

2 Grundlagen

2.1 Was kennzeichnet Bewegung?

In der Physik bezeichnet Bewegung die Ortsänderung eines Körpers innerhalb einer bestimmten Zeit. Verharrt der Körper dagegen am selben Ort, so ruht er. In Abhängigkeit des Betrachters kann Bewegung verschiedene Eigenschaften annehmen, je nachdem wie sie örtlich und zeitlich verläuft:

- **Absolute und relative Bewegung.** Absolute Bewegung geschieht unabhängig von einem Bezugssystem. Sie ist nicht wahrnehmbar, da sie viele Bewegungskomponenten enthält, welche außerhalb unserer Erfahrung liegen. Alle wahrnehmbare Bewegung ist demnach relativ, das heißt, sie ist eine Ortsveränderung eines Körpers in einem Bezugssystem oder in Bezug auf einen anderen Körper. Beispielsweise kann die Bewegung eines Schiffes auf dem Ozean noch wahrgenommen werden. Die Drehung der Erde und deren Kreisen um die Sonne nehmen wir als Tag und Nacht wahr, jedoch nicht als unsere eigene Bewegung.
- **Wirkliche und scheinbare Bewegung.** Die Bewegung ist wirklich, wenn der bewegte Körper als bewegt und der unbewegte als ruhend angesehen werden. Sie ist scheinbar, wenn der bewegte Körper als ruhend und der unbewegte als bewegt gelten. Scheinbare Bewegung erfährt man, wenn man während einer Zugfahrt am Bahnhof steht und meint, der eigene Zug fahre los, aber in Wirklichkeit ist es der sich am Bahnsteig gegenüber befindende.
- **Geradlinige (translatorische) und krummlinige (rotierende) Bewegung.** Die Bewegung ist geradlinig, wenn der Körper seine Bewegungsrichtung unverändert beibehält (Translation: Parallelverschiebung). Sie ist krummlinig, wenn er sie ständig ändert. Das Extrem ist die Rotation, wobei der Körper an verschiedenen Stellen unterschiedlich große Geschwindigkeiten besitzt. So nimmt die Geschwindigkeit eines rotierenden Rades von innen nach außen zu.

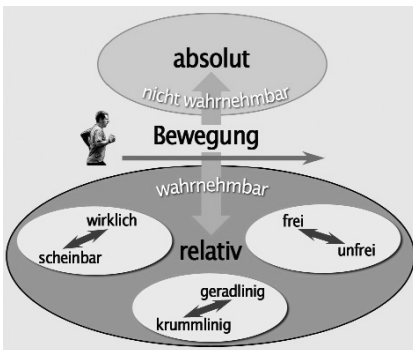


Abb. 2.1: Wahrnehmbare Bewegung kann unterschiedliche Eigenschaften haben.

Eine physikalische Größe, um die Bewegung zu messen, ist die Geschwindigkeit (v). Zur Bestimmung der Geschwindigkeit müssen der Weg des Körpers (s) und die Dauer der Bewegung (t) bekannt sein. Diese Größen stehen in folgendem Zusammenhang:

$$v = \frac{s}{t}$$

Daraus wird die Abhängigkeit von Zeit und Weg (Ortsveränderung) deutlich. Bleibt die Geschwindigkeit konstant, spricht man von gleichförmiger Bewegung. Ändert sie sich, nennt man sie ungleichförmig. Ist die ungleichförmige Bewegung mit einer stetig wachsenden Geschwindigkeit verbunden, heißt sie beschleunigte Bewegung¹. Ein sich bewegendes Körper besitzt kinetische² Energie E_{kin} . Sie ist abhängig von Geschwindigkeit (v) und Masse (m) des Körpers. Mit der Formel

$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$$

lässt sich der Zusammenhang darstellen. Je größer die Masse oder die Geschwindigkeit des Körpers ist, desto mehr kinetische Energie besitzt er. Das bedeutet aber auch, dass ihm diese Energie vor seiner Bewegung zugeführt wurde: Bewegung und Ruhe können nur durch die Einwirkung von Kräften hervorgerufen werden. Diese Kräfte können einfach sein, wenn sie nur auf eine Kraft zurückzuführen sind, oder zusammengesetzt sein, wenn sie auf mehrere Kräfte zurückzuführen sind. Eine Bewegung wird als frei bezeichnet, wenn ein Körper ungehindert der Wirkung der ihn bewegendes Kräfte folgen kann, und als unfrei, wenn ihm eine feste Bahn vorgeschrieben ist. Die Bewegungsrichtung eines Körpers wird also durch die Richtung der auf den Körper einwirkenden Kraft oder die Summe von Vektoren mehrerer, gleichzeitig einwirkender Kräfte bestimmt. Wirken unterschiedliche Kräfte verschiedener Richtungen zeitlich unabhängig auf einen Körper ein, spricht man von chaotischer Bewegung.

Im Bereich der Medizin oder Physiologie versteht man unter Bewegung das Gehen, Laufen oder sonstiges Bewegen des Körpers eines Menschen. Die Beschaffenheit des menschlichen Körpers erlaubt eine Fortbewegung, der Mensch kann sich mit eigenen Kräften von einem Ort zum anderen bewegen. Menschliche Bewegungen können auf physikalische Weise betrachtet oder auf solche Erscheinungen zurückgeführt werden.

Bewegung in Film und Fernsehen ist ein Abbild der Realität. Eine fortlaufende Darstellung von zeitlich diskret aufgenommenen Standbildern ruft unter Ausnutzung von augenphysiologischen Eigenschaften die Wahrnehmung von Bewegung hervor.

¹ Für die sogenannte gleichmäßige Beschleunigung a gilt: $a = \frac{v - v_0}{t}$

² Bewegungsenergie

Der Bildschirm ersetzt in diesem Fall unser eigenes, direktes Erfahren. Dadurch wird allerdings die Bestimmung von oben genannten Bewegungseigenschaften nicht oder nur bedingt eingeschränkt.

2.2 Bewegungsarten in Film und Fernsehen

2.2.1 Objektbewegung

Bewegt sich ein Objekt innerhalb einer Bewegtbildszene, spricht man von Objektbewegung oder lokaler Bewegung. Die Form der Bewegung, welche ein Objekt ausführt, kann unterschiedliche Anforderungen an die Bewegungskonstruktion haben. Der sprechende Mund eines Moderators vollführt weniger Bewegung als der vom Dach springende Actionheld. Trotzdem kann der Actionheld, wenn er beispielsweise in einer Totalen³ gefilmt wird, das gleiche Ausmaß an Bewegung bezüglich des Bildes hervorrufen.

An dieser Stelle sollen typische, in Bewegtbildern vorkommende Bewegungen von Objekten wie Personen, Fahrzeugen oder Gegenständen und ihrer Umgebung beschrieben werden. Diese Bewegungsarten beziehen sich auf das Bild, welches eine feststehende Kamera abbildet. Grundsätzlich ist zu sagen, dass alle möglichen Bewegungen auf vielfältigste Weise mit einer Kamera aufgezeichnet werden können, weshalb hier nur ein geringer Ausschnitt dessen genannt wird, was wirklich realisierbar ist.

2.2.1.1 Personen

Personen sind die am häufigsten gezeigten Objekte in Film und Fernsehen. Geschichten werden mittels Protagonisten⁴ erzählt, Nachrichten von Moderatoren präsentiert, in Shows treten Künstler auf. Ein Mensch vollzieht sogenannte biologische Bewegung, er hat etwa 200 Freiheitsgrade, um sich zu bewegen und verschiedenste Bewegungsformen auszuführen. Bezüglich des Bildes kann sich eine Person innerhalb einer Szene oder durch den Bildausschnitt bewegen. Diese Bewegung kann in verschiedenen Geschwindigkeiten, auch beeinflusst durch die Einstellungsgröße⁵ und Entfernung der Kamera zur Person, auftreten. Schnelles Gehen in einer totalen Einstellung kann eine geringe Bewegungskonstruktion erfordern, im Gegensatz zu langsamer Fortbewegung aufgenommen in einer Nah- oder Großeinstellung. Finden beispielsweise Bewegungen eines Tänzers an ein und demselben Punkt statt, können seine Arm- und Beinbewegungen trotzdem hohe Geschwindigkeiten erreichen. Bewegt sich eine Person auf die Kamera zu, führt das zusätzlich zu einer Ausdeh-

³ In einer Totalen bekommt der Zuschauer einen Überblick von der gesamten Szene.

⁴ Synonym für Schauspieler oder Darsteller

⁵ Die Einstellungsgröße sagt aus, wieviel von einer Person oder einem Objekt im Bild gezeigt wird.

nung des Körpers bezüglich des Bildausschnitts. Menschliche Bewegungen setzen sich aus horizontalen, vertikalen und rotierenden Bewegungskomponenten zusammen. Daraus kann bei gleichzeitiger Betrachtung aller Gliedmaßen ein chaotischer Bewegungseindruck entstehen. Dennoch verläuft die Bewegung einer Person als einheitlicher Körper meist gleichförmig, aber nicht immer geradlinig. Menschliche Bewegungsformen sind teilweise auch auf Tiere übertragbar.

2.2.1.2 Fahrzeuge

Fahrzeuge können indirekt von Personen bewegt sein (z. B. ein Auto). Die Bewegungen verlaufen für gewöhnlich auf einer geradlinigen Bahn in horizontaler Richtung (Auto auf einer Straße, Schiff auf einem Fluss). Die Muster der Bewegungen sind größtenteils ganzheitlich, das heißt, sie bewegen sich ohne oder nur mithilfe weniger Teilbewegungen fort (Rad eines PKW oder Propeller des Flugzeugs). Ein Fahrzeug kann auf eine Kamera zufahren oder sich entfernen, was einer Ausdehnung oder einem Zusammenziehen des Fahrzeugs im Bild entspricht. Auch hier ist die im Bild auftretende Bewegungsgeschwindigkeit des Fahrzeugs abhängig von Einstellungsgröße und Entfernung zur Kamera. Je nach Standpunkt und Blickrichtung der Kamera kann ein Fahrzeug neben der meist horizontalen Bewegungskomponente auch vertikale Bewegungen im Bild hervorrufen. Ein Extrembeispiel hierfür ist der Blick von einer Autobahnbrücke (vgl. Abb. 2.2) oder das Abheben eines Hubschraubers. Bewegte Teile an Fahrzeugen, wie beispielsweise Räder von Autos oder Fahnen auf Schiffen, können rotierende und bisweilen auch chaotische Bewegungskomponenten erzeugen.

2.2.1.3 Gegenstände

Von Personen direkt und kontinuierlich bewegte Gegenstände zeigen menschliche Bewegungsformen (Halten und Abstellen eines Glases). Werden Gegenstände von Personen oder anderen Mechanismen nur in Bewegung gesetzt, verläuft ihre Bewegung nach physikalischen Gesetzen (freier Fall, parabelförmige Bahn eines Ballwur-



Abb. 2.2: Bewegung eines PKW (vertikal mit geringen horizontalen Anteilen)



Abb. 2.3: Rotation eines Autoreifens

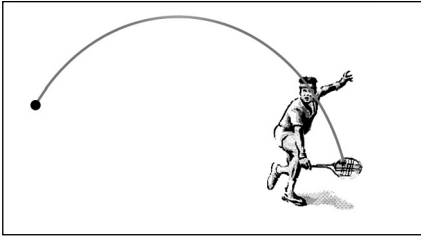


Abb. 2.4: Die Flugbahn eines Tennisballs folgt physikalischen Gesetzen.

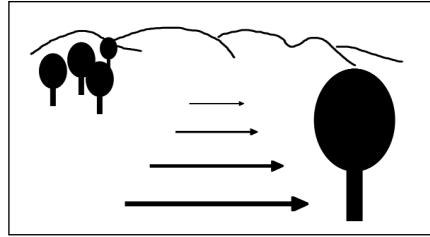


Abb. 2.5: Der wahrgenommene optische Fluss eines in Fahrtrichtung rechts aus dem Zug blickenden Fahrgastes.

fes) oder ist abhängig von den verfügbaren Freiheitsgraden (Pendel einer Uhr). Somit ergeben sich dabei ebenfalls horizontale, vertikale und rotierende Bewegungskomponenten, die je nach Blickwinkel und Einstellungsgröße mehr oder weniger Bewegung im Bild hervorrufen können.

2.2.1.4 Umwelt

Alles, was sich nicht direkt in der Aufmerksamkeit des Zuschauers befindet, fällt in den Bereich Umwelt, also zum Beispiel eine Stadtkulisse, eine Landschaft oder ein Raum. Für gewöhnlich sind diese Objekte statischer Natur, trotzdem können dabei scheinbare oder wirkliche Bewegungen im Bild auftreten. Scheinbare, sobald sich die Kamera in oder auf einem anderen sich bewegendem Objekt befindet (z. B. Filmszene in einem Zug, wobei ein Fenster mit Blick nach außen im Bild zu sehen ist), wirkliche, wenn sich Teile der Umwelt bewegen. Das können Wolken sein, die sich geradlinig bewegen, oder Blätter in einer Baumkrone, die sich chaotisch im Wind bewegen. Dadurch können allerdings sehr hohe Anforderungen an die Bewegungsauflösung gestellt werden, da auch detailreiche Bewegungen in der Szene vorhanden sein können.

2.2.2 Kamerabewegung

Kamerabewegung wird auch als globale Bewegung bezeichnet, da sich mit ihr der gesamte Bildinhalt verschiebt oder ändert. Zum besseren Verständnis soll die Kamera zuerst mit dem menschlichen Auge verglichen werden. Das Auge selbst ist nie in Ruhe. Es gibt verschiedene Arten von Augenbewegungen, welche in späteren Kapiteln näher erläutert werden. Trotz ständiger Verschiebung des Netzhautbildes nehmen wir eine stabile Umwelt wahr. Kamerabewegungen dagegen entsprechen in den meisten Fällen nicht unseren Sehgewohnheiten. Die bei einer Kamerafahrt langsam vorbeiwandernde Umwelt erfassen wir in der Realität nie in solch einem gleichmäßigen Ablauf. Dies macht allerdings auch den Reiz dieses filmografischen Mittels aus.

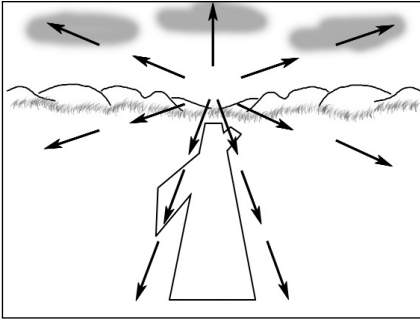


Abb. 2.6: Annäherung: Der optische Fluss aus Sicht eines Piloten während der Landung.

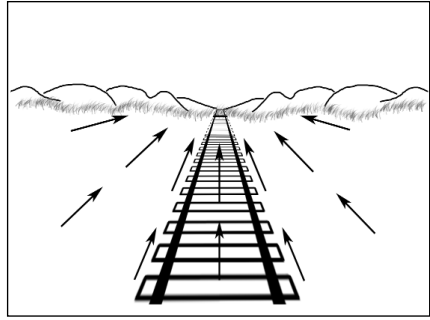


Abb. 2.7: Entfernung: Der optische Fluss vom letzten Wagon eines Zuges mit Blick nach hinten.

Identifizieren lässt sich Kamerabewegung am optischen Fluss. Der optische Fluss ist die bewusste oder unbewusste Übertragung von Bewegungsvektoren der Umwelt (Richtung und Geschwindigkeit) in die zweidimensionale Bildebene einer Kamera (siehe Abb. 2.5). Im Vergleich zweier aufeinander folgender Kamerabilder lassen sich durch die Verschiebung einzelner Bildpunkte diese Vektoren feststellen.

Die Beziehung zwischen tatsächlicher Bewegung und optischem Fluss lässt sich folgendermaßen beschreiben:

1. Befindet sich die umgebende Umwelt im Fluss (Bewegungsvektoren sind vorhanden), wird Bewegung angezeigt; fließt sie nicht (fehlende Vektoren), dann findet keine Bewegung statt.
2. Ein Auseinanderstreben der Vektoren bestimmt Annäherung (siehe Abb. 2.6), fließen sie zusammen, entfernt sich die Kamera oder der Betrachter (siehe Abb. 2.7).
3. Der Mittelpunkt oder das Zentrum der Bewegungsvektoren und damit des Auseinanderstrebens bestimmt die Richtung der Bewegung im Raum (siehe Abb. 2.8).
4. Eine Verschiebung des Ausflusszentrums zu einem anderen Bildpunkt bedeutet eine Änderung der Bewegungsrichtung oder Drehung, ein im Bild gleichbleibendes Ausflusszentrum bedeutet keine Richtungsänderung.

In der Filmgestaltung wird beim Verfolgen einer Bewegung von Kameraführung gesprochen. Dazu gehören der horizontale Schwenk, die vertikale Neigung, der Zoom und die Fahrt. Grundsätzlich werden durch die Kameraführung Objekte im Bild gehalten, was dann eine Kamerabewegung zur Folge hat, wenn sich das Objekt bewegt. Die Kamerabewegung kann zur Unterstützung von dramaturgischen Absichten eingesetzt werden und verschiedene Ziele haben:

- Verfolgen von Objekten (z. B. Protagonisten, Fußball)
- Auslösung von Reizwechseln (Bewegung erzeugt mehr Interesse beim Zuschauer)
- Unterstützung von dargestellten Bewegungsabläufen (zusätzliche Dynamik)

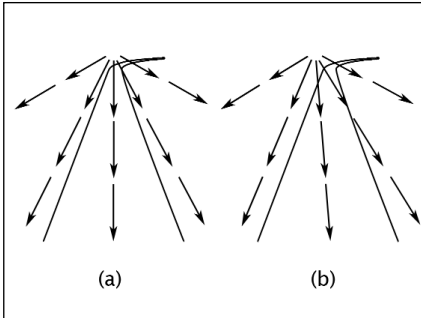


Abb. 2.8: Bei (a) befindet sich der Fahrer auf der Spur. Die Bewegungsflusslinie (Locomotor Flow Line) liegt in der Mitte der Fahrbahn und die Flusslinien scheinen aus der Kurve zu strömen. In (b) trifft keine dieser Gegebenheiten zu. Der Fahrer ist nicht auf der Spur. [Bruce85]

- Orientierungshilfe (Übersichtsfahrt, Panoramaschwenk, Filmeinführungen)
- Einführung von Protagonisten (weiterer Protagonist tritt in eine Szene)
- begreifbarere räumliche Ausdehnung (z. B. Rundum-Schwenk)
- Vermeidung von Schnitten
- Ermöglichen eines Achsensprungs (Orientierung des Zuschauers bleibt erhalten)
- Aufwertung statischer Objekte (z. B. Städte, Häuser)

Kamerabewegungen haben meist eine direkte Aussage. Der Blick des Zuschauers wird von der Kamera geführt, er soll auf etwas aufmerksam gemacht werden. Der Zuschauer wird integriert, ihm wird das Gefühl vermittelt, an der Bewegung teilzunehmen. Es können aber auch Gemütsstimmungen ausgedrückt werden (Trunkenheit durch schwankende Kamera oder Höhenangst und Schwindel). Mit der sogenannten subjektiven Kamera erlebt man als Zuschauer das Geschehen aus den Augen des Akteurs, wodurch dessen Gefühlslage verbildlicht werden kann.

Dass Kamerabewegungen auch die Wahrnehmung und Vorstellung von Raumdimensionen verbessern, hat [Kipper86] in einer Studie nachgewiesen. Mehreren Testpersonen wurden dabei unterschiedlich zusammengeschnittene Einstellungen eines Raumes vorgeführt. Ein Teil der Testpersonen bekam starre Kamerabilder zu sehen, dem anderen Teil wurden Bilder mit einer bewegten Kamerafahrt durch denselben Raum gezeigt. In einer anschließenden Befragung konnten sich die Personen, welche mit der Kamerafahrt den Raum gesehen hatten, wesentlich besser und konkreter eine Vorstellung der Dimensionen machen und sich an einzelne Gegenstände im Raum besser erinnern.

2.2.3 Technische Betrachtung von Objekt- und Kamerabewegungen

Die theoretische Betrachtung von auftretenden Bewegungen im Bewegtbild zeigte, dass diese in unterschiedlichen Ausmaßen abbildbar und wahrnehmbar sind. Welches Ausmaß zeigen diese Bewegungen aber in Bezug zur Bildfläche wirklich? In [Bonse96] wurde an repräsentativem Testmaterial¹ computergestützt eine visuelle

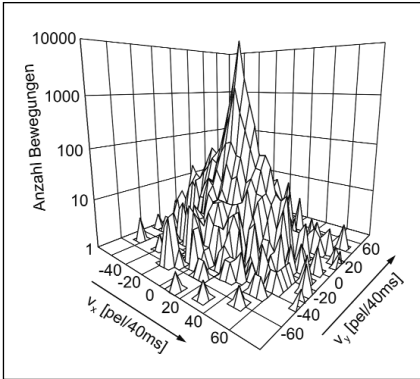


Abb. 2.9: Geschwindigkeitsverteilung in typischen Bewegtbildszenen durch Objekt- und Kamera-bewegung. [Bonse96]

Objekterkennung und anschließende Bewegungsmessung durchgeführt. Objektbewegung und zusätzlich durch die Kameraführung entstandene Bewegungen wurden dabei getrennt gemessen. Die Messung geschieht, indem der Abstand zweier zusammengehörender Pixel, die einen Punkt in der Bildszene repräsentieren, von aufeinander folgenden Bildern gemessen wird. Die dabei verwendete Einheit ist pel/40 ms (Pixelemente pro Vollbild). Abbildung 2.9 zeigt die Häufigkeit und die Geschwindigkeitsverteilung von den im gemessenen Testmaterial vorkommenden Bewegungen.

Es zeigte sich, dass die Kamerabewegungen einen entscheidenden Einfluss auf die Geschwindigkeitsverteilung der dargestellten Bewegtbildszene haben. Die meisten Bewegungen konzentrieren sich auf den Bereich $\pm 6,25^\circ/s$ bei einem Betracht-

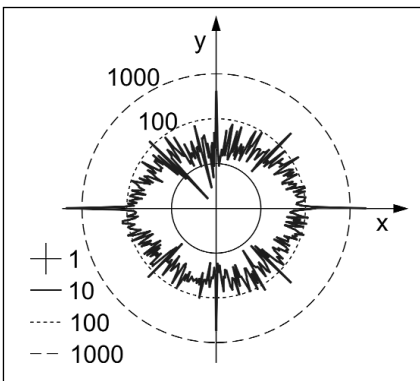


Abb. 2.10: Reine Objektbewegung als Häufigkeitsverteilung in Bezug auf die Bewegungsrichtung. [Bonse96]

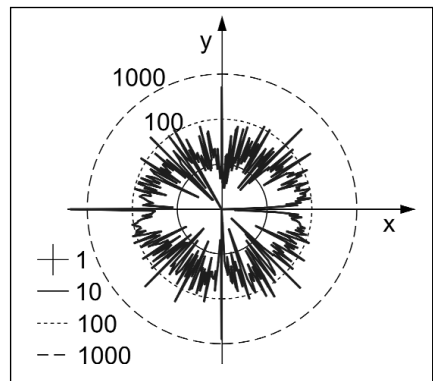


Abb. 2.11: Kamera- und Objektbewegung als Häufigkeitsverteilung in Bezug auf die Bewegungsrichtung. [Bonse96]