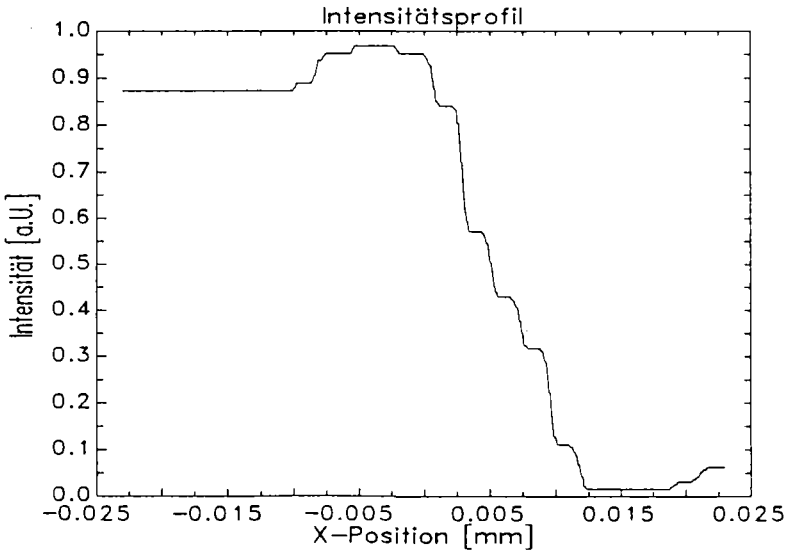
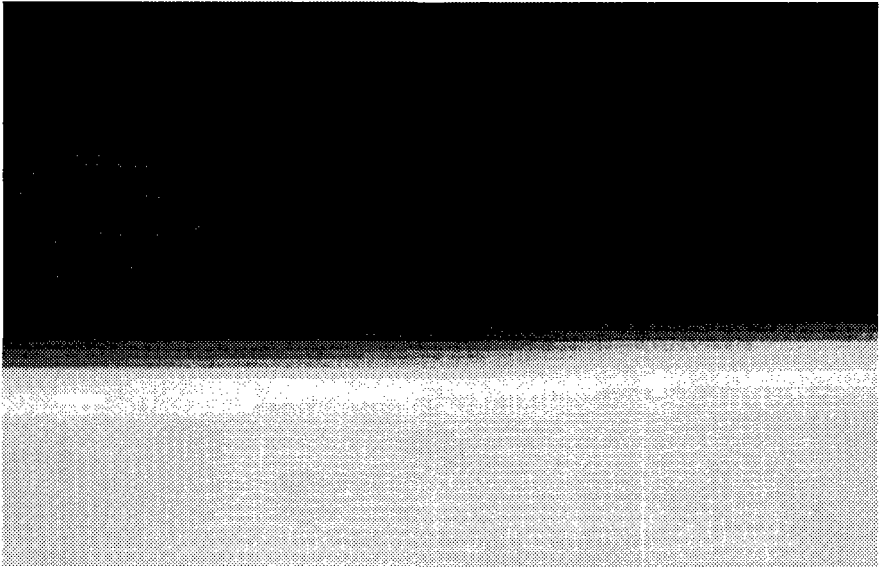


Abbildung 9: Extreme Ausschnittvergrößerung aus Abbildung 8. Das Intensitätsprofil (unten) läßt die einzelnen Graustufen (= Bildpunkte des unvergrößerten Bildes) erkennen.

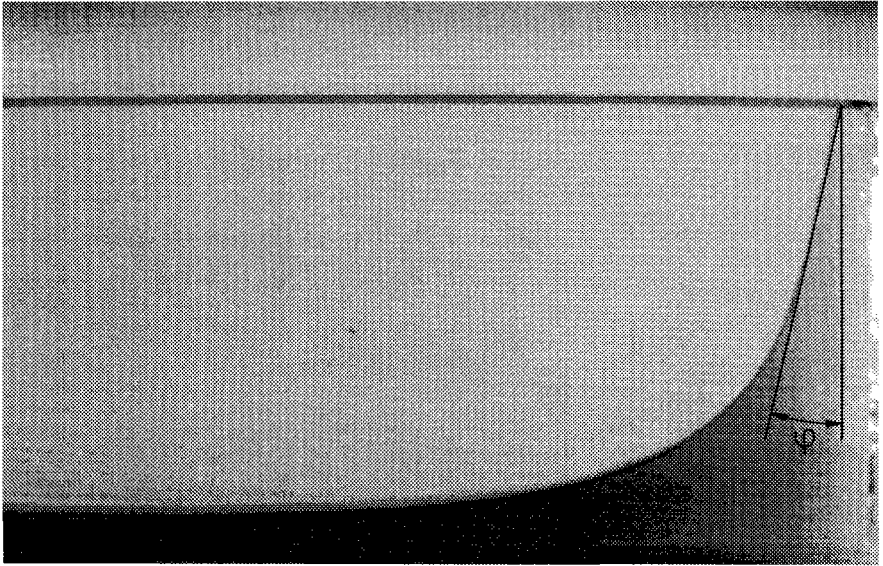


Abbildung 10: Bild zur Bestimmung der Oberflächenspannung einer Flüssigkeit. Der Randwinkel  $\varphi$  ist schematisch eingezeichnet.

erstreckt sich die 'Ausdehnung' des Intensitätssprungs nur über rund 0.01 mm. Das läßt die Vermutung zu, daß man damit an die Grenze der Auflösung des Systems stößt, da die Dioden des CCD-Arrays ebenfalls einen Abstand haben, welcher in dieser Größenordnung liegt.

Als letztes Beispiel sei eine Anwendung zur Bestimmung der Oberflächenspannung erwähnt. Diese kann aus dem Randwinkel der Flüssigkeit (das ist der Winkel, den die Tangente an die Oberfläche mit der Gefäßwand bildet) bestimmt werden. Dazu nimmt man mit der Kamera die Oberfläche einer Flüssigkeit in einem keilförmigen Glasgefäß auf (Abbildung 10). Das Bild wird ausgedruckt und die Studenten vermessen einige Punkte der Oberflächenkurve mit dem Lineal. Anschließend bestimmen sie mit Hilfe des schon erwähnten Programms *NILFIT* die Parameter einer geeigneten Funktion. Die Ableitung dieser Funktion im Punkt, wo die Oberfläche die Wand erreicht, liefert die gesuchte Tangente, deren Winkel  $\varphi$  mit der Wand der gesuchte Randwinkel ist.

Zum Abschluß sollen nun noch einige weitere Einsatzmöglichkeiten von **VIVIAN** erwähnt werden:

**FP-Versuch Abbe'sche Mikroskoptheorie**

Aufnahme verschiedener Ordnungen von Beugungsbildern

**FP-Versuch Zeeman-Effekt**

Aufnahme der Interferenzringe eines Fabry-Perot-Interferometers zur Vermessung der Linienaufspaltung

## **FP-Versuch Röntgenstrukturanalyse**

Vermessung von Debye-Scherrer- bzw. Laue-Aufnahmen

## **AP-Versuch Magnetisierung**

Aufnahme und Vermessung der Größe Weiss'scher Bezirke

## **AP-Versuch Schlierenoptische Temperaturmessung**

Aufnahme eines Schlierenbildes zur Bestimmung einer Temperaturverteilung nach dem sogenannten Gitterblendenverfahren.

## **Zusammenfassung**

Das beschriebene Programm **VIVIAN** wird seit einem Jahr mit großem Erfolg im Fortgeschrittenen Praktikum der Universität Kaiserslautern eingesetzt. Mit seiner Hilfe können Videobilder bearbeitet und ausgewertet werden. Es ermöglicht eine Vielzahl von Bildmanipulationen und eine anschließende quantitative Auswertung dieser Bilder. Um eine erträgliche Verarbeitungsgeschwindigkeit zu erreichen, ist das Programm auf eine spezielle Hardware angewiesen:

- IBM-kompatibler PC-AT mit mindestens 640kB RAM
- Super VGA Card von Paradise oder alternativ  
Super VGA Card mit TSENG-ET 3000 Chipsatz
- Video-Digitizer Video 1000/64 von  
Ing. Büro Fricke, Berlin

Bei unseren Versuchen wird eine Kamera Typ SDT 1801 CT der Firma Dr. Seitner Datentechnik verwandt. Diese hat einen CCD-Sensor von  $6 \times 4.5$  mm Größe. Darauf sind die Längenangaben in den Intensitätsdiagrammen (z.B. in den Abbildungen 5, 8 und 9), welche vom Programm ausgegeben werden bezogen.

Das Programm kann sowohl mit der Maus (sollte Microsoft kompatibel sein), als auch mit der Tastatur bedient werden. Die Bilder können abgespeichert, oder auf PostScript- bzw. Matrixdruckern ausgegeben werden. Diagramme der Auswertungen kann man auf einem HPGL-Plotter zu Papier bringen.

Das Programm entstand im Rahmen eines Modellversuchs, welcher mit Mitteln des Bundesministers für Bildung und Wissenschaft gefördert wurde (Förderungsnummer M 0977.00). Es kann bei den Autoren gegen Entrichtung einer geringen Schutzgebühr inclusive einer ausführlichen Anleitung bezogen werden.

## **Literatur**

- [1] *U. Diemer, H.-J. Jodl*  
Phys. Blätter **48** 1992 S. 739  
Computer in Praktika
- [2] *M. Thoma*  
Programm *NILFIT*  
Fachbereich Physik, Universität Kaiserslautern (1988)
- [3] *A. Kuhn*  
Programm *TABULA V3.30* Fachbereich Physik, Universität Kaiserslautern (1992)