Ablaufplan Rasterelektronenmikroskop		
Zeit	***Inhalt***	***Aktion***
0. Stunde		
ca. 20 Minuten	„Fragebogen vorher“/Vorwissenstest	Zunächst **Vorwissenstest**[1] und dann **„Fragebogen vorher“** ausfüllen lassen und anschließend einsammeln.
1. Stunde	**Frontalunterricht**	
ca. 3 Minuten	Einleitende Worte	
ca. 35 Minuten	1. Motivation 2. Rasterverfahren 3. Graukodierung	Unterrichtsverlauf im Anhang
7 Minuten vor Schluss	Fragebogen FA	**Fragebogen FA** ausfüllen lassen und anschließend einsammeln.
2 Minuten vor Schluss	Hausaufgabe: Im Schülertext das Thema „Vergrößerung“ erarbeiten.	**1. Teil des Schülertexts** verteilen.
2. Stunde	**Frontalunterricht**	
ca. 35 Minuten	4. Was geschieht in der Probe? (Begriffe einführen: „elastische“ und „inelastische Streuung“; geringe Energie der Sekundärelektronen) 5. Weg des Primärelektrons in der Probe (Zick-Zack-Bahn; Sekundärelektronen nur aus der Oberflächenschicht) 6. Flächenneigungskontrast	Unterrichtsverlauf im Anhang
5 Minuten vor Schluss	Fragebogen FB	**Fragebogen FB** ausfüllen lassen und anschließend einsammeln.
		2. Teil des Schülertexts verteilen.
3./4. Stunde	Expertenzirkel	**Diktiergeräte verteilen**
ca. 5 Minuten	Vorstellung der Methode	
	Bildung der Unterrichtsgruppen	• **Gruppenkarten** verteilen • **Aufgabenblätter** ausgegeben
ca. 25 Minuten	Expertenrunde	• Code-Namen in **Liste „Expertengruppen“** eintragen lassen oder auf Tonband sprechen lassen
ca. 5 Minuten	Fragebogen EG	**Fragebogen EG** ausfüllen lassen und anschließend einsammeln.
ca. 40 Minuten	Unterricht in den Unterrichtsgruppen	Code-Namen in **Liste „Unterrichtsgruppen“** eintragen lassen oder auf Tonband sprechen lassen
ca. 7 Minuten	Fragebogen UG	**Fragebogen UG** ausfüllen lassen und anschließend einsammeln.
ca. 10 Minuten	falls noch genügend Zeit ist: „Fragebogen nachher“	**„Fragebogen nachher“** ausfüllen lassen und anschließend einsammeln.
		3. Teil des Schülertexts verteilen
5. Stunde		
ca. 10 Minuten	evtl. „Fragebogen nachher“ (falls noch nicht geschehen)	**„Fragebogen nachher“** ausfüllen lassen und anschließend einsammeln.
ca. 30 Minuten	Nachtest schreiben	**Nachtest**[1]

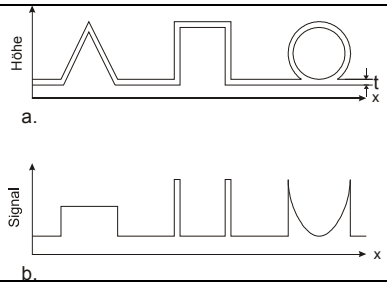
[1] Hinweis: „Geben Sie in Aufgabe 3 und 4 nicht nur den Namen der verwendeten Regel, sondern auch die Bedeutung der einzelnen Finger an.“

Unterrichtsverlauf[2]	**Medien**	**Kommentar**
<u>1. Motivation</u> Bilder eines Fliegenauges im Lichtmikroskop und Rasterelektronenmikroskop (REM) Wesentlicher Vorteil: Vergrößerung ist im REM deutlich höher.	Folie[3] Abb. 1	Hinweis auf Nobelpreis
<u>2. Rasterverfahren</u> • Elektronenstrahl im Mikroskop trifft auf Probe. Dabei werden aus der Probe weitere Elektronen ausgelöst. Diese werden von einem Detektor registriert.		An der Tafel Skizze des REM Schritt für Schritt unter Schülerbeteiligung entwickeln (vgl. Abb. 2)
• Der Elektronenstrahl des Monitors wandert synchron über den Bildschirm.		An der Tafel demonstrieren oder mit Folie Abb. 4
<u>3. Graukodierung</u> Je mehr Elektronen an einem bestimmten Punkt der Probe ausgelöst werden, desto intensiver wird der Strahl auf dem Monitor gemacht[4].	Folie Abb. 5	Lernzielkontrolle: Schüler sollen aus der Zahl der SE in Abb. 5 das entstehende Bild vorhersagen.
Lernzielkontrolle: Warum macht es keinen Sinn, den Strahl aufzuweiten und die gesamte Probe zu bestrahlen?		Hausaufgabe: Vergrößerung (S. 2 rechte Spalte)
<u>4. Was geschieht in der Probe?</u>		
Motivation: Woher stammen die Elektronen, die vom Detektor registriert werden?		
Wechselwirkung zwischen Strahlelektronen („Primärelektronen“(PE)) und Atomen der Probe aufgrund der Coulombkraft: a. mit Atomelektronen (Abstoßung aufgrund neg. Ladung) b. mit Atomkernen (Anziehung aufgrund pos. Ladung)		
<u>zu a. „inelastische Streuung“</u> Primärelektron ionisiert Atom (vgl. Abb. 8 rechts). Energie des losgelösten „Sekundärelektrons“ (SE) gering (ca. 10 eV), da das Primärelektron aufgrund seiner hohen Geschwindigkeit (entsprechend ca. 10keV) nur wenig Zeit hat, das Atomelektron zu beschleunigen. Veranschaulichung: Animation „inelastisch.avi“	Animation „inelastisch.avi“	Falls die Energieeinheit nicht bekannt ist, genügt eine qualitative Argumentation mit „hoher Geschwindigkeit“ und „geringer Geschwindigkeit“
<u>zu b. „elastische Streuung“</u> Primärelektron wird im elektrischen Feld des Atomkerns abgelenkt. (vgl. Abb. 8 links) (Praktisch kein Energieverlust, da der Kern aufgrund seiner großen Masse (2000		Ein geringer Energieverlust entsteht durch die Emission von Strahlung aufgrund der Richtungsänderung (Beschleunigung!) des

[2] Grundlage des Unterrichts ist der Schülertext. Die verwendeten Folien finden sich in der Datei „Folien für Frontalunterricht.doc“

[3] Die Nummer der Abbildung bezieht sich auf die entsprechende Abbildung im Schülertext.

[4] Viele Schülerinnen und Schüler gehen auch nach der Besprechung des Rasterprinzips davon aus, dass der Elektronenstrahl deshalb abgelenkt werden muss, weil er nicht die ganze Probe gleichzeitig erfassen kann. Dies sollte am Ende der Stunde nochmals explizit thematisiert werden: Wenn der Elektronenstrahl durch Aufweiten mit einer Zerstreuungslinse die ganze Probe erfassen würde, würde der Detektor sehr viele Elektronen aus der ganzen Probe zählen, könnte sie dann aber nicht einem Bildpunkt zuordnen. Es ist daher wichtig, den Elektronenstrahl so stark wie möglich zu bündeln!

Elektronenmassen)keine Energie übertragen bekommt Veranschaulichung: Ball gegen die Wand		Elektrons. Diskussion später im Zusammenhang mit Röntgenstrahlung. Ein direkter Kernstoß ist unwahrscheinlich wegen der Kleinheit des Kerns.
<u>5. Bahn des Primärelektrons in der Probe</u> Zick-Zack-förmige Bahn der PE in der Probe aufgrund Ablenkung im Feld der Atomkerne. Freisetzen von SE auf dieser Bahn. Aufgrund der geringen Reichweite können nur solche SE die Probe verlassen und nachgewiesen werden, die aus einer dünnen Oberflächenschicht (1-10 nm) stammen. (vgl. Abb. 9) => Rasterelektronenmikroskop bildet die Oberfläche ab.	Folie Abb. 7 oben	Vorhersage der Bahnform durch Schüler: Zick-Zack!
<u>6. Wie kommt der Kontrast zustande?</u> Motivation: Bei homogenem Material dürfte sich die Zahl der freigesetzten SE von Punkt zu Punkt nicht unterscheiden. Dann wären alle Punkte gleich hell und das Objekt auf dem Bild nicht zu erkennen.		
Diskussion „Austrittsvolumen“ (vgl. Abb. 10) Ergebnis: Je größer die Flächenneigung, desto größer das Austrittsvolumen und desto heller der Bildpunkt. Schrägen erscheinen daher heller!	Folie Abb. 11	
Lernzielkontrolle: Vorhersage der Helligkeit verschiedener Objekte (vgl. Abb. rechts).		