Inhaltliche Aspekte	Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler	Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?
Die Geschwindigkeit von Reaktionen		
Wie wirken Kalkentferner? Was passiert, wenn man Kalk mit sauren Reinigern zusammenbringt? Welches Gas entsteht? Wie funktioniert es besonders gut und warum soll man vorsichtig beim Reinigen von Armaturen (aus unedlen Metallen) sein? Die Wiederholung grundlegender Aspekte aus dem Themenkomplex „Saure Lösungen“ (Sekundarstufe I) leitet in die Fragestellung nach der Geschwindigkeit von Reaktionen ein.	Die Kernlehrpläne des Landes NRW (2022) sehen im Bereich der konkretisierten Kompetenzerwartungen hier irritierenderweise nur folgende Kompetenz vor • definieren die Durchschnittsgeschwindigkeit chemischer Reaktionen und ermitteln diese grafisch aus experimentellen Daten Rein sachlogisch muss aber zunächst der Begriff der Reaktionsgeschwindigkeit eingeführt und sowohl auf Teilchenebene als auch auf der realen Ebene definiert werden. Neben der Durchschnittsgeschwindigkeit wird auch die aussagekräftige Anfangsgeschwindigkeit eingeführt.	Exemplarisch wird eine Reaktion (saure Lösung mit Kalk bzw. Magnesium) in den Blick genommen, an der sich hervorragend die Reaktionsgeschwindigkeit einführen lässt und im Folgenden auch die Faktoren der Beeinflussung experimentell untersucht werden können. Der Umgang mit der Spritzentechnik ChemZ (Auffangen eines Gases, Umfüllen) macht dies besonders einfach und eindrucksvoll möglich! Hiermit werden Nachweisreaktionen wiederholt und die Reaktion von Salzsäure mit Magnesium wird als „Leitexperiment“ genau in den Blick genommen (Versuch zum Auffangen des Gases, Bestimmung als Wasserstoff).
Was kann man unter Reaktionsgeschwindigkeit verstehen? Die Bälleschlacht im Kinderzimmer: Mama und Baby schmeißen zu verschiedenen Zeitpunkten Bälle in bzw. aus einem Laufstall. Wie ist ihre Geschwindigkeit? Wie verändert sich die Geschwindigkeit im Laufe des Aufräumvorganges? Worin liegt die Veränderung begründet? Mit welcher Anfangs- oder Durchschnittsgeschwindigkeit werfen sie? Wie bestimmt man dies rechnerisch aus Wertetabellen oder Grafen? Was ist bei beiden Vorgängen ähnlich, was anders?		Anhand einer Analogie erfolgt die Einführung von Anfangs-, Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit sowie der Betrachtung des Betrags. Der Einfluss von c bzw. k wird angelegt. Konkrete „Teilchen“ in Form von Bällen ermöglichen ein Zählen/Rechnen sowie die Verknüpfung von Wertetabellen und Grafen. Bewusst wird das Aufräumen in der Analogie „nacheinander“ betrachtet. Erst später wird dann die „Gleichzeitigkeit der Abläufe“ das chemische Gleichgewicht als dynamisch erkennbar machen.
Die Geschwindigkeit einer Reaktion beobachten „Vom Kinderzimmer ins Labor“: in welcher Form kann man die Reaktionsgeschwindigkeit gut beobachten? Mindestens ein Versuch zu den bereits bekannten		Bei der Reaktionsgeschwindigkeit handelt es sich um eine Konzentrationsänderung pro Zeit. Gut beobachten kann man vor allem Massen- oder Volumenänderung beim Entstehen von Gasen!

Alle Materialien, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC BY-SA 4.0

Inhaltliche Aspekte	Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler	Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?
Reaktionen von Säuren mit Magnesium, Zink oder Kalk wird – nun mit Fokus auf volumetrische oder gravimetrische Messungen – erneut genutzt, um Reaktionsgeschwindigkeiten zu messen.		Der Versuch mit Magnesium ist leichter zu deuten und wird daher verwendet. In die Kurvenauswertung einfließen sollte die Bestimmung der Durchschnittsgeschwindigkeit und der Anfangsgeschwindigkeit sowie ggf. Erläuterungen zu $\Delta V/\Delta t$, $\Delta m/\Delta t$, $\Delta n/\Delta t$ und $\Delta c/\Delta t$.
Faktoren, welche die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflussen		
Der Einfluss des Zerteilungsgrades kann direkt im Anschluss untersucht und auch mit der Stoßtheorie erklärt werden. Hier steht dann direkt die Frage im Raum, warum nicht jeder Stoß zum Treffer führt. Die Barriere der Aktivierungsenergie wird betrachtet und die Boltzmannverteilung, die immer wieder als Argumentationsgrundlage dient, wird eingeführt.	• überprüfen aufgestellte Hypothesen zum Einfluss verschiedener Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit durch Untersuchungen des zeitlichen Ablaufs einer chemischen Reaktion • stellen den zeitlichen Ablauf chemischer Reaktionen auf molekularer Ebene mithilfe der Stoßtheorie auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge dar und deuten die Ergebnisse (MKR 1.2)	Der gleiche Versuch wird nun immer wieder mit Varianz eines Faktors erneut durchgeführt und ausgewertet. Die Vergrößerung der Oberfläche hat für Lernende ersichtlich einen Einfluss und ist auch einfach zu erklären. Der Fokus liegt dabei auf der Teilchenebene (Einführung der Stoßtheorie). In Vorbereitung der RGT-Regel wird hier (für nur eine Temperatur) schon geklärt, dass nicht jeder Stoß zum Treffer führt, dass es einer Mindestenergie bedarf und dass nur wenige Teilchen in einer Stoffprobe über die Mindestenergie verfügen.
Konzentrationsabhängigkeit untersuchen und mit der Stoßtheorie erklären. Der Versuch von oben wird abgewandelt mit verschieden konzentrierten Lösungen durchgeführt. Dabei wird die Stoßtheorie der Gase vereinfacht auch für Flüssigkeiten und Feststoffe übernommen. Quintessenz: ***Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentrationen der Stoffe sind (hier) proportional!*** **Nur für Fortgeschrittene: Die Reaktionsordnung** entspricht oft nicht unserer Modellerwartung und wird immer experimentell ermittelt		Auch die Konzentration hat einen Einfluss! Dies erklärt zudem, warum die Geschwindigkeit im Laufe der Reaktion abnimmt. Erfahrungsgemäß ist die Mathematisierung der Proportionalität wichtig. Der Proportionalitätsfaktor wird im Folgenden benötigt und die „Treffererfolgswahrscheinlichkeit“ und später „K“ als Gleichgewichtskonstante mathematisch abstrakt beschreiben zu können. Basierend auf der Stoßtheorie würde man nicht erwarten, dass es nur empirisch zu ermittelnde Reaktionsordnungen gibt. Hier genügt zunächst eine kurze Betrachtung mit dem Hinweis, dass manche Reaktionen mehrschrittig ablaufen.

Alle Materialien, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC BY-SA 4.0

Inhaltliche Aspekte	Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler	Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?
Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur (RGT)-Regel und Boltzmannverteilung Die RGT-Regel als solche ist z. B. von biologischen Prozessen bekannt und kann als Tatsache mit einem überprüfenden Experiment (ChemZ: verschieden warme, gleichkonzentrierte Säure mit Mg reagieren lassen) betrachtet werden.		Das Modell der Stoßtheorie liefert scheinbar einfache Erklärungen, da mit einer **Temperaturerhöhung** die Geschwindigkeit der Teilchen und damit die „Anzahl möglicher Stöße“ zunimmt. Die alleinige Argumentation über die veränderte Anzahl von Stößen hält aber einer genaueren Betrachtung nicht Stand und muss erweitert werden. Wichtig ist die **Anzahl** der „molekularen **Treffer**“, **die zu einer Reaktion führen**. Hierzu werden parallel erneut ein Enthalpie Diagramm, Aktivierungsenergie, Boltzmannverteilung und Mindestenergie bei verschiedenen Temperaturen betrachtet und die Beziehungen zueinander verdeutlicht. Interessant ist es, bei der Auswertung des Versuchs auch auf gegenläufige Wirkungen (exotherme Reaktion führt zur Erhöhung der Temperatur bei gleichzeitiger Abnahme der Konzentration der Lösung) einzugehen.
Die Rolle eines Katalysators ist prinzipiell aus der Sekundarstufe 1 bekannt. Hier wird die Wirkungsweise aber über die Herabsetzung der Aktivierungsenergie und damit über die im Vergleich geringere Mindestenergie auch auf Teilchenebene erfasst.	• erklären den Einfluss eines Katalysators auf die Reaktionsgeschwindigkeit auch anhand grafischer Darstellungen	Die **Katalyse** im Anschluss an die RGT-Regel zu betrachten hat den Vorteil, dass alle für die Begründungszusammenhänge notwendigen Begriffe und Diagramme (u. a. Enthalpiediagramm, Boltzmannverteilung) bekannt sind. Ein parallel durchgeführter (Demo-)Versuch mit Wasserstoffperoxid und Katalase (Trockenhefe, Kartoffel) veranschaulicht dies nicht nur, sondern ermöglicht auch eine Verknüpfung mit den Inhalten des Biologieunterrichts (Enzymatik).

Alle Materialien, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC BY-SA 4.0

Inhaltliche Aspekte	Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler	Was genau rückt in den Fokus? Warum gerade jetzt?
„Auf einen Blick“ liefert eine zusammenfassende Darstellung und einen Gesprächsanlass über bisher betrachteten Faktoren. Hierfür reichen wenige Minuten im Plenum.		
Wie kann man die Bildung eines Aromastoffes beschleunigen? Die Esterbildung.		
Reifung von Balsamico – das dauert! Kann man die Entstehung von Essigsäureethylester im Labor beschleunigen? Die exemplarische Bildung eines Esters aus Ethanol und Ethansäure führt die Betrachtung organischer Stoffklassen logisch fort. Der natürliche Prozess der Entstehung von Essigsäureethylester in Balsamico dauert augenscheinlich lange. Daraus ergibt sich die Frage nach der Beschleunigung der Reaktion im Labor sowie nach zu beeinflussenden Größen oder Parametern (z. B. Temperatur, Konzentration, Katalyse). **Fruchtig, aber aus dem Labor – die Stoffklasse der Ester.** Die Veresterungsreaktion wird auf Teilchenebene genauer betrachtet. Ggf. können weitere Ester hergestellt werden.	• ordnen organische Verbindungen aufgrund ihrer funktionellen Gruppen in Stoffklassen ein und benennen diese nach systematischer Nomenklatur, • führen Estersynthesen durch und leiten aus Stoffeigenschaften der erhaltenen Produkte Hypothesen zum strukturellen Aufbau der Estergruppe ab, • diskutieren (ansatzweise) den Einsatz von Konservierungs- und Aromastoffen in der Lebensmittelindustrie aus gesundheitlicher und ökonomischer Perspektive und leiten entsprechende Handlungsoptionen zu deren Konsum ab (VB B Z3)	Eine **Veresterungsreaktion** erfolgt im Essig im Beisein von Restalkohol scheinbar automatisch. Ihre exemplarische Betrachtung, ggf. weitere Syntheseversuche und die Beschreibung der Kondensationsreaktionen richten das Hauptaugenmerk noch einmal zusammenfassend auf die **Geschwindigkeit von Reaktionen** und deren Beeinflussung. Nachfolgend lässt sich am Beispiel der Veresterung gut begreifbar machen, dass **Reaktionen**, die in einer Phase stattfinden, in der Regel **nicht vollständig ablaufen**, sondern Rückreaktionen dazu führen, dass sich ein **chemisches Gleichgewicht** einstellt. *Dessen Dynamik auf Teilchenebene, das Massenwirkungsgesetz und das Prinzip von Le Chatelier sind dann Inhalte der anschließenden Unterrichtsreihen*.

Alle Materialien, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC BY-SA 4.0