

Force Concept Inventory

Von D. Hestenes, M. Wells und G. Swackhammer¹

übersetzt von H. Schecker und J. Gerdes, Universität Bremen²



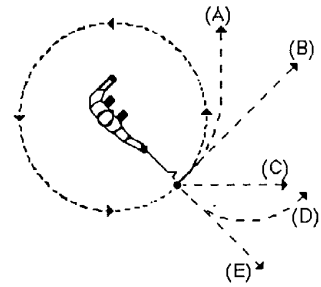
Bitte machen Sie einen Kreis um die richtige Aussagen (A bis E)

1. Zwei Kugeln aus Metall werden vom Dach eines zweigeschossigen Gebäudes zum gleichen Zeitpunkt fallengelassen. Beide Kugeln haben die gleiche Größe, aber die eine ist doppelt so schwer wie die andere. Für die Zeit bis zum Auftreffen auf dem Boden gilt (bitte ankreuzen):
 - A) die schwerere Kugel braucht etwa die halbe Zeit.
 - B) die leichte Kugel braucht etwa die halbe Zeit.
 - C) beide brauchen etwa die gleiche Zeit.
 - D) die schwere Kugel braucht deutlich weniger Zeit, aber nicht unbedingt die halbe Zeit.
 - E) die leichte Kugel braucht deutlich weniger Zeit, aber nicht unbedingt die halbe Zeit.

2. Stelle Dir einen Frontalzusammenstoß zwischen einem LKW und einem Kleinwagen (PKU) vor. Für den Zeitraum des Zusammenpralls gilt:
 - A) Der LKW übt eine größere Kraft auf den Kleinwagen aus als der PKW auf den Lastwagen.
 - B) Der Kleinwagen übt eine größere Kraft auf den LKW aus als der Lastwagen auf den PKW.
 - C) Die beiden Fahrzeuge üben keine Kräfte aufeinander aus. Der Kleinwagen wird einfach deshalb zerdrückt, weil er dem LKW im Wege ist.
 - D) Der LKW übt eine Kraft auf den Kleinwagen aus, aber der PKW übt keine Kraft auf den Laster aus.
 - E) Der LKW übt die gleiche Kraft auf den Kleinwagen aus wie der PKW auf den Laster

3. Zwei Stahlkugeln, von denen eine doppelt so viel wiegt wie die andere, rollen mit der gleichen Geschwindigkeit über die Kante eines waagrecht stehenden Tisches. Für die weitere Bewegung gilt:
 - A) Beide Kugel prallen in etwa derselben Entfernung vom Tisch auf den Boden.
 - B) Die schwere Kugel trifft etwa in der halben Entfernung vom Tisch auf wie die leichte.
 - C) Die leichte Kugel trifft etwa in der halben Entfernung vom Tisch auf wie die schwere.
 - D) Die schwere Kugel trifft deutlich dichter am Tisch auf den Boden als die leichte, aber nicht notwendigerweise in der halben Entfernung.
 - E) Die leichte Kugel trifft deutlich dichter am Tisch auf den Boden als die schwere, aber nicht notwendigerweise in der halben Entfernung.

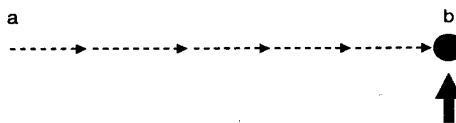
4. Ein schwerer Ball ist an einem Faden befestigt und wird, wie in der Abbildung gezeigt, im Kreis horizontal herumgeschwungen. An dem gekennzeichneten Punkt reißt plötzlich der Faden. Der Vorgang wird von oben betrachtet: Welchen Weg nimmt der Ball, nachdem der Faden gerissen ist



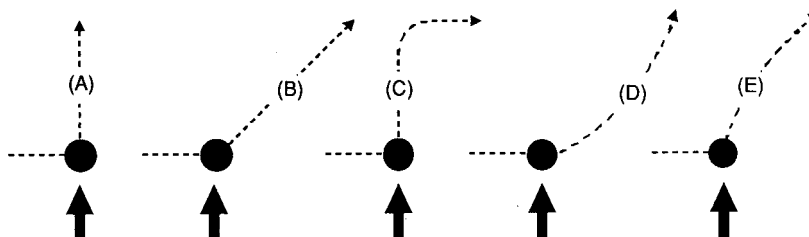
5. Ein Junge wirft eine Stahlkugel senkrecht nach oben. **Alle Effekte von Luftreibungskräften sollen außer Acht gelassen werden.** Welche Kraft, bzw. welche Kräfte wirken auf die Kugel während der Flugphase, bevor sie auf den Boden trifft?
- A) Das Gewicht der Kugel vertikal nach unten, zusammen mit einer stetig abnehmenden nach oben gerichteten Kraft.
 - B) Eine stetig abnehmende nach oben gerichtete Kraft für den Zeitraum nach dem Verlassen der Hand bis zum höchsten Punkt. Danach wirkt eine stetig zunehmende Gravitationskraft nach unten, wenn sich das Objekt der Erde nähert.
 - C) Eine konstante nach unten gerichtete Gravitationskraft, zusammen mit einer nach oben gerichteten Kraft, die stetig abnimmt, bis die Kugel ihren höchsten Punkt erreicht. Danach wirkt nur die konstante nach unten gerichtete Gravitationskraft.
 - D) Nur eine konstante nach unten gerichtete Gravitationskraft.
 - E) Keine der genannten Kräfte. Die Kugel fällt einfach deshalb zur Erde zurück, weil das ihrem natürlichen Verhalten entspricht.

zu 6. bis 9.

Den folgenden vier Fragen liegt folgende Situation zugrunde: Die Abbildung zeigt eine Scheibe, die **mit konstanter Geschwindigkeit** auf einer **reibungsfreien horizontalen Oberfläche (Tisch)** von Punkt "a" nach Punkt "b" gleitet. Wenn die Scheibe "b" erreicht, erhält sie einen kurzzeitigen horizontalen "Kick" in Richtung des dicken Pfeils.

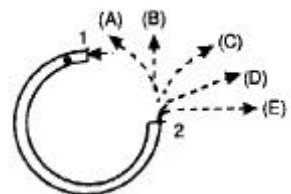


6. Welche der gezeigten Bahnkurven beschreibt die Bewegung der Scheibe nach dem "Kick"?

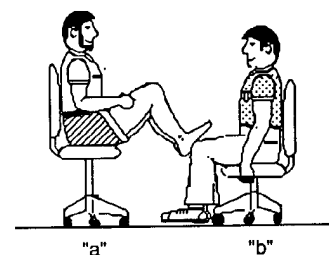


7. Wie groß ist das Tempo der Scheibe, **nachdem** sie den "Kick" bekommen hat?
- Gleich groß wie das Tempo v_0 vor dem "Kick"
 - So groß wie das Tempo v , das von dem "Kick" bewirkt wird, und unabhängig von v_0 .
 - So groß wie die arithmetische Summe von v_0 und v .
 - Kleiner als v_0 und auch kleiner als v .
 - Größer als v_0 und auch größer als v , aber kleiner als die arithmetische Summe der beiden Geschwindigkeiten.
8. Wie verändert sich das Tempo der Scheibe längs der von Ihnen gewählten Bahnkurve (s. Aufgabe 6) bei einer **reibungsfreien** Bewegung **nach** dem "Kick"?
- keine Änderung
 - stetig zunehmend
 - stetig abnehmend
 - eine Zeitlang zunehmend, danach abnehmend
 - eine Zeitlang konstant, dann abnehmend
9. Die wesentlichen Kräfte, die auf die Scheibe **nach** dem "Kick" längs der von Ihnen gewählten Bahnkurve wirken, sind:
- die nach unten gerichtete Kraft aus der Gravitation und der Effekt des Luftdrucks.
 - die nach unten gerichtete Gravitationskraft und die horizontale Kraft des Impulses **in Richtung der Bewegung**
 - die nach unten gerichtete Gravitationskraft, die nach oben gerichtete Kraft, die durch den Tisch ausgeübt wird, sowie eine horizontale Kraft, die auf die Scheibe **in Richtung der Bewegung wirkt**.
 - die nach unten gerichtete Gravitationskraft und eine nach oben gerichtete Kraft, die vom Tisch auf die Scheibe ausgeübt wird.
 - Die Gravitation bewirkt keine Kraft auf die Scheibe. Diese fällt wegen der natürlichen Tendenz des Körpers, sich zu seinem natürlichen Ort zu bewegen.

10. Die Abbildung zeigt einen von oben betrachteten kreisförmigen Kanal, der **in der horizontalen Ebene** fest auf einem Tisch verankert ist. Ein Ball tritt bei "1" in den Kanal ein und verläßt ihn bei "2". Welche der in der Abbildung gezeigten Bahnkurven beschreibt am besten den Weg des Balls, wenn er den Kanal bei "2" verläßt und weiter über den Tisch rollt?



11. Zwei Schüler, von denen Schüler "a" die Masse 95 kg und Schüler "b" die Masse 77 kg hat, sitzen sich auf zwei gleichen Bürostühlen direkt gegenüber. Schüler "a" stellt seine Füße auf die Knie von Schüler "b" (s. Abbildung). Schüler "b" hat seine Füße angehoben. Plötzlich streckt Schüler "a" seine Beine aus, wodurch beide Stühle in Bewegung versetzt werden. Welche Aussage trifft zu:



- A) Keiner der Schüler übt eine Kraft auf den anderen aus.
- B) Schüler "a" übt eine Kraft auf "b" aus, aber "b" übt keine Kraft auf "a" aus.
- C) Jeder der Schüler übt eine Kraft auf den anderen aus, aber "b" übt die größere Kraft aus.
- D) Jeder der Schüler übt eine Kraft auf den anderen aus, aber "a" übt die größere Kraft aus.
- E) Jeder der beiden Schüler übt eine gleich starke Kraft auf den anderen aus.

12. Ein Buch liegt auf einem Tisch. Welche Kraft, bzw. welche Kräfte aus der folgenden Liste wirken auf das Buch?

- 1. eine nach unten gerichtete Kraft durch die Gravitation
- 2. eine nach oben gerichtete Kraft durch den Tisch
- 3. eine nach unten gerichtete Gesamtkraft durch den Luftdruck
- 4. eine nach oben gerichtete Gesamtkraft durch den Luftdruck

- A) nur 1
- B) 1 und 2
- C) 1, 2 und 3
- D) 1, 2 und 4
- E) Keine. Da sich das Buch in Ruhe befindet, wirkt keine Kraft.

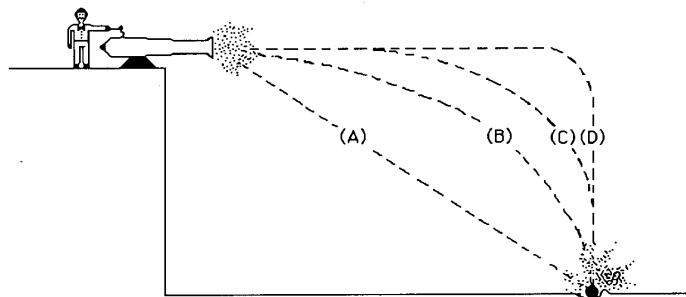
13. und 14. Für die folgenden Aufgaben gilt folgende Situation: Ein LKW bleibt mit Motorschaden liegen und wird von einem Kleinwagen zur nächsten Tankstelle geschoben.



13. Während der PKW **beschleunigt**, um beim Schieben auf eine bestimmte Geschwindigkeit zu kommen, gilt:

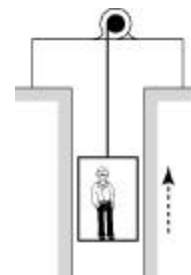
- A) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt, ist gleich groß wie derjenige, mit dem der LKW gegen das Auto zurückdrückt.
- B) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt, ist kleiner als derjenige, mit der der LKW gegen das Auto zurückdrückt.
- C) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt, ist größer als die derjenige, mit der der LKW gegen das Auto drückt.
- D) Der Motor des PKW läuft; daher übt der PKW eine Kraft aus, während er gegen den LKW drückt. Aber der LKW-Motor läuft nicht; daher kann der LKW nicht gegen das Auto zurückdrücken. Der LKW wird einfach deshalb nach vorne geschoben, weil er dem PKW im Wege steht.
- E) Weder der LKW noch der PKW üben aufeinander irgendeine Kraft aus. Der LKW wird einfach deshalb nach vorne geschoben, weil er dem PKW im Wege steht.

14. Nachdem der Fahrer des PKW die gewünschte Geschwindigkeit erreicht hat, mit der er den Lastwagen konstant vor sich herschieben will, fährt er mit konstanter Geschwindigkeit weiter. Jetzt gilt:
- A) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt, ist genauso groß wie derjenige, mit dem der LKW gegen das Auto zurückdrückt.
 - B) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt, ist kleiner als derjenige, mit dem der LKW gegen das Auto zurückdrückt.
 - C) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt, ist größer als derjenige, mit dem der LKW gegen das Auto drückt.
 - D) Der Motor des PKW läuft; daher übt der PKW eine Kraft aus, während er gegen den LKW drückt. Aber der LKW-Motor läuft nicht; daher kann der LKW nicht gegen das Auto drücken. Der LKW wird einfach deshalb nach vorne geschoben, weil er dem PKW im Wege steht.
 - E) Weder der LKW noch der PKW üben aufeinander irgendeine Kraft aus. Der LKW wird einfach deshalb nach vorne geschoben, weil er dem PKW im Wege steht.
15. Wenn ein Hartgummiball ("Flummy") aus der Ruhe fallengelassen wird und vom Boden zurückprallt, kehrt sich seine Bewegungsrichtung um, weil
- A) die Energie des Balls erhalten bleibt
 - B) der Impuls des Balls erhalten bleibt
 - C) der Boden eine Kraft auf den Ball ausübt, die dessen Fall abbremst und ihn dann nach oben treibt.
 - D) der Boden im Wege ist, der Ball aber seine Bewegung fortsetzen muß
 - E) Keine der Aussagen A) bis D) trifft zu.
16. Welche der eingezeichneten Bahnkurven beschreibt die Flugbahn der Kanonenkugel am besten?



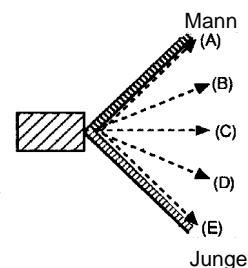
17. Ein Stein, der vom Dach eines einstöckigen Gebäudes herunterfällt:
- A) erreicht seine Maximalgeschwindigkeit sehr bald nachdem er losgelassen wurde und fällt dann mit konstanter Geschwindigkeit.
 - B) beschleunigt während des Falls; vorrangig deshalb, weil der Stein sich der Erde nähert und deshalb die Gravitationsanziehung zunimmt.
 - C) beschleunigt, weil auf ihn die konstante Gravitationskraft wirkt.
 - D) fällt wegen der natürlichen Tendenz aller Objekte, auf die Erde zuzufallen.
 - E) fällt wegen einer Kombination der Gravitationskraft und dem Luftdruck, der den Stein herunterdrückt.

18. Bei dieser Aufgabe soll davon ausgegangen werden, daß etwaige **Reibungskräfte** aufgrund von Luftwiderstand so gering sind, daß sie **vernachlässigt werden** können. Ein Fahrstuhl wird in einem Fahrstuhlschacht über ein Stahlseil heraufgezogen. Die Kabine bewegt sich während des Heraufziehens mit **konstanter Geschwindigkeit**. Welche der folgenden Aussagen beschreibt die Bewegung korrekt?

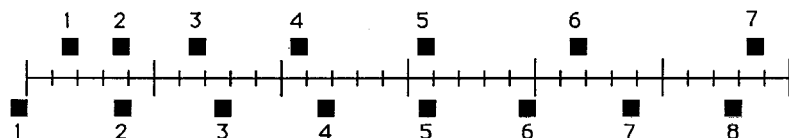


- A) Die nach oben gerichtete Kraft durch das Stahlseil ist größer als die nach unten gerichtete Gravitationskraft.
 B) Die nach oben gerichtete Kraft durch das Stahlseil ist genauso stark wie die nach unten gerichtete Gravitationskraft.
 C) Die nach oben gerichtete Kraft durch das Stahlseil ist kleiner als die nach unten gerichtete Gravitationskraft.
 D) Die Kabine bewegt sich nach oben, weil das Seil kürzer wird; nicht etwa weil das Seil eine Kraft auf die Kabine ausübt.
 E) Die nach oben gerichtete Kraft durch das Stahlseil ist größer als die nach unten gerichtete Kombination aus der Gravitationskraft und dem Effekt des Luftdrucks.

19. Zwei Personen, ein großer Mann und ein kleiner Junge, ziehen so stark sie können an zwei Seilen, die an einer Kiste befestigt sind (s. Abbildung, Sicht von oben). Welche der Bahnen A-E beschreibt den Weg der Kiste am besten, während die beiden ziehen?



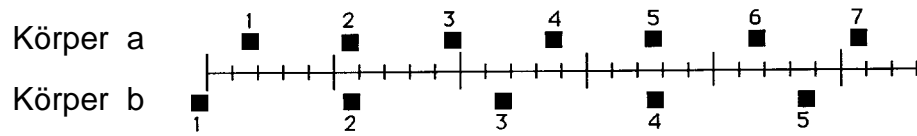
20. Die Abbildung zeigt die Positionen zweier Körper im zeitlichen Abstand von jeweils 0,2 s. Die Körper bewegen sich nach rechts.



Haben die beiden Körper irgendwann einmal die gleiche Geschwindigkeit?

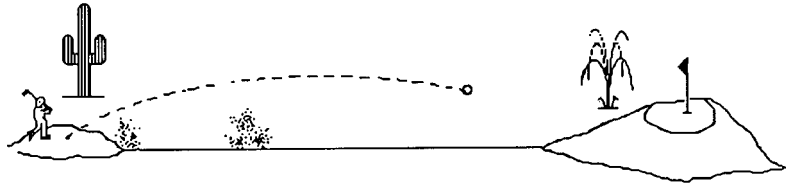
- A) Nein
 B) Ja, zum Zeitpunkt 2
 C) Ja, zum Zeitpunkt 5
 D) Ja, zu den Zeitpunkten 2 und 5
 E) Ja, irgendwann im Zeitintervall von 3 nach 4

21. Die Abbildung zeigt die Positionen zweier Körper in gleichen zeitlichen Abständen. Die Körper bewegen sich nach rechts.



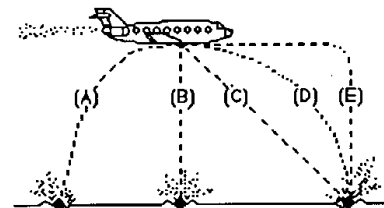
Vergleiche die Beschleunigungen der beiden Körper:

- A) Beschleunigung von "a" > Beschleunigung von "b"
 B) Beschleunigung von "a" = Beschleunigung von "b" > 0
 C) Beschleunigung von "b" > Beschleunigung von "a"
 D) Beschleunigung von "a" = Beschleunigung von "b" = 0
 E) Die Informationen reichen für eine Antwort nicht aus.
22. Ein Golfball bewegt sich längs eines "fairway" mit folgender Flugbahn durch die Luft (s. Abbildung)



Welche Kraft wirkt, bzw. welche Kräfte wirken während der gesamten Flugphase auf den Ball:

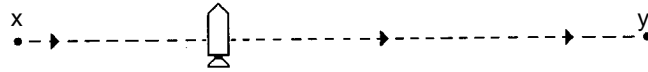
1. die Gravitationskraft
 2. die Abschlagskraft
 3. die Luftwiderstandskraft
- A) nur 1
 B) 1 und 2
 C) 1, 2 und 3
 D) 1 und 3
 E) 2 und 3
23. Eine Bowlingkugel fällt versehentlich aus dem Frachtraum eines Flugzeuges, während das Flugzeug in horizontaler Richtung fliegt. Wenn man den Vorgang von der Erde aus beobachtet: Welche Kurve beschreibt die Flugbahn der Kugel nach dem Herausfallen am besten?



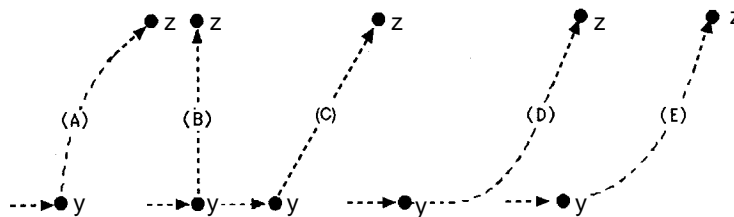
24. bis 27.

Für die nächsten vier Fragen gilt folgende Situation:

Ein Raumschiff, das sich im Weltraum von Position "x" nach Position "y" bewegt, wird nicht von äußeren Kräften beeinflusst. An Punkt "y" wird der Raketenmotor gezündet und das Raumschiff bewegt sich auf einen Punkt "z" zu. Der Motor erzeugt einen konstanten Schub im rechten Winkel zur Linie "xy". Nachdem Punkt "z" erreicht ist, wird der Motor wieder abgeschaltet.



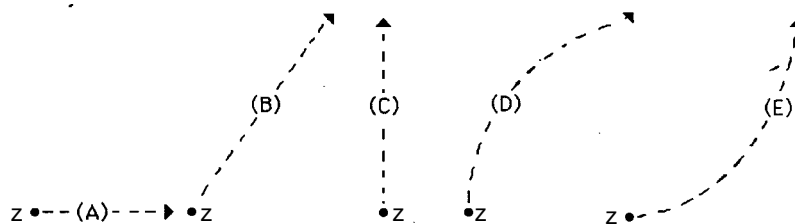
24. Welche Kurve beschreibt die Bahn der Rakete von "y" nach "z" am besten?



25. Während sich das Raumschiff von "y" nach "z" bewegt:

- A) bleibt das Tempo konstant.
- B) nimmt das Tempo stetig zu.
- C) nimmt das Tempo stetig ab.
- D) nimmt das Tempo eine Zeitlang zu und bleibt dann konstant.
- E) bleibt das Tempo eine Zeitlang konstant und nimmt dann ab.

26. Bei "z" wird der Raketenmotor abgeschaltet. Welche Bahnkurve wird das Raumschiff danach beschreiben?



27. Hinter dem Punkt "z"

- A) bleibt das Tempo konstant.
- B) nimmt das Tempo stetig zu.
- C) nimmt das Tempo stetig ab.
- D) nimmt das Tempo eine Zeitlang zu und bleibt dann konstant.
- E) bleibt das Tempo eine Zeitlang konstant und nimmt dann ab.

28. Eine große Kiste wird mit einer **konstanten Geschwindigkeit** von 4 m/s über den Boden geschoben. Was kann man über die Kräfte aussagen, die auf die Kiste wirken:
- A) Wenn die Kraft auf die Kiste verdoppelt wird, erhöht sich die Geschwindigkeit auf 8 m/s.
 - B) Die Stärke der Kraft, die bei konstanter Geschwindigkeit auf die Kiste ausgeübt werden muß, muß größer sein als die Gewichtskraft.
 - C) Die Stärke der Kraft, die bei konstanter Geschwindigkeit auf die Kiste ausgeübt werden muß, muß gleich der Stärke der Reibungskräfte sein, die der Bewegung entgegenwirken.
 - D) Die Stärke der Kraft, die bei konstanter Geschwindigkeit auf die Kiste ausgeübt werden muß, muß größer sein als die Stärke der Reibungskräfte, die der Bewegung entgegenwirken.
 - E) Es gibt zwar eine Kraft, die aufgebracht werden muß, um die Kiste zu bewegen, aber die äußeren Kräfte, so wie Reibung, sind keine "realen" Kräfte. Sie leisten lediglich Widerstand gegen die Bewegung.
29. Wenn die Kraft, die auf die Kiste wirkt (s. vorherige Aufgabe) plötzlich aufhört, dann wird die Kiste:
- A) sofort anhalten.
 - B) sich für eine sehr kurze Zeit mit konstanter Geschwindigkeit weiterbewegen und dann langsam zum Stehen kommen.
 - C) sofort langsamer werden bis zum Anhalten.
 - D) sich mit konstanter Geschwindigkeit weiterbewegen.
 - E) für eine sehr kurze an Geschwindigkeit zunehmen und dann langsam zum Stehen kommen.
-

¹ David Hestenes, Malcolm Wells und Gregg Swackhamer: Force Concept Inventory. The Physics Teacher 30, 1992, 141-158.

² Horst Schecker und Jörn Gerdes, Universität Bremen, Institut für Didaktik der Physik, Postfach 330440, 28334 Bremen; e-Mail: schecker@physik.uni-bremen.de ;
WWW: <http://www.physik.uni-bremen.de/physics.education/niederderer>.