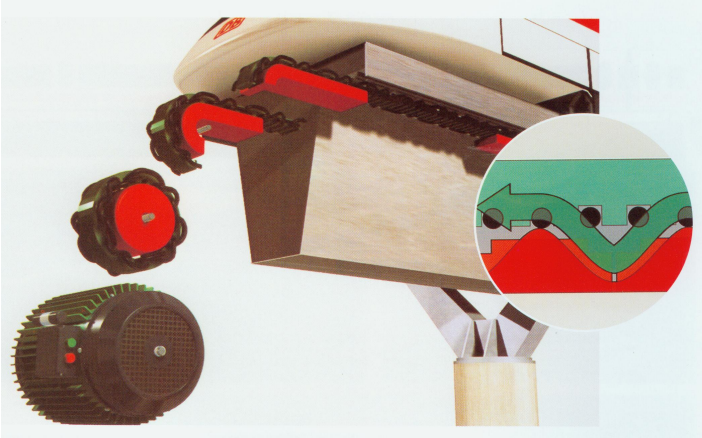
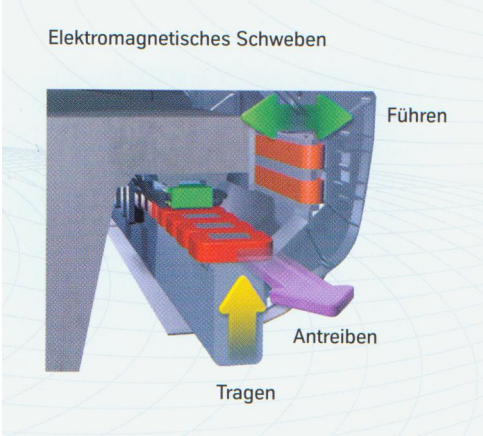
Aufgabe 1: Magnetische Felder und Induktion (Abi 2009 dezentral)
Motor, Generator und der Transrapid

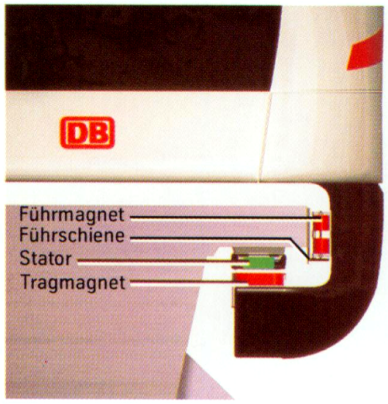
Blatt 1



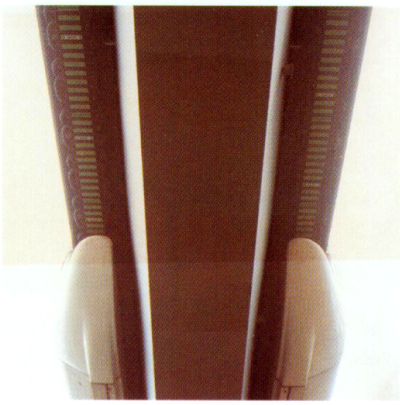
Der Langstator des Linearmotors im Fahrweg
im Vergleich zum normalen Elektromotor



Tragen und Antreiben durch Langstator
und Tragmagnete



Die Magnetschnellbahn ist die erste grundlegende Innovation in der Bahntechnik seit dem Bau der ersten Eisenbahnen – das erste Bahnsystem, das sich ohne Räder und Achsen völlig berührungsfrei fortbewegt. Verschleißfreie Elektronik tritt an die Stelle von Mechanik.



Die Funktion von Rad und Schiene übernimmt ein berührungsfreies elektromagnetisches Trag-, Führ- und Antriebssystem. Hierbei ziehen die Tragmagnete das Fahrzeug von unten an den Fahrweg heran, Führmagnete halten es seitlich in der Spur. Ein elektronisches Regelsystem stellt sicher, daß das Fahrzeug in einem Abstand von ca. 10 mm zu seinem Fahrweg schwebt.

Anders als beim Auto oder der Eisenbahn befindet sich der Motor der Magnetschnellbahn nicht im Fahrzeug, sondern im Fahrweg. Die Funktion des Langstator-Linearmotors läßt sich aus der Wirkungsweise eines rotierenden Elektromotors ableiten, dessen Stator aufgeschnitten und gestreckt wird. So erzeugt er kein magnetisches Dreh-, sondern ein Wanderfeld, von dem das Fahrzeug durch seine Tragmagnete synchron und berührungsfrei mitgezogen wird. Ändert man die Kraftrichtung des Wanderfeldes, wird der Motor zum Generator, der das Fahrzeug ohne jede Berührung bremst.

Aufgabe 1: Magnetische Felder und Induktion

Blatt 2

Sie halten Auszüge aus einer Transrapid-Werbebroschüre in den Händen, in der die deutsche Magnetschwebebahn-Technologie erklärt wird. Darin ist der Antrieb kurz erklärt.
Analysieren Sie den kurzen Text und erläutern ihn detailliert nach folgenden Kriterien:

a. Was bedeutet „Langstator-Linearmotor“? Erläutern Sie diese Wortschöpfung.

b. Vergleichen Sie ein magnetisches Drehfeld mit einem magnetischen Wanderfeld und nennen Sie je ein Beispiel für die Anwendung.

c. Erläutern Sie, weshalb ein Generator bremst. Nennen Sie dabei auch verschiedene Aspekte und Zusammenhänge.

d. Erläutern Sie und leiten Sie her, was genau damit gemeint sein könnte, dass die Kraftrichtung des Wanderfelds geändert wird.

e. Was macht Ihrer Einsicht nach den Transrapid so teuer, dass Bauvorhaben immer wieder aus finanziellen Gründen gekippt werden? Vergleichen Sie Transrapid, Bahn und Flugzeug unter diesen Aspekten.

f. Und noch eine grundlegende Aufgabe zum Thema:
Berechnen Sie Maximalspannung, Effektivspannung und Frequenz einer sinusförmigen Wechselspannung die bei einer im homogenen Magnetfeld rotierenden offenen Leiterschleife entsteht. Die Leiterschleife sei quadratisch mit einer Kantenlänge von 10cm und rotiere mit einer Drehzahl von 6000 r.p.m. (Umdrehungen pro Minute) in einem Magnetfeld der Flussdichte 0,6 T.

Erwartungshorizont zur Aufgabe 1 "Magnetische Felder und Induktion"

Angaben zum Unterricht:
Lehrbuch: Metzler Physik, 3.Aufl.
Im dritten Semester wurden Teilchen in magnetischen Feldern behandelt. Das Thema Induktion ist eingeschlossen.

Nr	***Anmerkungen***	***Zuordnung zu den AB in***		
		I	II	III
1a	Es ein neuer Begriff verwendet: „Langstator-Linearmotor“, der ist aus den beschriebenen Verhältnissen herzuleiten bzw. zu begründen. Das erfordert das Erkennen technischer und physikalischer Zusammenhänge.			
	Der Stator eines Elektromotors ist eine Anordnung von Magneten, meist Elektromagneten, die auf dem Vollkreis um den Rotor herum unterschiedliche Magnetpole erzeugt. Es handelt sich also um eine kreisförmige Anordnung eines Magnetfelds, dass seine Feldrichtung mehrfach örtlich um jeweils 180° dreht. Das bedeutet eine örtliche Änderung der Flussdichte um 2B. Diese Verhältnisse sind auf linearen Fall übertragen, die Flussdichte ändert sich ortsabhängig. Allerdings aber auch zeitabhängig, es wird ein Wanderfeld hergestellt. Somit ähnelt der Linearmotor eher einem linearen Schrittmotor.			4
1b	Erkennen der Zusammenhänge und Anwendung auf technische Geräte			
	Ein magnetisches Drehfeld besitzt rotierende Feldvektoren. Man erzeugt es durch einen drehenden Magneten oder durch Weiterschalten kreisförmig angeordneter Magnetspulen. Anwendungen: Schrittmotor, Synchronmotor Ein magnetisches Wanderfeld besitzt räumlich alternierende Feldvektoren. Die Lage der einzelnen Abschnitte wird verschoben, indem man die Feld erzeugenden Magnete verschiebt oder Feldspulen weiterschaltet. Anwendungen: Linearmotor		3	3
1c	Lenzsche Regel und Reibung			
	Ein Generator bremst die ihn drehende Bewegung, indem er durch die erzeugten Induktionsströme ein Magnetfeld erzeugt, das die Bewegung bremst. Dies beschreibt die Lenzsche Regel. Es kann auch mit der Lorentzkraft begründet werden, wenn man die Gesamtbewegungsrichtung der Elektonen betrachtet (Bewegung durch Drehung plus Drift). Siehe d.. Auch die Gleit- oder Rollreibung der Lager bremsen ein wenig. Dazu kommt Luftreibung und die Gleitreibung eventueller Schleifkontakte.	3	3	
1d	Eine prägnante Aussage ist nicht immer leicht zu verstehen. Hier soll gezeigt werden, dass sie mit physikalischem Sachverstand analysiert und erklärt werden kann.			
	Die „Kraftrichtung“ ist die Richtung der Lorentzkraft. Zwischen dem Magnetfeld und dem darin bewegten Leiter wirkt die Lorentzkraft. Diese wirkt gemäß dem Kreuzprodukt senkrecht zu Bewegungsrichtung und Magnetfeldrichtung. Im Motor ist diese Bewegung die Driftgeschwindigkeit der Elektronen im Leiter der Spule und die Lorentzkraft ist die antreibende Kraft, sie wirkt tangential und erzeugt dadurch ein Drehmoment. Fließt kein Strom mehr, weil der Antrieb abgeschaltet wurde, so dreht der Motor weiter und die Lorentzkraft wirkt in Richtung der Spulenwicklung. Das bedeutet, dass Induktion auftritt, der Motor wirkt als Generator. Liegt ein Stromkreis vor, z.B. durch einen angeschlossenen zu ladenden Akku, so bewirkt der Induktionsstrom eine Richtungsänderung des Elektronenbewegungsvektors und die Lorentzkraft bekommt eine Bewegung hemmende Komponente. Es gilt die Lenzsche Regel, ein rücktreibendes Drehmoment tritt auf. Diese Betrachtungen sind analog auf den Linearmotor übertragbar.		6	
1e	Kompetenz Reflexion / Beurteilung			

Nr	*Anmerkungen*	*Zuordnung zu den AB in*		
	Das kostenintensive Element ist die Tatsache, dass ein Teil des antreibenden Elektromotors, der Stator, über die gesamte Streckenführung hinweg gebaut werden muss. Aus einem Antriebsbauteil, z.B. in der Lokomotive, wird ein Bauteil, das hunderte Kilometer lang und dazu noch doppelt (links und rechts) in den Fahrweg gebaut werden muss. Das verschlingt Unmengen an Kupfer, ist aufwändig und erfordert eine besondere Energieversorgungs- und Ansteuerungstechnik. Zusätzlich muss für die Führmagnete an beiden Seiten eine ähnliche Magnetstruktur in den Fahrweg eingebaut werden. Damit ist der Fahrweg ein technisch aufwändiger Apparat, der ein aktives Antriebsteil darstellt. Die Schiene der Bahn ist dagegen äußerst primitiv und somit kostengünstig in Bau und Betrieb. Hier hat das Flugzeug die größten Vorteile: Ein Fahrweg entfällt völlig, weder Bau noch Wartung oder Reparatur fallen an.		4	
1f	Hier wird eine Verknüpfung des Themas Induktion mit der mathematischen Beschreibung einer sinusförmigen Abhängigkeit erforderlich, wie sie von Schwingungen bekannt ist. Auch muss eine Fläche differenziert werden. Ansonsten ist die Rechnung nicht aufwändig.			
	B=0,6T. $A_0=a^2=100cm^2=0{,}01m^2$, f = 6000/(60s) = 100Hz. $U_{ind} = -n \cdot \frac{d\Phi}{dt} = -n \cdot \left(\frac{dA}{dt} \cdot B + A \cdot \frac{dB}{dt} \right)$. Relativ zum statischen Magnetfeld ist die effektive Fläche A der drehenden Leiterschleife bei entsprechender Definition des Drehwinkels $A=A_0*\sin(2\pi ft)$. Die größte Flächenänderung ist daher $\frac{dA}{dt} = A_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) = A_0 \cdot 2\pi f \cdot \cos(2\pi ft)$, $\frac{dA}{dt} = 0{,}01m^2 \cdot 2\pi \cdot 100s^{-1} \cdot 1$, denn der Cosinus hat als größten Wert 1. So ergibt sich als maximale Flächenänderung $\frac{dA}{dt} = 6{,}28319 \frac{m^2}{s}$ und damit $\lvert U_{ind}(\max) \rvert = U_0 = \left\lvert -1 \cdot \left(6{,}28319 \frac{m^2}{s} \cdot 0{,}6T \right) \right\rvert = \lvert -3{,}77V \rvert$. $U_{eff} = U_0 / \sqrt{2} = 3{,}77V / \sqrt{2} = 2{,}666V$	2	4	4
	Bewertungseinheiten gesamt 30	5	20	11
%	Prozente	14	55	31