

FWU - Schule und Unterricht/Arbeitsvideo

VHS 42 10446 / DVD 46 10446 15 min, Farbe



Teilchenbewegung

Arbeitsvideo / 2 Kurzfilme

FWU –
das Medieninstitut
der Länder



Lernziele

Die Schüler lernen die Zusammenhänge zwischen Temperatur, Eigenbewegung der Teilchen und Aggregatzustand kennen. Sie können das Phänomen der Diffusion mit Hilfe der Eigenbewegung der Teilchen (Brownsche Molekularbewegung) erklären. Sie erfahren, dass die Diffusionsgeschwindigkeit von der Teilchenmasse und der Temperatur abhängt.

Vorkenntnisse

Die Zuschauer sollten mit den Grundlagen des Teilchenmodells vertraut sein.

Zum Inhalt

Inhaltsverzeichnis und Zeitangaben (VHS)

	min/sec Zählerstand
0 Beginn FWU-Vorspann	00:00
1 Aggregatzustände	00:37
2 Brownsche Molekularbewegung und Diffusion	06:22

Bei Kassetten im Schularchiv können die Zählwerksangaben des verwendeten Rekorders eingetragen werden.

Zu den Filmen

1 Aggregatzustände

Stoffe kommen in unterschiedlichen Aggregatzuständen vor. In einem Eisberg ist Wasser fest, im Meer ist es flüssig und in der Luft ist eine geringe Menge an gasförmigem Wasser enthalten. Beim Schmelzen verlieren Feststoffe ihre Form und gehen in den flüssigen Zustand über. Die Animation verdeutlicht die unterschiedliche Anordnung und die unterschiedliche Bewegungsenergie der Teilchen im festen, flüssigen und gasförmigen Zustand. Anschließend erklärt der Film mit Hilfe des Teilchenmodells die un-

terschiedlichen Eigenschaften der Aggregatzustände: Letztlich beruhen die Veränderungen von fest über flüssig bis zu gasförmig auf der zunehmenden Bewegungsenergie. Die dafür notwendige Energie wird der Umgebung entnommen. Aus diesem Grund nimmt die Lufttemperatur in der Umgebung eines schmelzenden Eiswürfels ab. Ein weiterer Versuch demonstriert die unterschiedlichen Wärmekapazitäten von Wasser, Alkohol und Ether. Ether verdampft von diesen Flüssigkeiten am schnellsten, da die Etherteilchen die aufgenommene Wärmeenergie am schnellsten in Bewegungsenergie umsetzen können.

2 Brownsche Molekularbewegung und Diffusion

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts forschte der Botaniker Robert Brown mit Blütenpollen. Er suspendierte den Pollen in Wasser und stellte zu seiner Überraschung fest, dass sich die Körner bewegten. Brown konnte keine Erklärung für diese Erscheinung finden. Im Film wird die Eigenbewegung der Teilchen an Rauch demonstriert. Dazu wird der Rauch eines brennenden Strohhalmes, der hauptsächlich aus nicht vollständig verbrannten Kohleteilchen besteht, unter dem Mikroskop betrachtet. Die Rauchteilchen zeigen die typische Eigenbewegung. Eine Animation verdeutlicht die Ursache: die Kohleteilchen stoßen mit den unsichtbaren Teilchen der Luft zusammen und bekommen damit eine bestimmte Bewegungsenergie übertragen. Analog verhalten sich Kohleteilchen, die in einem Öltropfen suspendiert wurden. Diese Eigenbewegung von Teilchen hat man Brown zu Ehren Brownsche Molekularbewegung genannt. Sie lässt uns auch andere Phänomene wie die Diffusion erklären. Stülpt man über einen mit gelb-braunem Bromgas gefüllten Zylinder einen weiteren, luftgefüllten Zylinder

der, so vermischen sich die Gase nach einiger Zeit vollständig. Nach Ablauf des Realexperimentes veranschaulicht wiederum eine Animation die Wanderung der Brom- und Luftteilchen. Dann wird die Diffusion im luftleeren Raum untersucht. Sie erfolgt hier sehr viel schneller, da es keine Luftteilchen gibt, mit denen die Bromteilchen zusammen stoßen könnten.

Im nächsten Versuch werden die Diffusionsgeschwindigkeit von (ebenfalls gelb-braunem) Stickstoffdioxid und Brom verglichen. Es zeigt sich, dass die NO_2 -Teilchen infolge ihrer geringeren Masse schneller diffundieren als Brom.

Das folgende Experiment untersucht die Diffusionsgeschwindigkeit zweier farbloser Gase: Ammoniakgas und Wasserstoffchloridgas. Zum Nachweis der Diffusion nutzt man eine chemische Reaktion. Kommen die beiden Gase miteinander in Kontakt, entsteht als weißer Rauch der Feststoff Ammoniumchlorid. Je ein Watteball wird mit der konzentrierten Lösung von Ammoniak bzw. Salzsäure präpariert. Die beiden Wattebälle kommen jeweils an den Rand eines Verbrunnungsrohres, das verschlossen wird. Die Gase diffundieren im Rohr aufeinander zu; an der Stelle, wo sie sich treffen, entsteht der weiße Ring von Ammoniumchlorid. Ammoniakgas diffundiert wegen seiner geringeren Masse schneller als Wasserstoffchloridgas. Ein weiterer Versuch bestätigt dieses Ergebnis mit Hilfe eines Indikatorpapiers, das von Ammoniak blau, von Wasserstoffchlorid jedoch rot verfärbt wird. Nun wird die Diffusionsgeschwindigkeit im wässrigen Medium untersucht. Im Vorversuch zeigt man die Diffusion gelöster Permanganat-Ionen in Wasser: Kaliumpermanganat-Kristalle lösen sich auf und das Wasser nimmt die rot-violette Farbe der Permanganat-Ionen an. Anschließend werden

drei wassergefüllte Reagenzgläser in Wasserbäder unterschiedlicher Temperatur getaucht: 0° Celsius, 20° Celsius und 70° Celsius. In jedes Reagenzglas kommt ein Kaliumpermanganatkristall. Nach 10 Minuten ist das Versuchsergebnis deutlich: Die Lösung im wärmsten Wasserbad ist bereits tiefviolett, während die anderen Lösungen noch viel heller sind. Die Diffusionsgeschwindigkeit hängt also auch von der Temperatur ab: je höher die Temperatur, desto größer ist die Eigenbewegung der Teilchen und umso größer die Diffusionsgeschwindigkeit. Überlagert wird dieser Effekt von der bei höherer Temperatur größeren Löslichkeit des Kaliumpermanganats, deren Ursache aber teilweise ebenfalls in der höheren Teilchenbeweglichkeit zu suchen ist.

Ergänzende Informationen

Teilchenmodell und Aggregatzustände

Dass Stoffe in unterschiedlichen Aggregatzuständen (Erscheinungsformen) auftreten, kennen schon Kleinkinder aus dem täglichen Leben. Dabei erscheinen die verschiedenen Stoffe in verschiedenen Zustandsformen. Manche, wie Luft, bleiben immer im gasförmigen Zustand, während andere Stoffe, wie Wasser, ihre Zustandsform ändern können, je nachdem, welche Temperatur sie gerade haben. Auch verbinden wir mit den einzelnen Zustandsformen verschiedene makroskopische Erfahrungen: Gase sind nicht greifbar, Festkörper schon, Flüssigkeiten kann man zwar anfassen, aber sie rinnen durch die Finger. Metalle fühlen sich zunächst kühl in den Händen an, erreichen aber schnell Körpertemperatur. Das Metall schmilzt nicht in der Hand, während ein schmelzender Eiswürfel dies sehr wohl tut. Beim Lösen in Wasser „verschwinden“ Salz-

kristalle, aber ihr Geschmack bleibt erhalten. Diese Erfahrungen scheinen uns auf den ersten Blick recht trivial – aber nur, weil wir an sie gewöhnt sind. Tatsächlich verbergen sich hinter ihnen komplexe physikalisch-chemische Zusammenhänge. Worin unterscheiden sich nun Stoffe im festen, flüssigen bzw. gasförmigen Zustand? Um diese Fragen zu klären, muss man sich eingehend mit den strukturellen und energetischen Unterschieden der Materie in den verschiedenen Zustandsformen beschäftigen. Eine große Hilfestellung leistet dabei das Teilchenmodell. Nach diesem Teilchenmodell sind Stoffe nicht homogen, sondern *körnig (diskontinuierlich)* aufgebaut: sie bestehen, ähnlich wie ein Sandhaufen aus einzelnen Sandkörnern besteht, aus Bausteinen. Diese submikroskopisch winzigen Teilchen sind voneinander getrennt durch das „Nichts“, den leeren Raum. Das Teilchenmodell geht in seinen Anfängen zurück auf DEMOKRIT, der bereits im griechischen Altertum postulierte, dass alle Materie nicht beliebig weit zerkleinerbar sei. Diese letzten, unteilbaren Teilchen nannte er „Atome“ (atomos, griechisch.: unteilbar). Heute wissen wir, dass unterschiedliche Stoffe aus Atomen, Molekülen oder Ionen aufgebaut sind. Selbst die Atome als Grundeinheit der chemischen Elemente sind wiederum aus noch winzigeren Einheiten, den Elementarteilchen, aufgebaut. Im Teilchenmodell jedoch unterscheidet man nicht nach Atomen, Molekülen oder Ionen. Man geht vereinfacht von kugelförmigen Teilchen aus, die in ihrer Gesamtheit, abhängig von der Zahl ihrer Elementarteilchen, der räumlichen Anordnung und ihrer Energie, makroskopisch verschiedene Stoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften hervorbringen. Im *festen Zustand* sind die Teilchen regel-

mäßig angeordnet. Feststoffe sind entweder amorph, also nur im Nahbereich regelmäßig strukturiert (wie z.B. Glas als unterkühlte, ohne Kristallisation erstarrte Schmelze) oder als auch im Fernbereich regelmäßig strukturierte Gitter aufgebaut. Bei den Gittern unterscheidet man Atomgitter, Molekülgitter, Metallgitter und Ionen-gitter. Die Teilchen nehmen feste (Gitter)-plätze ein und schwingen nur wenig in den Richtungen der drei Raumachsen. Zwischen den Teilchen herrschen starke Anziehungskräfte (s.u. „Zwischenmolekulare Kräfte“). Feststoffe haben bei einer gegebenen Stoffportion ein festes Volumen und sie behalten ihre Form (Form- und Volumenkonstanz). Geht ein Feststoff beim Erwärmen in den flüssigen Zustand über, schmilzt er. Erhitzt man beispielsweise einen kristallinen Feststoff, nehmen die Teilchen Energie auf. Sie bewegen sich mit zunehmendem Abstand um ihre Gleichgewichtslage, bis das Gitter bei einer bestimmten Temperatur zusammenbricht und die Anziehung zwischen den Teilchen überwunden ist. Diese Temperatur, bei der die Phasenumwandlung von fest nach flüssig erfolgt, und bei der sich feste und flüssige Phase im Gleichgewicht befinden, heißt *Schmelztemperatur*. Die Schmelztemperatur ist eine spezifische Stoffkonstante. Sie ist druckabhängig und steigt i.d.R. mit zunehmendem Druck an (wichtige Ausnahme: Wasser). Der Energiebetrag, der zum Schmelzen eines Feststoffs erforderlich ist, heißt *Schmelzwärme* oder *Schmelzenthalpie*. Auch er ist eine spezifische Stoffkonstante und beträgt bei Eis 332,44 kJ/g. Kühlt man hingegen eine Flüssigkeit ab, so geben die Teilchen einen großen Teil ihrer Bewegungsenergie (kinetische Energie) ab. Mit abnehmender Bewegungsenergie werden sie schließlich im Gitter gebunden, die Flüssigkeit beginnt zu er-

starren. Die Temperatur eines Zweiphasensystems bleibt solange konstant, bis die gesamte Stoffmenge entweder fest oder flüssig geworden ist. Während des Erstarrens wird eine bestimmte Energiemenge freigesetzt, die *Erstarrungswärme* oder *Erstarrungsenthalpie*. Ihr absoluter Betrag entspricht dem der Schmelzenthalpie. Die Höhe der Schmelztemperatur hängt ab von den Bindungskräften zwischen den Gitterbausteinen (s.u.).

Der *flüssige Zustand* bildet den Übergang zwischen festem und gasförmigen Zustand. In ihm haben die Teilchen keinen festen Platz. Sie schwingen stärker und bewegen sich aneinander vorbei, weshalb eine Flüssigkeit jede beliebige Form annehmen kann. Allerdings herrschen immer noch so starke Anziehungskräfte (Kohäsionskräfte) zwischen den Teilchen, dass die Volumenkonstanz gewährleistet ist. Flüssigkeiten sind nicht kompressibel und besitzen an den Phasengrenzen meist eine *Oberflächenspannung*. Teilchen an der Grenzfläche zu einem anderen Medium werden nur einseitig nach „innen“, Richtung Flüssigkeit gezogen. Die Oberfläche strebt daher eine möglichst kleine Fläche an und kugelt sich konvex ab (z.B. Tropfenbildung bei Wasser). In schmalen Röhren (Pipetten, Messzylindern) jedoch, wo es zu Kapillarkräften zwischen der Flüssigkeit und der Gefäßwand kommt, bilden sich konkav gebogene Wasserspiegel, die Menisken, aus

Die Teilchen einer Flüssigkeit besitzen bei einer gegebenen Temperatur unterschiedlich große Geschwindigkeiten; durch Zusammenstöße mit anderen Teilchen ändert sich ihre kinetische Energie ständig. In ihrer Gesamtheit besitzen sie jedoch eine mittlere kinetische Energie. Teilchen in der Nähe der Oberfläche können die Flüssigkeit verlassen, wenn ihre kinetische Energie ausreicht,

die Kohäsionskräfte zu überwinden: sie gehen dann in den gasförmigen Zustand über. Beim Verdampfen und Verdunsten wird der Flüssigkeit bzw. der Umgebung Wärme entzogen (Verdunstungskälte). Der Druck, den Flüssigkeiten gegen den Atmosphärendruck ausüben, bezeichnet man als *Dampfdruck*. Je höher die Konzentration der Teilchen in der Gasphase, um so häufiger stoßen sie zusammen, kommen mit der Oberfläche der Flüssigkeit zusammen, und werden von ihr wieder eingefangen. Im Gleichgewichtszustand verlassen ebenso viele Teilchen die Wasseroberfläche, wie wieder kondensieren. Die Konzentration der Teilchen im Gasraum bleibt konstant; der Gasdruck der verdampfenden Flüssigkeit im Gleichgewichtszustand heißt *Sättigungsdampfdruck*.

Ist der Dampfdruck einer Flüssigkeit gleich dem Außendruck, siedet sie. Die entsprechende Temperatur heißt *Siedetemperatur*. Die übliche Siedetemperatur einer Flüssigkeit entspricht jener Temperatur, bei der der Dampfdruck gleich 1040 hPa beträgt. Die Temperatur einer siedenden Flüssigkeit bleibt (bei konstanter Wärmezufuhr) konstant, bis die gesamte Flüssigkeit verdampft ist.

Die Siedetemperatur ist ebenfalls druckabhängig und eine spezifische Stoffkonstante. Im *gasförmigen Zustand* können sich die Teilchen beliebig weit voneinander entfernen; sie bewegen sich gleichmäßig verteilt in alle Raumrichtungen, diffundieren in jeden Teil des ihnen zur Verfügung stehenden Raumes und verteilen sich darin statistisch. Gase besitzen ein geringes spezifisches Gewicht. Sie sind kompressibel, d.h. durch Erhöhung des Drucks kann der Abstand zwischen den Teilchen verringert werden. Sie lassen sich durch Abkühlen (Entzug von Wärmeenergie) oder durch

Druckerhöhung verflüssigen. Schmelztemperatur und Siedetemperatur gehören zu den spezifischen Stoffkonstanten und können zur Identifikation von Stoffen bzw. als Reinheitskriterium herangezogen werden. Stoffgemische wie Kunststoffe oder natürliche Fette besitzen keine Schmelztemperatur, sondern ein *Erweichungsintervall*.

Bei der Sublimation geht ein Stoff unter bestimmten Bedingungen direkt vom festen in den gasförmigen Zustand über; bei der Resublimation sind die Verhältnisse genau umgekehrt. Eine Sublimation kann im Unterricht experimentell leicht mit Jod durchgeführt werden; ein Gemisch von Kochsalz und Jod kann auch im Rahmen einer Schülerübung mit Hilfe der Sublimation in seine Komponenten getrennt werden.

Zwischenmolekulare Kräfte

Zwischen den Atomen oder Molekülen von Stoffen bestehen zwischenmolekulare Kräfte, welche Schmelz- und Siedetemperaturen maßgeblich beeinflussen.

Aufgrund der Bindungs- und Molekülpolarität kommt es bei Stoffen wie Wasser oder Wasserstoffchlorid zur Ausbildung von Dipol-Dipol-Wechselwirkungen. Handelt es sich wie bei den eben genannten Molekülen um positiv polarisierte Wasserstoffatome, so bilden sich zwischen den Molekülen *Wasserstoffbrücken* aus. Ein einziges Wassermolekül kann an bis zu vier Wasserstoffbrücken beteiligt sein; auf diese Weise entstehen große, dreidimensionale Molekülverbände. Beim Schmelzen und Sieden müssen diese Anziehungskräfte überwunden werden. Obwohl die Bindungsstärke einer einzelnen Wasserstoffbrücke vergleichsweise viel geringer ist als die einer „echten“ Elektronenpaarbindung, beeinflussen solche Kräfte die Höhe der Schmelz- und Siedepunkte erheblich. Verbindungen mit Was-

serstoffbrücken besitzen außergewöhnlich hohe Siede- und Schmelzpunkte und Wärmekapazitäten.

Die *Spezifische Wärmekapazität* gibt an, wieviel Wärmeenergie man einem Stoff zuführen muss, um seine Temperatur um einen bestimmten Betrag zu erhöhen. Ether hat im Vergleich zu Wasser oder Alkohol eine vergleichsweise niedrige Wärmekapazität, wobei Ether, Alkohol und Wasser den prinzipiell gleichen, gewinkelten Bau aufweisen. Wasser jedoch besitzt zwei polarisierte Wasserstoff-Atome, Alkohol eines, Ether aber gar keines: Er kann also im Gegensatz zu den beiden anderen keine Wasserstoffbrücken ausbilden. Ether verdampft sehr viel schneller, weil bei ihm kaum zwischenmolekulare Bindungen überwunden werden müssen.

Zwischen den Molekülen unpolarer Stoffe, wie den molekular vorkommenden Elementen (z.B. Stickstoff oder bei Kohlenwasserstoffen gibt es eine andere Form der zwischenmolekularen Kräfte: die *Van-der-Waals-Kräfte*. Sie entstehen durch winzige, momentane Ladungsverschiebungen in der Elektronenhülle von Atomen, die zur Entstehung von momentanen Dipolen führen, die ihrerseits in benachbarten Molekülen die Ausbildung weiterer momentaner Dipole induzieren. Die Größe der Van-der-Waals-Kräfte hängt ab von der Masse der Atome bzw. Moleküle und deren Oberfläche: je größer diese sind, um so stärker die resultierenden Van-der-Waals-Kräfte. Bei Riesenmolekülen können auch sie die Höhe der Schmelz- und Siedetemperaturen enorm anheben: So stellt das als Grundlage für Kerzen dienende Paraffin – ein Gemisch aus langkettigen Kohlenwasserstoffen – bei Zimmertemperatur einen Feststoff dar. Manche Kunst- oder Naturstoffe wie Proteine schmelzen nicht, sondern zersetzen sich, wenn sie über eine

bestimmte Temperatur erwärmt werden. Bei ihnen sind nämlich die zwischenmolekularen Kräfte und/oder die Molekülmassen so groß, dass sich die Bindungen innerhalb des Moleküls bereits lösen, bevor die Moleküle voneinander getrennt werden.

Brownsche Molekularbewegung und Diffusion

1827 beobachtete der schottische Botaniker in einem Wassertropfen suspendierten Pollen unter dem Mikroskop: die Pollenkörner führten unregelmäßige, chaotische Zitter- und Zickzackbewegungen aus. Mit dieser Beobachtung hatte Brown die thermisch getriebene Eigenbewegung von Teilchen entdeckt, wenngleich er sie nicht erklären konnte.

Diese Eigenbewegung ist auch die Ursache für die Erscheinungen von Diffusion und Osmose. Bestehen in einer Lösung oder zwischen Gasteilchen Konzentrationsunterschiede, so führt die Eigenbewegung der Teilchen zu einem vollständigen Konzentrationsausgleich. In Lösungen ist die Diffusionsgeschwindigkeit wegen der stärkeren Wechselwirkungen zwischen den Teilchen langsamer als in Gasen. Die Diffusionsgeschwindigkeit von Stoffen ist wesentlich von folgenden Faktoren abhängig: Je kleiner die Masse, je höher die Temperatur und je größer die zur Verfügung stehende Austauschfläche, um so schneller erfolgt die Diffusion. Am absoluten Nullpunkt erliegt die Eigenbewegung der Teilchen.

Bei der Osmose handelt es sich um die Wanderung von Teilchen durch selektiv permeable Membranen, wie sie in biologischen Zellen vorliegen. Sie sind von unschätzbare Bedeutung für das Leben, da über osmotische Vorgänge beispielsweise der Turgor in Pflanzenzellen, die Aktivität der Schließzellen, und z.T. auch der Stofftransport in und aus den Zellen gesteuert werden.

Herausgabe

FWU Institut für Film und Bild, 2004

Produktion

YITM, im Auftrag der European Broadcasting Union

Regie

Richard Maude

Kamera

Geoff Perry

Grafik

Jaqueline Hilton
Neil Robinson

Fachberatung

Monika Frank

Bildnachweis

YITM

Bearbeitung und Begleitkarte

Sonja Riedel

Pädagogische Referentin im FWU

Karin Lohwasser

Verleih durch Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen, Medienzentren und konfessionelle Medienzentren

Verkauf durch FWU Institut für Film und Bild, Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2004

FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiselgasteig
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-2 40
E-Mail info@fwu.de
Internet http://www.fwu.de



FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiseltalstraße
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-300
E-Mail info@fwu.de
Internet <http://www.fwu.de>

**zentrale Sammelnummern für
unseren Vertrieb:**

Telefon (0 89) 64 97-4 44
Telefax (0 89) 64 97-2 40
E-Mail vertrieb@fwu.de

Laufzeit: 15 min
2 Kurzfilme
Sprache: deutsch

**Systemvoraussetzungen
bei Nutzung am PC**
DVD-Laufwerk und
DVD-Player-Software,
empfohlen ab Windows 98

Alle Urheber- und
Leistungsschutzrechte
vorbehalten.
Nicht erlaubte/ genehmigte
Nutzungen werden zivil- und/oder
strafrechtlich verfolgt.

**LEHR-
Programm
gemäß
§ 14 JuSchG**

FWU - Schule und Unterricht/ Arbeitsvideo

- VHS 42 10446
- DVD-VIDEO 46 10446
- ■ **Paket 50 10446** (VHS 42 10446 + DVD 46 10446)

15 min, Farbe

Teilchenbewegung Arbeitsvideo / 2 Kurzfilme

Ob wir den Duft eines Parfums genießen oder wegen eines widerlichen Gestanks die Nase verziehen: Ursache für die Verbreitung von Geruchsstoffen ist die Eigenbewegung der Teilchen. Diese Brownsche Molekularbewegung kann zur Erklärung verschiedener physikalisch-chemischer Phänomene wie beispielsweise der Aggregatzustände oder der Diffusion herangezogen werden. Die sehr anschauliche Darstellungsweise und die einfache, klare Sprache des Filmes ermöglichen allen Schülern ein Verständnis der Zusammenhänge.

Schlagwörter

Teilchenbewegung, Aggregatzustand, Brownsche Molekularbewegung, Diffusion

Chemie

Physikalische Chemie • Chemische Thermodynamik

Physik

Kalorik • Temperatur, Wärmemenge • Aggregatzustände, Lösungen

Allgemeinbildende Schule (7-13)

Weitere Medien

42 10381 Diffusion und Osmose. VHS-Kassette, 15 min, f.
66 31520 Die Zelle. Innere Grenzen: Membrane und Transport.
CD-ROM.