

große Meteore besitzen beim Aufprall noch eine sehr hohe kinetische Energie. Sie schlagen große Krater und verdampfen vollständig. Daher kann man auf der Erde zwar kleine Meteoriten ausgraben, findet aber keine der spektakulären frühgeschichtlichen Riesenmeteoriten. Im Sinne des Experimentierens mit Ideen lassen sich nicht nur Parametervariationen schnell durchführen und in neue Vorhersagen umsetzen; es können auch unterschiedliche Annahmen über die Form der Bremsbeschleunigung ausgetestet werden (z.B. lineares versus quadratisches Kraftgesetz).

### 3.3 Kugelstoßen

Zum Standardrepertoire der Mechanikvorlesung gehört der schräge Wurf. Als eine Übungsaufnahme gilt die Ermittlung des optimalen Abwurfwinkels zum Erzielen einer großen Wurfweite. Unter den vereinfachenden Annahmen, daß Abwurf- und Auftreffpunkt auf gleicher Höhe liegen und die Luftreibung ausgeschlossen bleibt, ergibt sich 45 Grad. Beide Bedingungen findet man im Alltag kaum. Beim Torwartabstoß ist die Reibung nicht vernachlässigbar. Beim Kugelstoßen liegt der Abwurfpunkt deutlich höher als der Landepunkt. Beide Effekte kann man mit einer numerischen Simulation sehr einfach berücksichtigen. Der Zusammenhang zu Realbewegungen kann dann durch Analyse von entsprechenden Videoaufzeichnungen hergestellt werden.



Abb. 5: Ermittlung des Abwurfwinkels beim Kugelstoßen aus einem digitalisierten Video des Bewegungsvorgangs.

Abbildung 5 zeigt ein Einzelbild aus einer kurzen Videosequenz der Abwurfphase. Das Video wurde mit einer normalen S-VHS-Kamera aufgezeichnet und mittels einer Digitalisierungskarte in computerlesbarer Form auf der Festplatte abgespeichert. Mit dem Programm

*2D\_Video\_QT* kann der Softwarefilm bildweise abgepielt werden, um mit der Maus die Positionen der Kugel in den „frames“ zu markieren. In der Abbildung sind die Positionen der 5 davorliegenden frames mit eingeblendet. Die so ermittelten Koordinaten werden als Datentabelle an das Tabellenkalkulationsprogramm *MatheLab* exportiert und dort grafisch weiterverarbeitet. Man legt eine Tangente an die Anfangsphase der gedachten Flugbahn und bestimmt den Winkel gegenüber der Horizontalen. Der Winkel sollte stets unterhalb von 45 Grad liegen. Ein Vergleich mit theoretisch berechneten Werten oder Ergebnissen der numerischen Simulation zeigt, ob die Werferin in dem für sie optimalen Winkelbereich gestoßen hat. Für eine tiefere Analyse müssen sportphysiologische Aspekte einbezogen werden (s. dazu Walter 1995).

## 4 Implementation

### 4.1 Einsatz in Lehrveranstaltungen

Multimedia wird im Studium für das Lehramt Physik in folgenden Veranstaltungen eingesetzt:

- Grundkurs Physik (1. bis 4 Semester)  
(Vorlesung, Praktikum, Übungen; 6 Semesterwochenstunden; Anteil der Nutzungszeit von Multimedia bezogen auf die Veranstaltungszeit ca. 10-15%)
- Einführung in schulgemäßes Experimentieren (Praktikum; 3 SWS; ca. 10-20%)
- Computereinsatz im Physikunterricht (Kurs und Praktikum; 2 SWS; durchgehend)

Im Grundkurs dient Multimedia der Unterstützung physikalischer Lernprozesse. In den beiden anderen Veranstaltungen überwiegen das Lernen *über Multimedia* und die fachdidaktische Komponente, d.h. die Reflexion von Zielen und Wirkungen im Hinblick auf Physikunterricht. Aber auch dies erfolgt anhand fachlicher Untersuchungen.

In der Vorlesung wird das Videosignal in eine Großprojektionseinheit eingespeist. Für Praktika und Übungen stehen den Studierenden im Praktikum 7 Einheiten zur Verfügung. Die Ausstattung eines Arbeitsplatzes mit physikspezifischer Hard- und Software kostet neben dem PC sowie Bildschirm und Drucker etwa 5000 DM.

### 4.2 Studiengangsübergreifende Aspekte der Implementation

Die folgenden Ausführungen zum Einsatz von Multimedia in die Hochschullehre beruhen auf einer Erhebung zum Implementationsstand an der Universität Bremen (Friedrich 1997). Sie gelten studiengangsübergreifend nicht nur für die Physik.

#### *Multimedia hält nur langsam Einzug in Pflichtveranstaltungen des Grundstudiums*

Das Grundstudium hat in kanonisierten Fächern wie der Physik eine lange Tradition und sollte nach Auffassung vieler Lehrender – wenn überhaupt – nur sehr behutsam umgestaltet werden. Leichter ist es, *Zusatzangebote* im Hauptstudium zu machen, wo nach der obengenannten Erhebung umfangreicher auf Multimedia zurückgegriffen wird. Im Fachbereich Physik/Elektrotechnik bestanden Freiräume im Lehrergrundstudium als Experimen-