

UE / LS	Wiederholgenauigkeit von Robotern
Jg. + Fach / Lernfeld	10 + Wahlpflicht Robotik
Anzahl Unterrichtsstunden	2 (exklusive Vorbereitung und Einführung in die Benutzeroberfläche)
Raum / Geräte / Lernträger	Franka Emika Robot / Niryo NED Roboter (oder andere kollaborative Roboter) beschreibbare Unterlage (evtl. fixierbar) / Stifte / greifbare Gegenstände
Handlungsziel/-produkt	Wiederholgenauigkeit – Ausprobieren und thematisieren
Hinweise	<p>Die Wiederholgenauigkeit von kollaborativen Robotern ist wichtig, weil sie die Qualität und Effizienz der Prozesse beeinflusst, die sie mit Menschen teilen. Kollaborative Roboter können Aufgaben übernehmen, die für Menschen anstrengend, monoton oder ergonomisch ungünstig sind. Dabei müssen sie jedoch präzise und zuverlässig arbeiten können, ohne die Sicherheit oder das Wohlbefinden der Menschen zu gefährden. Eine große Wiederholgenauigkeit ist vor allem für Anwendungen notwendig, die eine hohe Genauigkeit oder eine feinfühlige Manipulation erfordern. Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montage: Kollaborative Roboter können bei der Montage von kleinen oder empfindlichen Teilen helfen, wie zum Beispiel in der Elektronik- oder Automobilindustrie. Die Wiederholgenauigkeit ermöglicht es ihnen, die Teile korrekt zu positionieren und zu befestigen.</li> <li>• Maschinenbeschickung und Teileinspektion: Kollaborative Roboter können Maschinen mit Werkstücken beladen oder fertige Produkte auswerfen und prüfen. Die Wiederholgenauigkeit sorgt dafür, dass die Maschinen optimal genutzt werden und die Qualitätsstandards eingehalten werden.</li> <li>• Kraftgesteuerte Anwendungen: Kollaborative Roboter können auch Kräfte auf Objekte ausüben oder erfassen, wie zum Beispiel beim Schleifen, Polieren oder Bohren. Die Wiederholgenauigkeit ermöglicht es ihnen, die richtige Kraft für das jeweilige Material anzuwenden und zu regulieren.</li> </ul> <p>Der Franka Emika Robot hat eine Wiederholgenauigkeit von +/- 0,1 mm. Der Niryo NED hat eine Wiederholgenauigkeit von circa +/- 0,5 mm.</p>
Beschreibung	In dieser Lernsituation sollen die SuS eigenständig herausfinden, wie groß die Wiederholgenauigkeit der Roboter ist. Dazu erstellen sie eine „Versuchsreihe“ und überprüfen, ob verschiedene Faktoren die Wiederholgenauigkeit beeinflussen.
Foto / Abbildung	

UE / LS	Wiederholgenauigkeit von Robotern
Kompetenzen	<p><b>Prozessbezogene Kompetenzen:</b> Die SuS planen und führen eine Messreihe durch (möglicherweise unter Festhalten von Variablen), sie dokumentieren, vergleichen und interpretieren Ergebnisse.</p> <p><b>Inhaltsbezogene Kompetenzen:</b> Die SuS verstehen das Konzept der Wiederholgenauigkeit von kollaborativen Robotern und beurteilen ihre Relevanz für verschiedene Anwendungsbereiche. Die SuS verstehen, dass in Technik und Naturwissenschaften Messergebnisse immer mit Fehlerangaben versehen sind, um die Genauigkeit der Messung anzugeben. Die SuS programmieren einen reproduzierbaren Bewegungsablauf eines kollaborativen Roboters.</p>
Inhaltlich-methodische Voraussetzungen	<p>Die SuS haben grundlegende Erfahrungen mit der Franka Benutzeroberfläche (Desk) gemacht und können grundlegende Bewegungen (kartesische Bewegungen, Greifer öffnen/schließen) sowie Schleifen programmieren. Die SuS haben grundlegende Erfahrungen mit den Niryo Ned Robotern gemacht und können Bewegungen und Greifbewegungen programmieren. Hierzu können die Niryo Minikurse von der Robokind Stiftung (<a href="https://robokind.de/lehrgaenge/">https://robokind.de/lehrgaenge/</a>) als Einstieg genutzt werden.</p>

### Unterrichtsverlaufsplan

Handlungsschritte (eine vollständige Handlung)	Unterrichtsverlauf	Materialien und Hinweise (Roboter, Computer, ABs, Filme, ...)
Vorbereitung	<p>Erklären des Konzepts der Wiederholgenauigkeit und warum es für kollaborative Roboter wichtig ist.</p> <p>Zeigen von Beispielen für Anwendungen von kollaborativen Robotern in verschiedenen Branchen.</p>	<p>An dieser Stelle sollte, je nach Lerngruppe, die Bedeutung von Fehlerangaben (z. B. +/- 5cm) in den Naturwissenschaften thematisiert werden. Auch, dass in den Naturwissenschaften Messwerte grundsätzlich immer mit Fehlern behaftet sind und diese immer mit angegeben werden, könnte aufgegriffen werden.</p>
Programmierung und Aufnehmen einer oder mehrere Versuchsreihen.	<p>Die SuS arbeiten in Gruppen mit jeweils einem Roboter. Sie programmieren die Roboter, um eine einfache Aufgabe auszuführen, die es ermöglicht Abweichungen von der Präzision zu messen (z.B. einen Gegenstand greifen und platzieren, etwas mit einem Stift zeichnen...). Sie messen die Abweichung der Position des Roboters bei mehreren Durchläufen. Leistungsstärkere Gruppen können auch die Variable „Wiederholgenauigkeit“ unter Veränderung anderer Variablen ermitteln, wie z.B. Beschleunigung, Geschwindigkeit, das Bewegen von schwereren Gegenständen (bis zu dem erlaubten Maximalgewicht) und ob die Wiederholgenauigkeit von der Anzahl der in der Bewegung genutzten Achsen abhängt.</p>	<p>Maximallast Niryo: 0,3 kg Maximallast Franka: 3 kg</p> <p>Um die Wiederholgenauigkeit zu überprüfen, muss eine beschreibbare Unterlage auf der Arbeitsfläche so befestigt werden, dass sie nicht verrutscht.</p>

Handlungs- schritte (eine vollständige Handlung)	Unterrichtsverlauf	Materialien und Hinweise (Roboter, Computer, ABs, Filme, ...)
Auswertung und Reflexion	Die Ergebnisse der Gruppen werden miteinander verglichen, z.B. im Plenum. Abschließend könnten die SuS, je nach Interesse und Fähigkeiten der Lerngruppe, eine kurze Präsentation vorbereiten, einen sogenannten sales pitch, um einen der Roboter anzupreisen. Dazu können die SuS auf die spec sheets der jeweiligen Roboter schauen und sich Features suchen, die positiv sind und welche, die eher unvorteilhaft sind (Franka → Preis, Niryo → nicht robust genug für längere Aufgaben oder präzise Anwendungen). Hier können kreative Gruppen versuchen die Vorteile besonders hervorzuheben und die Nachteile umzudeuten oder als weniger bedeutsam darzustellen (siehe Beispiel sales pitch)	Material: Data sheets für beide Roboter als Information für die SuS: Franka Emika Robot: <a href="https://download.franka.de/documents/100010_Product%20Manual%20Franka%20Emika%20Robot_10.21_DE.pdf">https://download.franka.de/documents/100010_Product%20Manual%20Franka%20Emika%20Robot_10.21_DE.pdf</a> S.34 Niryo NED: <a href="https://docs.niryo.com/product/ned/v4.0.0/en/source/hardware/technical_specifications.html">https://docs.niryo.com/product/ned/v4.0.0/en/source/hardware/technical_specifications.html</a>

### Beispiel: Sales Pitch Franka Emika

Der Franka Emika Robot ist ein kollaborativer Roboter mit 7 Freiheitsgraden, der von der deutschen Firma FRANKA EMIKA entwickelt wurde. Der Franka Roboter ist ein vielseitiges und benutzerfreundliches Werkzeug für Industrie, Forschung und Bildung. Er verfügt über eine hohe Präzision, Sensibilität und Geschicklichkeit, die es ihm ermöglicht, eine Vielzahl von Aufgaben zu erledigen, wie z.B.: Maschinenbeladung, Kleben, Verpacken, Automatische Montage, Prüfung, oder Schweißen. Der Franka Roboter ist einfach zu installieren und zu bedienen. Er kann über eine intuitive Benutzeroberfläche namens "Desk" gesteuert werden, die modulare App-Bausteine für die Programmierung bietet. Er kann auch mit externen Sensoren und Software verbunden werden. Der Franka Roboter ist nicht nur leistungsfähig, sondern auch sicher und zertifiziert für den Einsatz in industriellen Umgebungen. Er hat Drehmomentsensoren an allen sieben Achsen, die ihm eine feine Anpassung an die Umgebung ermöglichen. Er kann sogar vor einem Luftballon anhalten, ohne ihn zu zerplatzen. Er hat auch eine geringe Verletzungsgefahr für Menschen, da er seine Kraft und Geschwindigkeit je nach Situation regulieren kann. Der Franka Roboter ist eine Investition, die sich schnell auszahlt. Er hat einen niedrigen Preis im Vergleich zu anderen kollaborativen Robotern auf dem Markt. Er kostet nur circa 25.000 €. Er hat auch einen geringen Energieverbrauch und Wartungsaufwand. Er kann helfen, die Produktivität, Qualität und Flexibilität zu steigern und Kosten zu senken.

### Beispiel: Sales Pitch Niryo NED

Der Niryo NED Roboter ist ein kollaborativer Roboterarm mit 6 Freiheitsgraden, der von der französischen Firma Niryo entwickelt wurde. Der NED Roboter ist ein ideales Werkzeug für Bildung und Forschung im Bereich der Industrie 4.0. Er ist preiswert und erschwinglich. Er kostet nur circa 3000 Euro. Das ist viel günstiger als andere kollaborative Roboter auf dem Markt. Er ist einfach zu installieren und zu bedienen. Er hat eine intuitive Benutzeroberfläche namens Niryo Studio, die es ermöglicht, Programme mit Drag-and-Drop zu erstellen. Er kann auch mit verschiedener Software wie Python, ROS und Blockly programmiert werden. Er ist vielseitig und anpassbar. Er kann verschiedene Aufgaben erledigen, wie z.B. Pick-and-Place. Er hat ein EasyConnect System, das es ermöglicht, verschiedene Werkzeuge wie Greifer oder Kameras zu wechseln. Er kann auch mit einem Förderband oder einem Vision Set ausgestattet werden, um seine Interaktion mit der Umgebung zu verbessern. Er ist offen und erweiterbar. Das bedeutet, dass man Zugang zu vielen Bibliotheken und Ressourcen hat, um eigene Programme zu erstellen und zu verbessern. Man kann auch eigene Werkzeuge oder Sensoren hinzufügen oder den Roboter mit einem 3D-Drucker modifizieren.

Der NED Roboter ist nicht nur leistungsstark, sondern auch sicher und zertifiziert für den Einsatz in Bildungs- und Forschungsumgebungen.

Der NED Roboter hat eine Präzision und eine Wiederholgenauigkeit von 0,5 mm, was für die meisten Bildungs- und Forschungsprojekte ausreichend ist. Er hat eine Reichweite von 440 mm, was ihm eine gute Abdeckung seines Arbeitsbereichs gibt. Er ist nicht für den industriellen Einsatz konzipiert, aber er kann helfen, industrielle Szenarien zu prototypisieren und zu simulieren.