

Di., 25. November 2025,
Stadthalle K3N Nürtingen



Chemieunterricht 4.0: Automatische Titration mit LEGO-Robotern

Vermittlung von informatischen Kompetenzen im Chemieunterricht



Prof. Dr. Amitabh Banerji

Universität Potsdam, Didaktik der Chemie



Quelle: https://www.youtube.com/watch?v=F_7lPm7f1vI&t=3s

Immer mehr Jobs benötigen neben fachspezifischen Kenntnissen auch grundlegende IT-Kompetenzen.



Zur Bedeutung der Informatik



„Zur Allgemeinbildung und Mündigkeit gehört aber nicht nur die Nutzung und kritische Reflexion digitaler Medien, sondern auch ein **Verständnis** der damit verbundenen **grundlegenden Konzepte**. Erst wenn man versteht, **wie etwas funktioniert**, kann man selbstständig **informatische Probleme bewältigen** und **fachlich begründete Beurteilungen und Bewertungen** vornehmen.

[...]

Tatsächlich sind das Kennen und Verstehen dieser **Funktionsweisen** und **Prinzipien** der **Schlüssel** dazu, sich in der digitalen Welt **souverän** zu bewegen. [...]

Quelle: Gesellschaft für Informatik e.V.:

https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Service/Publikationen/Empfehlungen/GeRRI_komplett_WEB.pdf (letzter Zugriff: 01.12.2020)

Grundkonzepte der Informatik



Stoff-Teilchen-
Konzept

Struktur-
Eigenschafts-
Konzept

Konzept der
chemischen
Reaktion

Energie-Konzept

Automatisierung

Digitalisierung

Informatiksysteme



Grundkonzepte der Informatik

Automatisierung	Digitalisierung	Informatiksysteme
Modellierung	Codierung	Anwendung
Algorithmen	Datentypen	Aufbau
Implementierung	Textverarbeitung	Dateiverwaltung
Dokumentation	Tabellenkalkulation	Kommunikation und Kooperation
Test	Datenmodellierung	Vernetzung
Fehleranalyse	Recherche	Sicherheit
Automaten	personenbezogene Daten	Internetnutzung
Formale Sprachen	gesellschaftlicher Kontext	Soziotechnischer Kontext

Quelle: Gesellschaft für Informatik e.V.:

https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Service/Publikationen/Empfehlungen/GeRRI_komplett_WEB.pdf (letzter Zugriff: 01.12.2020)

Implizite Vermittlung informatischer Kompetenzen im CU

Beispiel **Automatisierung**:

„Als Beispiel sei eine Säure-Base-Titration genannt, bei der man an definierten **Objekten** (Geräte & Chemikalien) **iterativ** bestimmte **Operationen** (Titrationsschritte) vornimmt, bis eine **Bedingung** (Farbumschlag) eintritt.“

Beispiel **Digitalisierung**:

„Der Umgang mit Daten spielt in der Chemie eine wichtige Rolle. So werden etwa bei quantitativen Messungen oder Analysemethoden **Daten** erfasst und nach **Codierung** in **Tabellen**, **Diagrammen** usw. **zweckbezogen dargestellt**.“

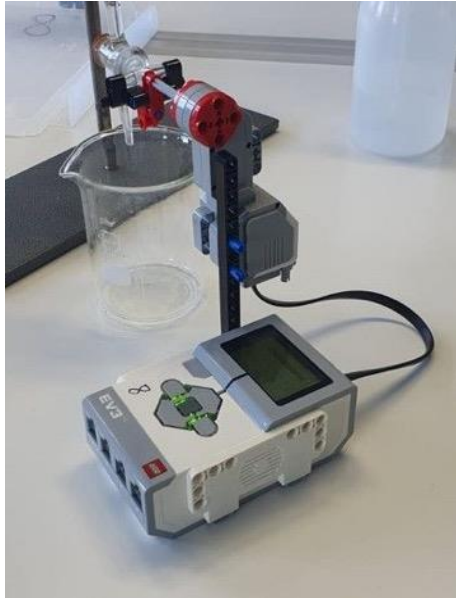
Beispiel **Informatiksysteme**:

„Digitale **Messerwerfassungssysteme** sind per se solche **Informatiksysteme** mit direktem Bezug zu den Naturwissenschaften.“



(Banerji et al., 2021)

Explizit: Idee zum LEGO Titrations-Roboter



Prototyp eines
LEGO EV3 Titrier-Roboters



Maria McAdams

Michael Nehls

Dr. Jens Reinecke

Fotos: <https://www.goldenberg-europakolleg.eu/auszeichnung-fuer-goldenberger-chemielehrer/>

Gliederung

1. Einführung in das LEGO SPIKE System
2. Durchführung einer automatischen Titration
3. Einblicke in die Erprobung mit Schülern & Lehrern
4. Ausblick: Was noch möglich ist...
5. Fazit & Diskussion

Gliederung

- 1. Einführung in das LEGO SPIKE System**
2. Durchführung einer automatischen Titration
3. Einblicke in die Erprobung mit Schülern & Lehrern
4. Ausblick: Was noch möglich ist...
5. Fazit & Diskussion

1. Einführung in das LEGO SPIKE System



LEGO SPIKE (Prime Set)

Kosten: ca. 400 EUR pro Set

Das Prime Set enthält:

- 1x Hub mit 6 Anschlüssen + Display
- 3 Motoren (2x mittelstark, 1x stark)
- 1x Abstandssensor, 1x Farbsensor, 1x Drucksensor

Warum LEGO?

- LEGO ist **intuitiv bedienbar**
- An viele Schulen **bereits vorhanden**
- Das Set beinhaltet **mehrere Elektronik-Bausteine**
- Intuitiv bedienbare **grafische Programmierumgebung**
 - Basierend auf der Programmiersprache **SCRATCH** 
- Titrationsroboter **funktioniert auch mit Mindstorm EV3**

„Experiment“ 1: Erkunden des LEGO SPIKE Systems



„Experiment“ 1: Erkunden des LEGO SPIKE Systems

1)



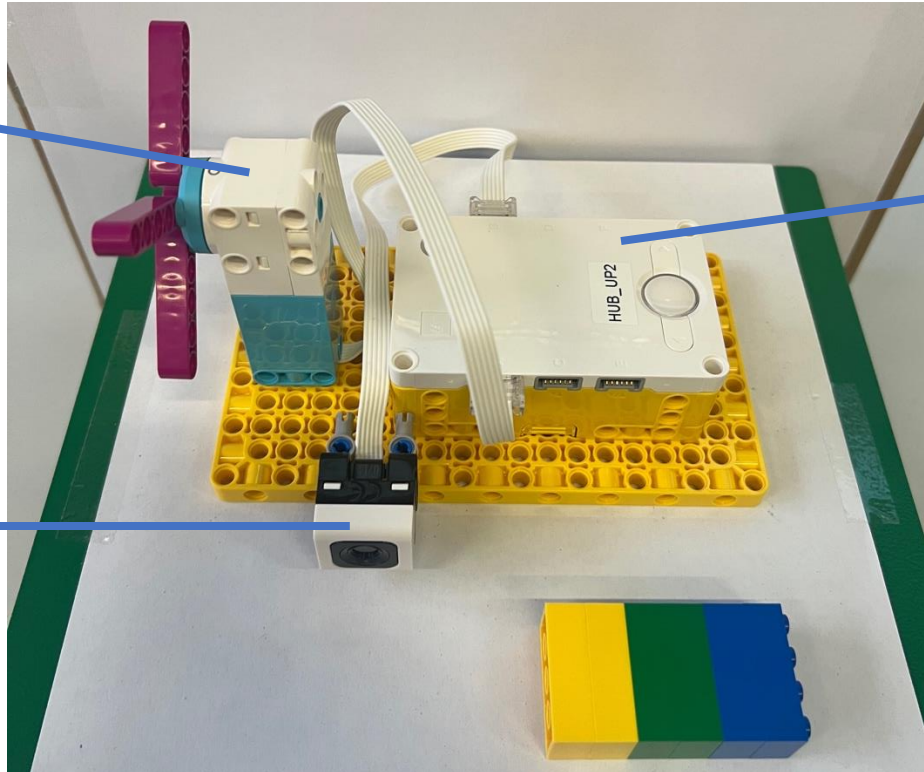
Der Motor

2)



Der Farbsensor

Mein erster „Roboter“



Motor mit
Propeller

Farb-
sensor

Der Hub
(Schaltzentrale)
+ Display

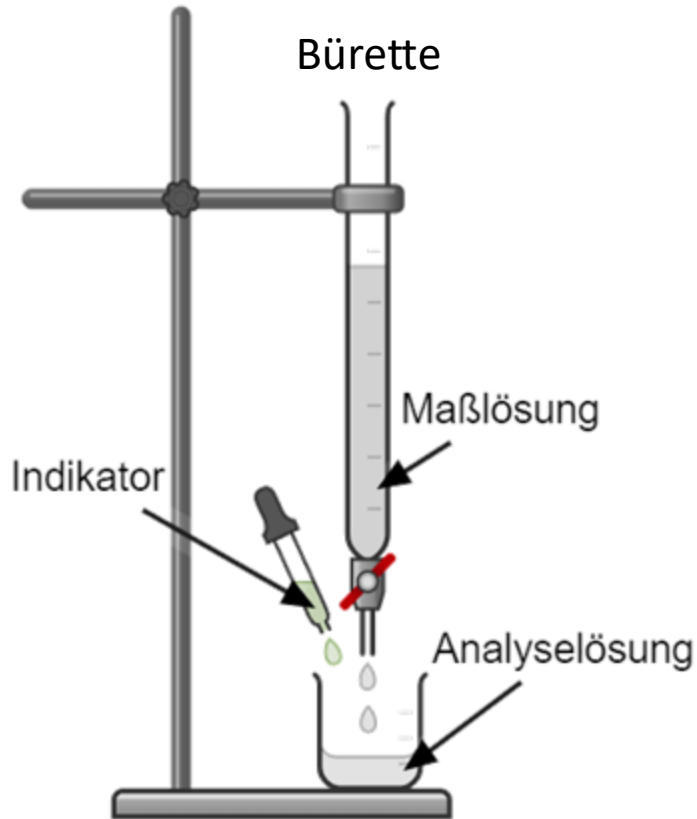
Aufgabe:

- **Gelb**: Motor dreht sich 2x nach rechts
- **Blau**: Motor dreht sich 2x nach links
- **Grün**: Display zeigt in Lauf-schrift "Hallo Graz".

Gliederung

1. Einführung in das LEGO SPIKE System
- 2. Durchführung einer automatischen Titration**
3. Einblicke in die Erprobung mit Schülern & Lehrern
4. Ausblick: Was noch möglich ist...
5. Fazit & Diskussion

2. Durchführung der Automatischen Titration



Maßlösung:

Salzsäure

$$c = 0,1 \text{ mol/L}$$

Analyselösung:

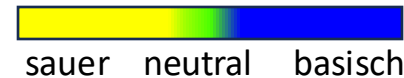
Natronlauge

$$c = 0,05 \text{ mol/L}$$

$$V = 6 \text{ mL}$$

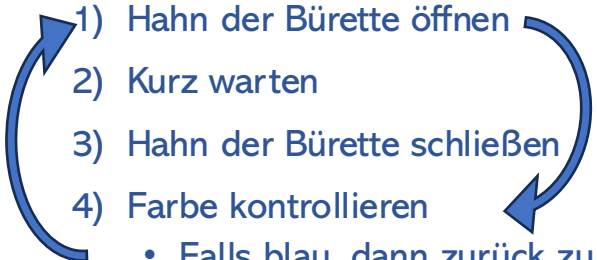
Indikator:

Bromthymolblau



2. Durchführung der Automatischen Titration

- **Herkömmliche Titration**

- 
- 1) Hahn der Bürette öffnen
 - 2) Kurz warten
 - 3) Hahn der Bürette schließen
 - 4) Farbe kontrollieren
 - Falls blau, dann zurück zu 1)
 - Falls grün, dann weiter mit 5)
 - 5) Volumen der verbrauchten Maßlösung ablesen
 - 6) Konzentration der Analyselösung berechnen

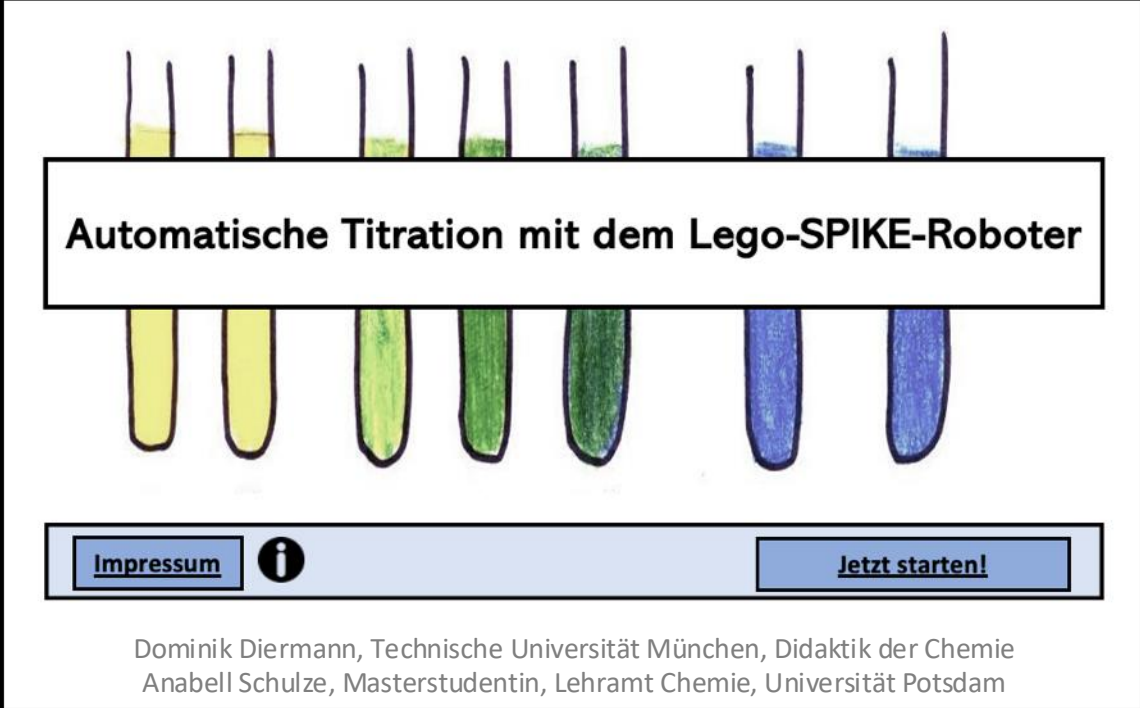
- **Teilautomatisierte Titration**

- 1) Hahn der Bürette öffnen
- 2) Kurz warten
- 3) Hahn der Bürette schließen
- 4) Farbe kontrollieren



Programmstart per
Knopfdruck

„Experiment“ 2: Bau des Titrierroboters



Automatische Titration mit dem Lego-SPIKE-Roboter

[Impressum](#) ⓘ [Jetzt starten!](#)

Dominik Diermann, Technische Universität München, Didaktik der Chemie
Anabell Schulze, Masterstudentin, Lehramt Chemie, Universität Potsdam

1. Schritt: Ein stabiles Gerüst



1x
Hub



1x
Mo-
tor



1x
gelbe
Platte



2x
blaues
Recht-
eck

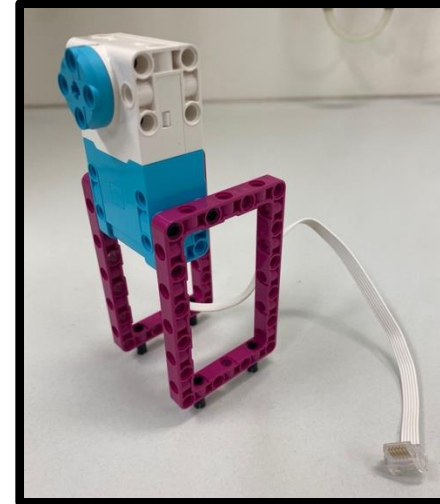
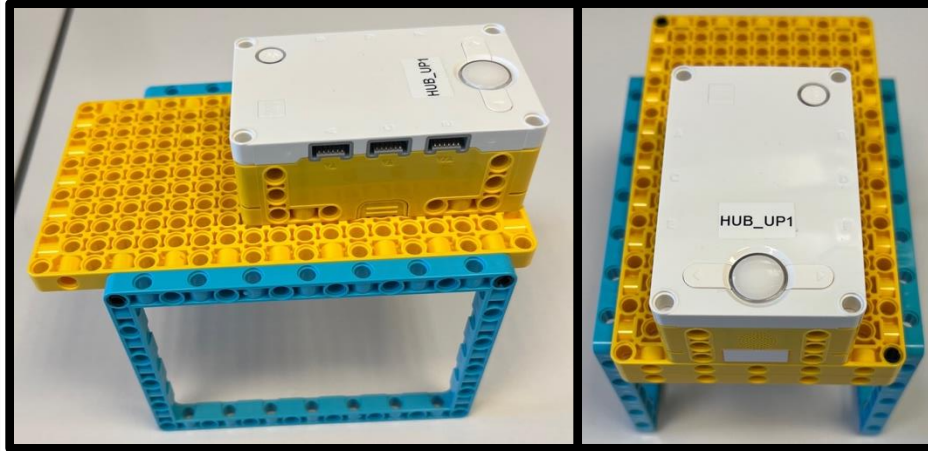


2x
pinkfar-
benes
Recht-
eck

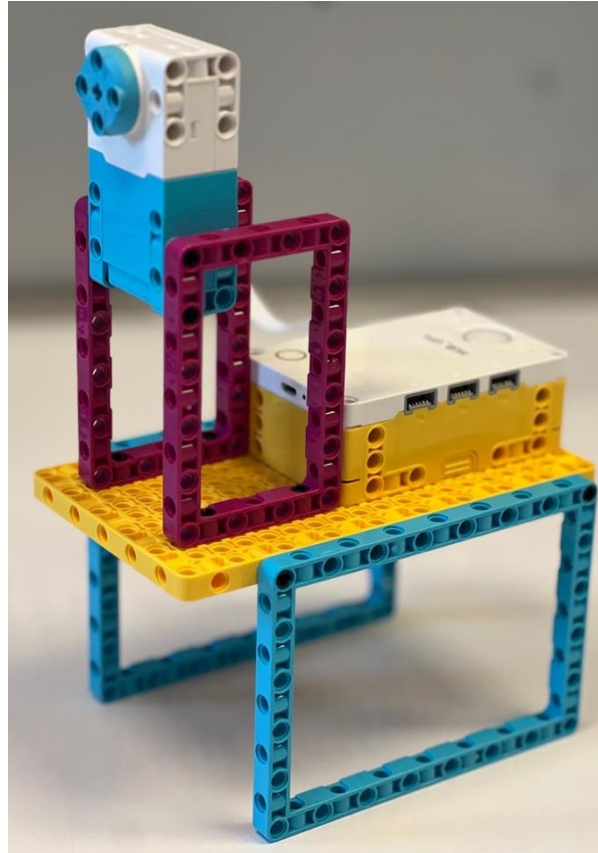


16x
Verbin-
dungs-
stücke
(schwarz)

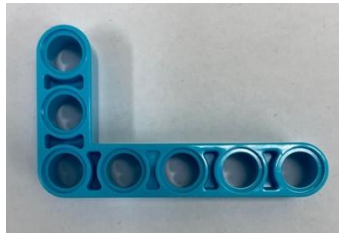
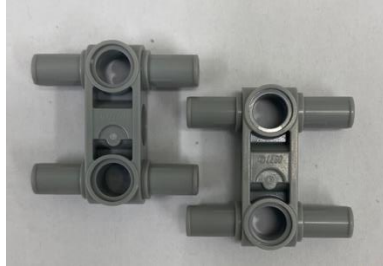
1. Schritt: Ein stabiles Gerüst



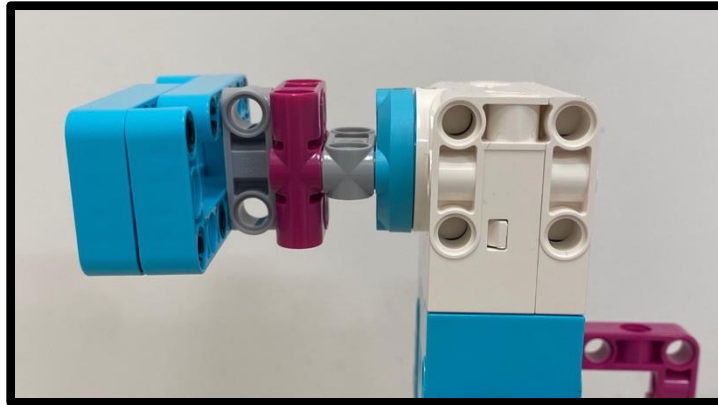
1. Schritt: Ein stabiles Gerüst



2. Schritt: Eine greifende Hand



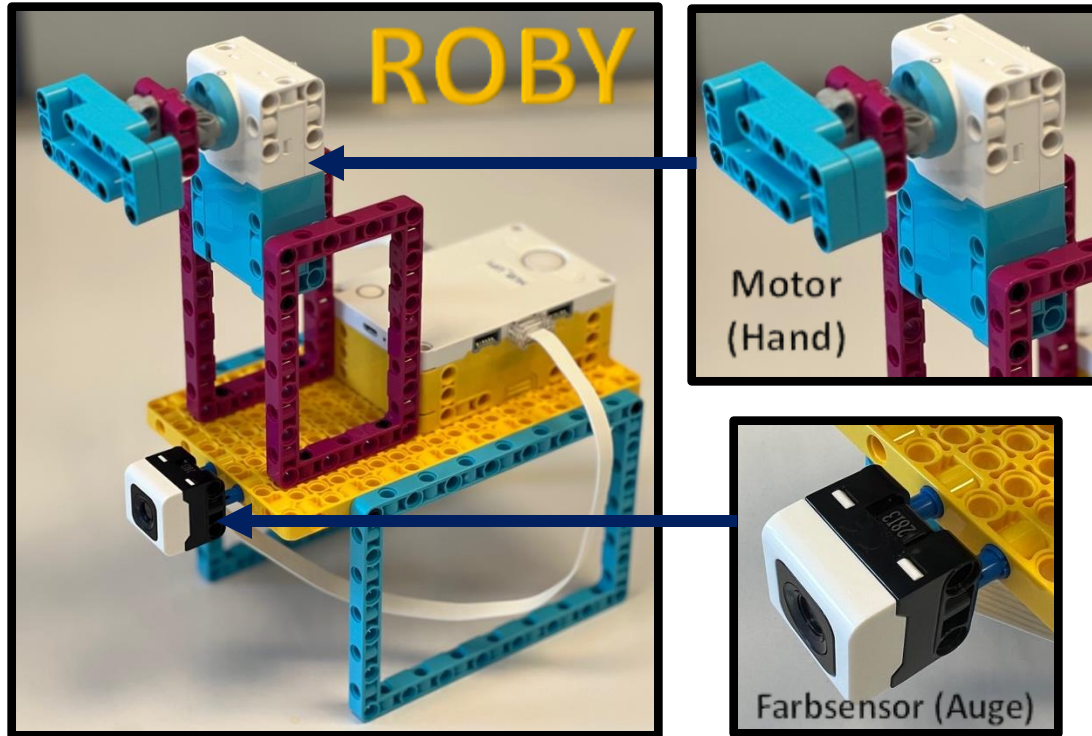
2. Schritt: Eine greifende Hand



3. Schritt: Ein sehendes Auge



4. Schritt: Der fertige Titrationsroboter



Die Programmierung des Titrierroboters

Teilautomatisierte Titration

- 1) Hahn der Bürette öffnen
- 2) Kurz warten
- 3) Hahn der Bürette schließen
- 4) Farbe kontrollieren



Programmstart per
Knopfdruck

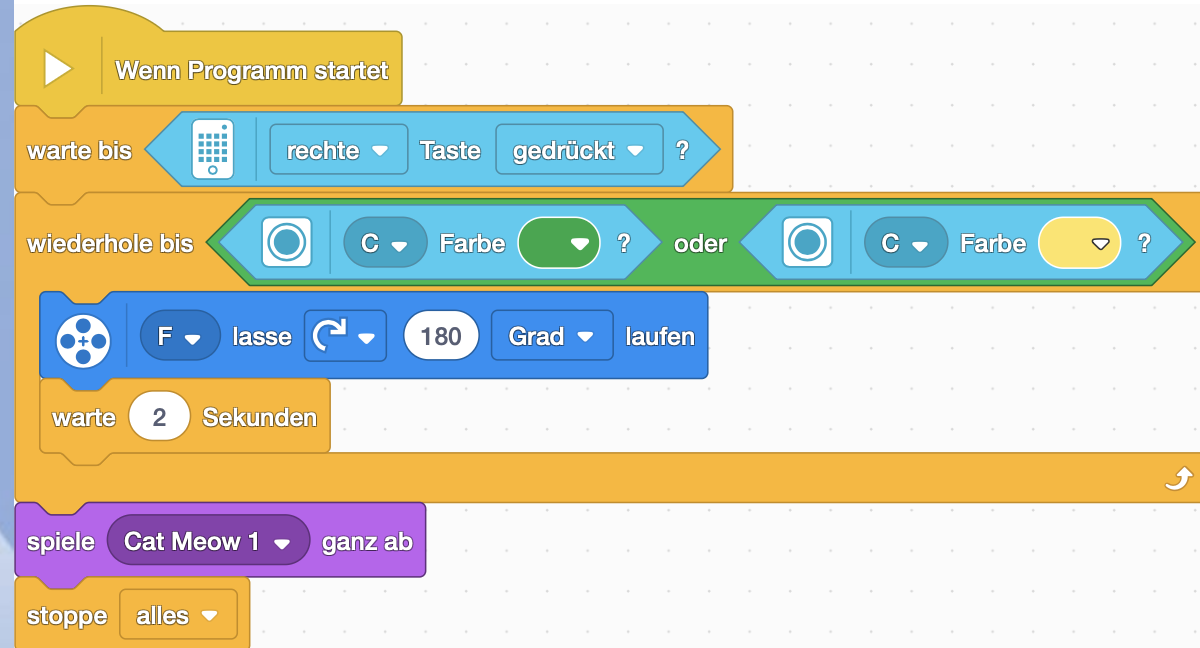
Die Programmierung des Titrierroboters

Erster Programmcode:



Die Programmierung des Titrierroboters

Verbesserter Programmcode:



Der Vollautomatische Titrierroboter

• V

1) H

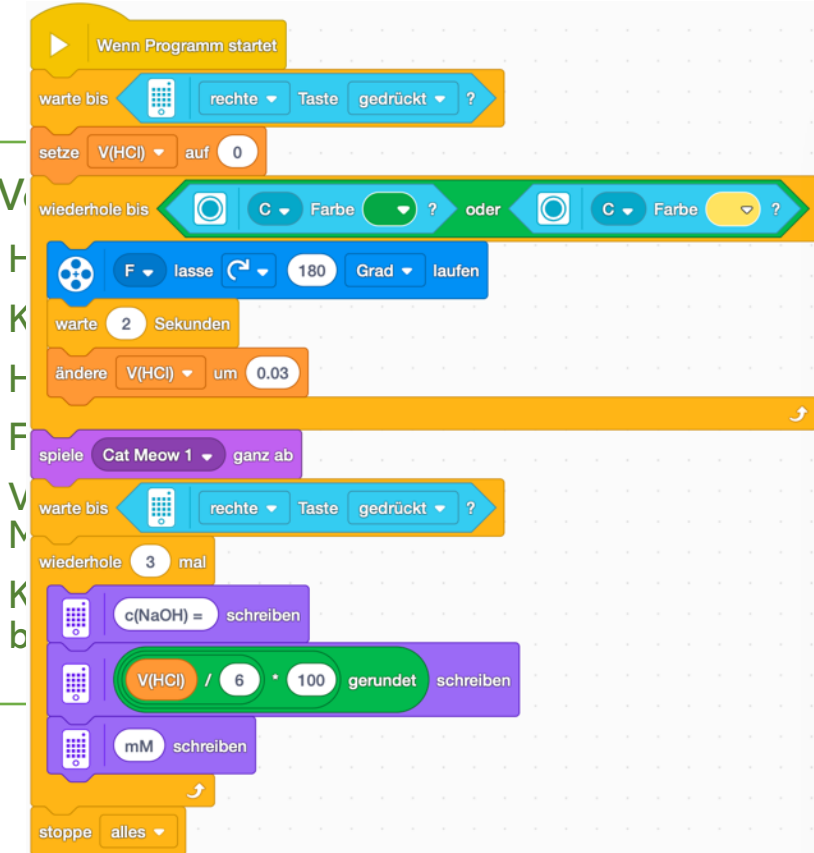
2) K

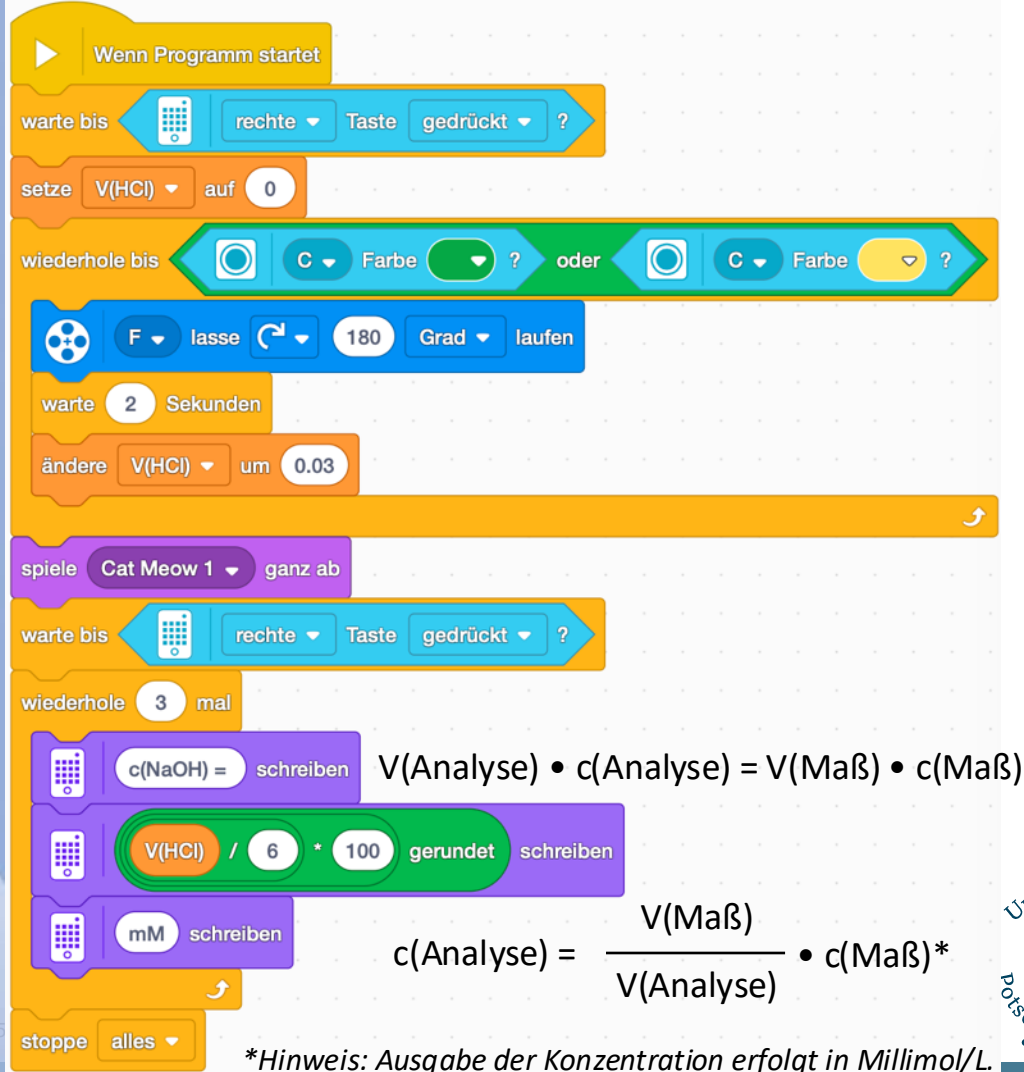
3) H

4) F

5) V

6) K





$$V(\text{Analyse}) \cdot c(\text{Analyse}) = V(\text{Maß}) \cdot c(\text{Maß})$$

$$c(\text{Analyse}) = \frac{V(\text{Maß})}{V(\text{Analyse})} \cdot c(\text{Maß})$$

*Hinweis: Ausgabe der Konzentration erfolgt in Millimol/L.

Gliederung

1. Einführung in das LEGO SPIKE System
2. Durchführung einer automatischen Titration
- 3. Einblicke in Erprobungen mit Schülern & Lehrern**
4. Ausblick: Was noch möglich ist...
5. Fazit & Diskussion

Erprobung mit Schüler*innen



Vielen Dank an den LK Chemie des Sally-Bein-Gymnasiums in Beelitz!

3. Einblicke in die erste LFB am 27.08.2024

Ablaufplan: 9:00 – 12:00 Uhr

Zeit	Phase
25 min	Begrüßung und Einführung
45 min	Laborphase I: Bau und Programmierung des Roboters
10 min	Pause
25 min	Laborphase II: Durchführung und Optimierung der automatischen Titration
40 min	Wettbewerb: - Titrationsroboter treten gegeneinander an (35 min) - Siegerehrung (5 min)
35 min	Diskussion, Aufräumen, Abschluss-Evaluation

Einblicke & Feedback

Erwartungen wurden übertroffen,
ich hatte richtig viel Spaß!

Hat Spaß gebracht und
viele Neues gelernt

Es war etwas anders als erwartet,
aber sehr interessant

Ich habe viel Neues gelernt und konnte
praktische Erfahrungen im Labor zum
gewählten Themenbereich sammeln

Die Zeit der Durchführung im regulären
Chemieunterricht fehlt mir, aber für
Projekte, die über den regulären Unterricht
hinausgehen, finde ich diese sinnvoll

Mich hält zurück, dass bisher an der Schule
die LEGO-Sets nicht vorhanden sind.

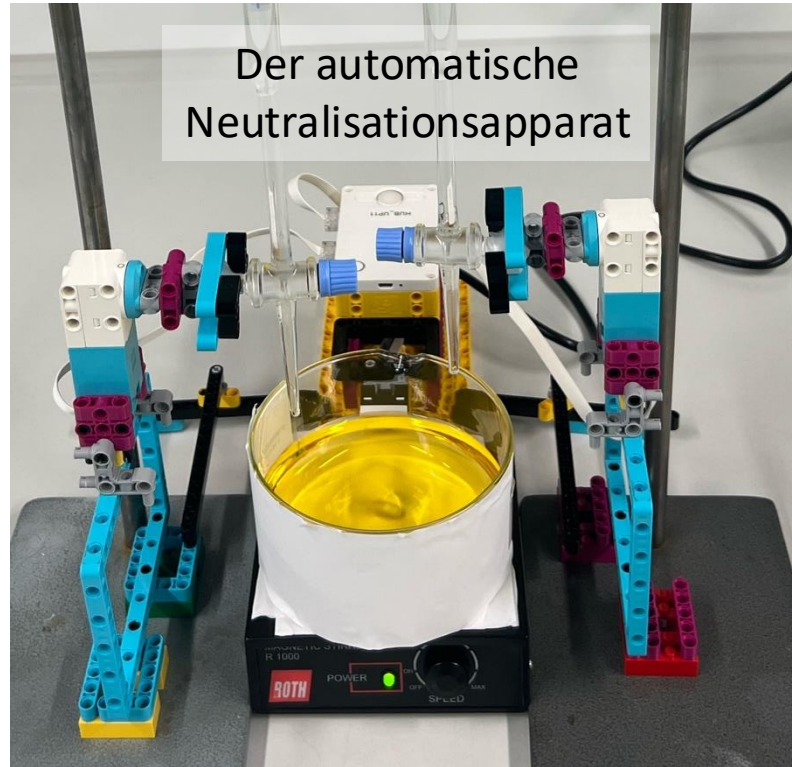
Ja, bringt Spaß aber zeitintensiv
und kosten der Roboter hoch



Gliederung

1. Einführung in das LEGO SPIKE System
2. Durchführung einer automatischen Titration
3. Einblicke in die Erprobung mit Schülern & Lehrern
- 4. Ausblick: Was noch möglich ist...**
5. Fazit & Diskussion

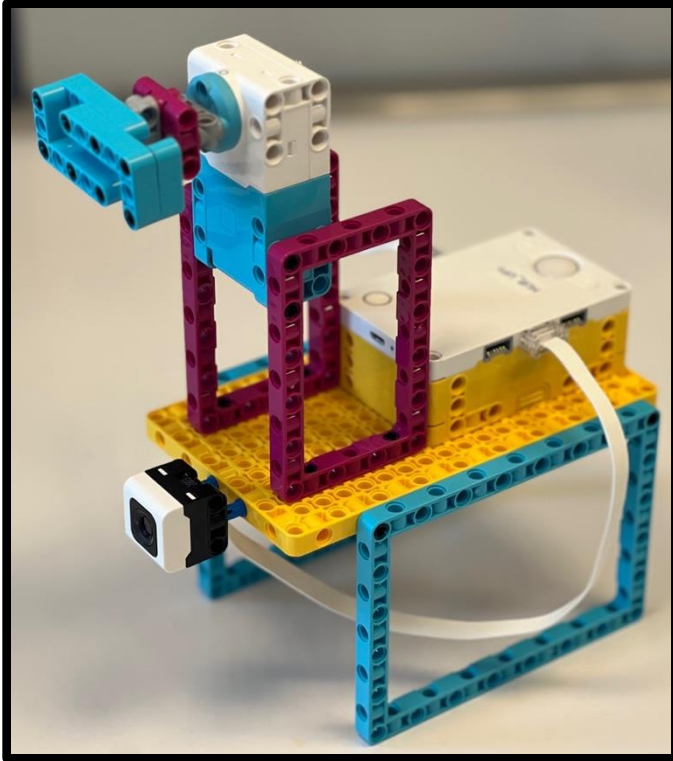
4. Ausblick: Der automatische Neutralisationsapparat



Gliederung

1. Einführung in das LEGO SPIKE System
2. Durchführung einer automatischen Titration
3. Einblicke in die Erprobung mit Schülern & Lehrern
4. Ausblick: Was noch möglich ist...
5. **Fazit & Diskussion**

5. Fazit und Diskussion



- Zur digitalen Mündigkeit gehört nicht nur digitale Systeme zu nutzen, sondern die Grundkonzepte der Informatik zu kennen und diese für die Gestaltung von digitalen Tools anzuwenden.
- Der Chemieunterricht kann hierzu beitragen, indem explizit Bezug zu den Grundkonzepten genommen wird. Der Titrier-Roboter ist hierfür eine sehr gute Möglichkeit.
- Die Anschaffungskosten für LEGO-Roboter sind hoch. Hier kann aber mit der Informatik zusammen gearbeitet werden und/oder Förderanträge können beim FCI gestellt werden.
- Es kostet Zeit, solche Projekte im Unterricht durchzuführen. Projektwochen bieten sich daher zum Einstieg gut an. Mithilfe der Begleitmaterialien ist es aber durchaus auch möglich, das Thema im Regelunterricht zu behandeln.

Grundkonzepte der Informatik, die in der Lerneinheit zum Titrationsroboter adressiert werden können.

Automatisierung	Digitalisierung	Informatiksysteme
Modellierung	Codierung	Anwendung
Algorithmen	Datentypen	(Aufbau)
Implementierung	Textverarbeitung	Dateiverwaltung
Dokumentation	Tabellenkalkulation	Kommunikation und Kooperation
Test	Datenmodellierung	Vernetzung
Fehleranalyse	Recherche	Sicherheit
(Automaten)	personenbezogene Daten	Internetnutzung
Formale Sprachen	gesellschaftlicher Kontext	Soziotechnischer Kontext

Quelle: Gesellschaft für Informatik e.V.:

https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Service/Publikationen/Empfehlungen/GeRRI_komplett_WEB.pdf (letzter Zugriff: 01.12.2020)

DANKSAGUNG



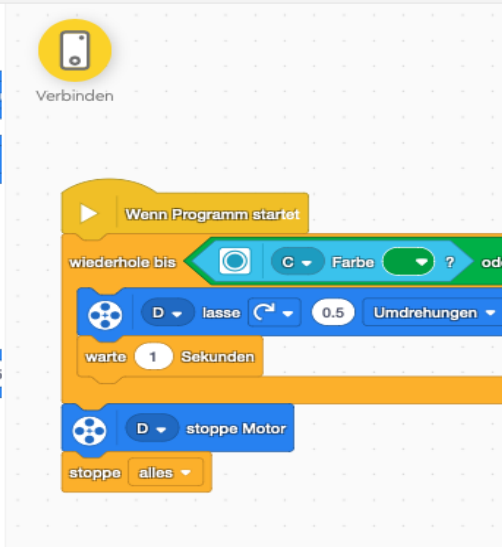
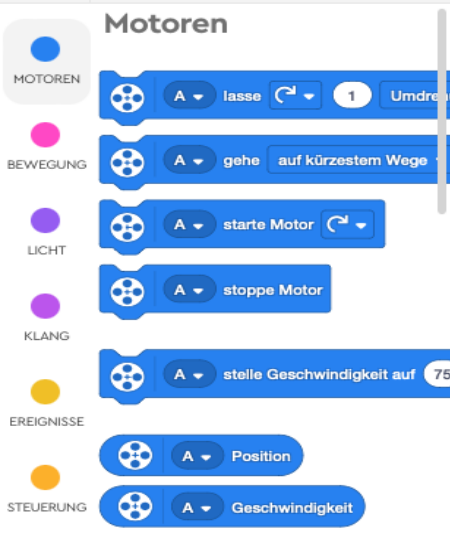
Maria McAdams Michael Nehls Dr. Jens Reinecke



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Email für mehr
Informationen



Quellen:

- A. Banerji, C. Thyssen, B. Pampel, J. Huwer (2021). Naturwissenschaftsunterricht und Informatik – bringt zusammen, was zusammen gehört?!. **CHEMKON**, 28(6), 263–265.
- Gesellschaft für Informatik e.V.:
https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Service/Publicationen/Empfehlungen/GeRRI_komplett_WEB.pdf (letzter Zugriff: 01.12.2020)