

Ampel- steuerung 1-3

Fließt der Verkehr?



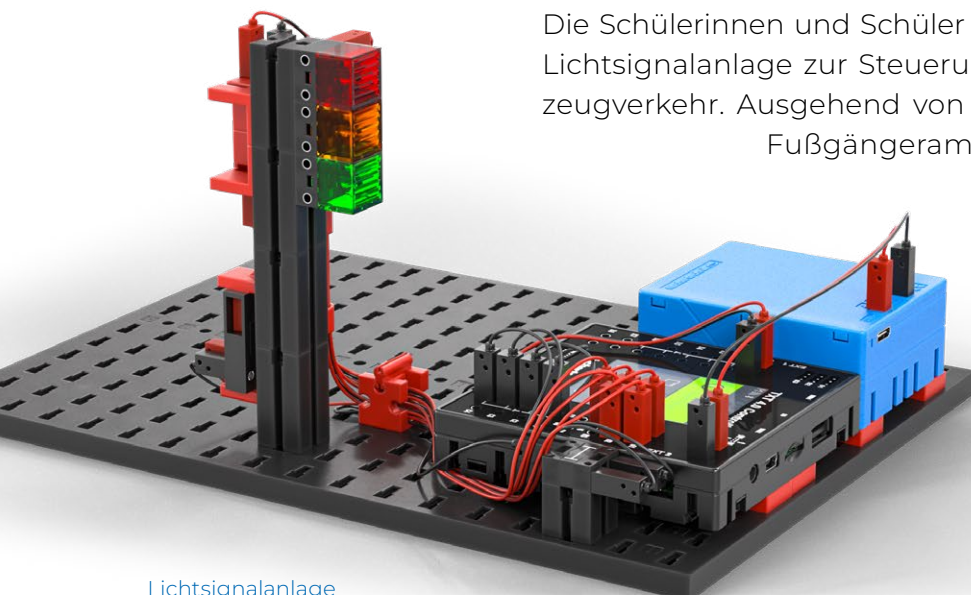
LEITFRAGEN:

- Welche Arten der Steuerung von Verkehrsströmen gibt es? *(Kommunikation)*
- Wie kann man die Verkehrsströme von motorisiertem Verkehr und Fußgängern sicher lenken? *(Kollaboration)*
- Welche Wartezeiten sind den einzelnen Verkehrsteilnehmern zumutbar? *(kritisches Denken)*
- Wie kann man Lichtsignale zeit- und anforderungsgesteuert sicher betreiben? *(Kreativität)*

DIE UNTERRICHTSIDEE AUF EINEN BLICK

Klassenstufe:	11–13
Zeitaufwand:	2–3 Doppelstunden pro Lerneinheit (erweiterbar bis zu 10 DS)
Schwierigkeitsgrad:	Modell  Programmierung  bis 
Modellart:	Tischmodell für Lichtsignalanlage

MODELLBESCHREIBUNG / AUFGABE



Lichtsignalanlage

Die Schülerinnen und Schüler (SuS) planen und realisieren eine Lichtsignalanlage zur Steuerung von Personen- und Kraftfahrzeugverkehr. Ausgehend von einer einfachen zeitgesteuerten Fußgängerampel, über eine Querungsampel für eine Kraftfahrtstraße bis hin zu einer Kreuzung mit Kraftfahrzeug- und Fußgängerströmen sowie der KI-Phasensteuerung einer Querungsampel entwickelt sich das Modell fort und damit auch die Ansprüche an Aufbau und Programmierung.

Die SuS lernen Signallagepläne und Signalzeitenpläne kennen und lesen. Aus den Informationen der Signalzeitenpläne ermitteln sie mögliche Schaltgruppen, die gleichzeitig geschaltet werden können, sowie die zugehörigen Schaltzeiten.

Aus den so festgelegten Gruppen und Zeiten entwickeln die SuS ein Steuerprogramm, das anhand des Ampelmodells auf seine Tauglichkeit getestet werden kann.

○ ALLTAGSBEZUG

Die zeitgesteuerte Aktivierung von Aktoren ist den SuS aus dem technikwissenschaftlichen Unterricht oder Informatikunterricht bzw. ihrem Alltag bekannt.

Insbesondere die Einbettung in einen realitätsnahen Anwendungskontext, den die SuS aus ihrem Alltag sehr gut kennen, weist eine hohe Motivationalität auf.

Eine Integration der Thematik in die vorberufliche Orientierung könnte im Hinblick auf verkehrstechnische oder elektrotechnische Berufsfelder erfolgen, wo das automatisierte Ansteuern von Aktoren in vielen Bereichen genutzt wird. In besonderer Weise kommt die automatisierte Zeitsteuerung nicht nur in der Industrie, sondern auch im häuslichen Umfeld, z. B. bei Smart Home Anwendungen, zum Einsatz.

○ FÄCHERBEZUG

Informatik:	Fortgeschrittene Programmierung, Bedingungsschleifen, Funktionen, grafische Anzeigen, neuronale Netze, KI
Physik:	Stromkreis, Bewegung, Messungen von Zeiten
Technik:	Stabiles Bauen, Signalzeitenpläne, Konstruktionstechnik
Mathematik:	Berechnung von Termen

○ UNTERRICHTSVERLAUF

Einführungsphase



Unterrichtsgespräch

- Bekanntgeben des Themas, ggf. Video „Simulation einer Fußgängerampel“ zeigen:
→ www.youtube.be/a3Be5vOOUzs
- Abfragen, was die wesentlichen Merkmale für die Steuerung von Verkehrsströmen sind.
- Szenarien abfragen, in denen es zu Querungsproblemen kommen kann.
- Einsatzmöglichkeiten der gesammelten Szenarien diskutieren (z. B. Fußgängerampel, Fahrzeugampel, andere Lichtsignale).
- Anforderungen an den Aufbau der Modelle ermitteln.



ggf. Hilfe-
stellung

- Sensoren, Aktoren und Bauteile aus dem Baukasten zeigen, wenn nötig, Präsentationsmedien einsetzen.

Planungsphase



Unterrichts-
gespräch

- Die Vorgehensweise zum Bau des Modells und die zu erzielenden Funktionen werden gemeinsam erarbeitet.
- Die Arbeitsschritte der App werden vorgegeben bzw. besprochen.



Partner- oder
Einzelarbeit

- Die SuS machen sich mit der App vertraut und laden die entsprechende Aufgabe.
- Die SuS definieren sinnvolle Funktionen zur Steuerung einer Lichtsignalanlage (LSA) mithilfe des TXT 4.0 Controllers.
- Die SuS erstellen mithilfe der App die Anforderungsliste/Schaltzeitentabelle für den aktuellen Anwendungsfall.



Optional:
Partner- oder
Gruppenarbeit

- Die SuS messen die Signalzeiten einer schulnah gelegenen Fußgängerampel und erstellen einen angepassten Signalzeitenplan.
- Die SuS diskutieren die Ergebnisse in der Gruppe und arbeiten die Unterschiede zur vorgegebenen LSA heraus.

Konstruktionsphase der Lichtsignalanlage (Ampelsteuerung 1)



Partner- oder
Einzelarbeit

- Die SuS nutzen die App zum Bau der LSA. Die App führt kleinschrittig durchs Programm.

Programmierphase der Lichtsignalanlage (Ampelsteuerung 1)



Partner- oder
Einzelarbeit

- Die SuS schreiben das Programm für die Ansteuerung der LSA. Die App führt hier in aufeinander aufbauenden Stufen durch die Programmieraufgabe.
- Hilfe wird in der App angeboten.
- Entnehmen von wichtigen Informationen zur Ansteuerung der Lichtsignalanlage aus einem Signallage- und einem Signalzeitenplan sowie Festlegen der Schaltzeiten und der aufeinanderfolgenden Schaltzustände
- Clustern von Signalgruppen zu Schaltphasen
- Programmierung einer einfachen zeitgesteuerten Lichtsignalanlage für den Fahrzeug- und Fußgängerverkehr
- Das Programm wird nach jedem Differenzierungsschritt auf den TXT 4.0 Controller übertragen.

Experimentier- und Testphase der Lichtsignalanlage (Ampelsteuerung 1)



Partner- oder Gruppenarbeit

- Das Ampelmodell wird in Betrieb genommen.
- Mögliche Störungen im Funktionsablauf müssen gefunden und eliminiert werden.
- Eventuelle Fehlersuche ist mithilfe von Vorschlägen in der App möglich.
- Einbau einer Anforderungssteuerung für die Fußgängerampel
- Weiterentwicklung des Programms zu einer Tag- und Nachtschaltung mit Anforderungssteuerung der Fußgängerampel
- Eventuelle Optimierungen bei Hardware und Programmierung können vorgenommen werden.

Abschluss-/Anschlussphase der Lichtsignalanlage (Ampelsteuerung 1)



Optional:
Vorstellung und Zuteilung der Differenzierungen

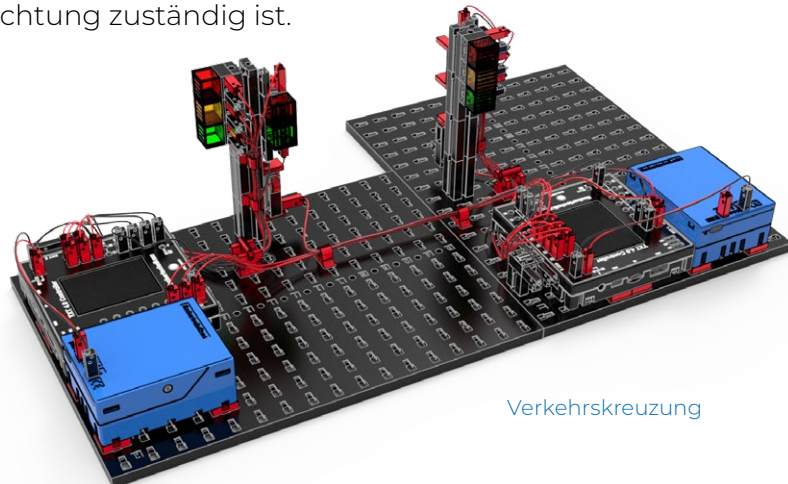
- Für die Differenzierung infrage kommende SuS (oder die gesamte Gruppe) werden ggf. durch die Lehrperson angesprochen. Dabei kann das Wartezeitmodell vorgestellt werden.

Konstruktionsphase der Verkehrskreuzung (Ampelsteuerung 2)



Partner- oder Gruppenarbeit

- Konstruktion der Teilkreuzung aus zwei Ampelmodellen
- Die Gruppen entscheiden, welches Ampelmodell für welche Richtung zuständig ist.



Verkehrskreuzung

Programmierphase der Verkehrskreuzung (Ampelsteuerung 2)



Partner- oder Gruppenarbeit

- Kopplung der beiden TXT 4.0 Controller lt. Lernkarten
- Arbeitsteilige Anpassung der Programme für die Erstellung der komplexen Ampelsteuerung einer Verkehrskreuzung (ggf. auch gemeinsame Arbeit beider Gruppen)
- Programmierung der beiden TXT 4.0 Controller als Master- und Slave-Controller

Experimentier- und Testphase der Verkehrskreuzung (Ampelsteuerung 2)



Partner- oder Gruppenarbeit

- Die Teilkreuzung wird in Betrieb genommen.
- Mögliche Störungen bei der Kopplung und im Funktionsablauf müssen gefunden und eliminiert werden.
- Eventuelle Fehlersuche ist mithilfe von Vorschlägen in der App möglich.
- Die Weiterentwicklung des Programms zu einer komplexeren Ampelsteuerung ist möglich.
- Eventuelle Optimierungen bei Hardware und Programmierung können vorgenommen werden.

Abschluss-/Anschlussphase der Verkehrskreuzung (Ampelsteuerung 2)



Optional:
Vorstellung und Zuteilung weiterer Differenzierungen

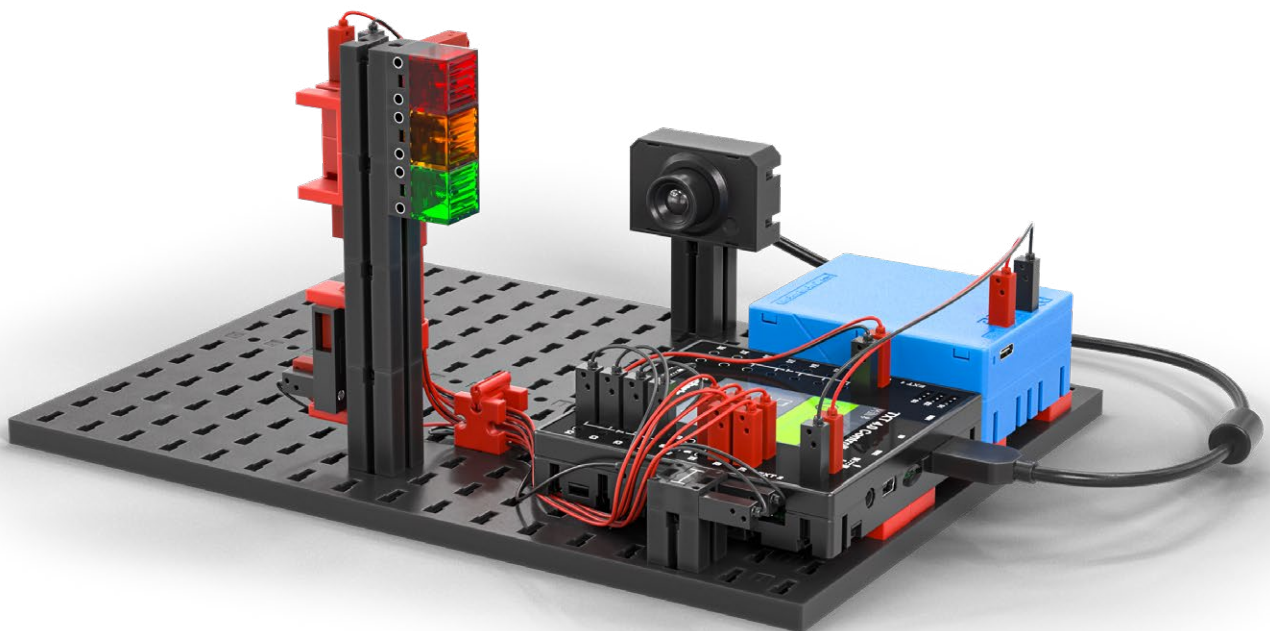
- Für die Differenzierung infrage kommende SuS (oder die gesamte Gruppe) werden ggf. durch die Lehrperson angesprochen. Dabei sollen die Konzepte der neuronalen Netze und der KI vorgestellt werden.

Konstruktionsphase der KI-Phasensteuerung (Ampelsteuerung 3)



Partner- oder Einzelarbeit

- Einbau der USB-Kamera zur Objektkategorisierung in die einzelne Lichtsignalanlage (Ampelsteuerung 1)



Lichtsignalanlage
mit USB-Kamera

Programmierphase der KI-Phasensteuerung (Ampelsteuerung 3)



Partner- oder Einzelarbeit

- Konfiguration der USB-Kamera
- Erfassen von Trainingsdaten für das KI-Modell
- Programmierung der KI-gestützten Farberkennung
- Anpassung der Schaltzeiten der Fußgängerampel hinsichtlich des erkannten Querungsteilnehmers (Rollstuhlfahrer oder Fußgänger) und der zugehörigen Querungszeiten

Experimentier- und Testphase der KI-Phasensteuerung (Ampelsteuerung 3)



Partner- oder Gruppenarbeit

- Testen der Programmierung mithilfe farbiger Blöcke
- Testen der Programme mithilfe simulierter Verkehrsteilnehmer (Rollstuhlfahrer, Fußgänger)

Abschlussphase der KI-Phasensteuerung (Ampelsteuerung 3)



Optional:
Vorstellung und Zuteilung weiterer Differenzierungen

- Evtl. Konstruktion einer Vollkreuzung durch den Einsatz von mehreren Konstruktionskästen (nur ohne KI möglich)



Diskussion im Plenum

- Nachbesprechung des Projekts im Klassenverbund
- Klärung von zukünftigen Einsatzmöglichkeiten im Alltag

METHODISCH-DIDAKTISCHE HINWEISE

Differenzierungsmöglichkeiten

Je nach Dauer der Unterrichtsreihe und der Stärke der SuS kann

- die Komplexität der Anforderungen an die Steuerung der LSA nicht nur über die Anzahl der Lichtsignale, sondern auch durch die Anzahl der sicher zu querenden Verkehrsströme gesteigert werden.
- eine reale Messung der Signalzeiten einer LSA im schulnahen Umfeld erfolgen, die die Grundlage für eine geänderte Steuerung der LSA bilden könnte.
- das Ampelmodell durch eine Gruppenarbeit erweitert werden.
- mithilfe der USB-Kamera eine Erkennung von Verkehrsteilnehmern und daraus folgend eine Anpassung der Phasenlängen aufgrund von geänderten Räumzeiten realisiert werden.

Motivationale Aspekte

Das Thema automatische Steuerung von Aktoren ist allen SuS aus dem Alltag bekannt. In vielen Haushalten gehören etliche smarte Anwendungen längst zum Alltag. Sich zeitgesteuert autonom einschaltende Wasch- oder Spülmaschinen, zentral angesteuerte Rollläden oder teilautonom kochende Küchenmaschinen finden immer häufiger Anwendung.



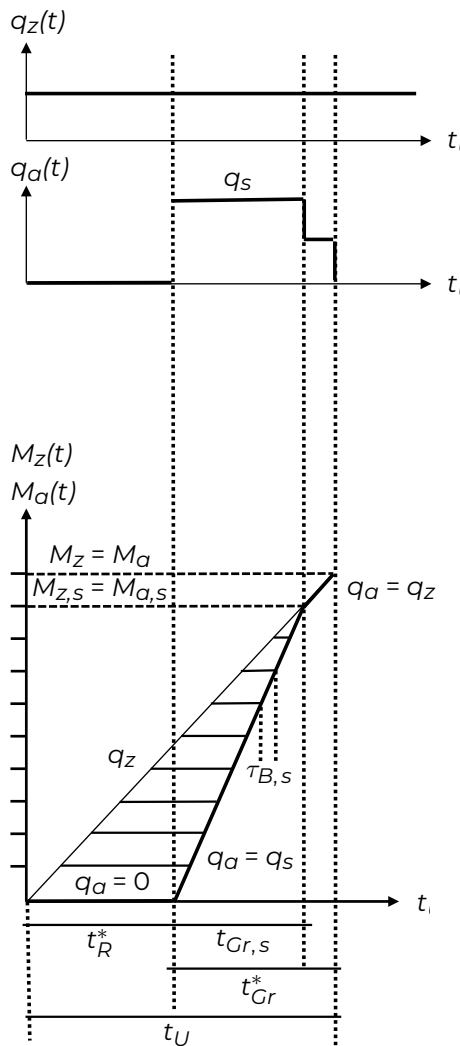
GRUNDLAGEN VERKEHRSTECHNIK

Die Nutzung von verkehrstechnischen Einrichtungen zur Steuerung von Verkehrsströmen ist sowohl den SuS als auch den LuL geläufig.

Die Dimensionierung der LSA stellt eine zentrale Aufgabe in der Verkehrstechnik dar, um den Verkehrsfluss effizient zu steuern und die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Dabei sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen, die sowohl verkehrstechnische als auch technische Aspekte umfassen.

Zunächst erfolgt eine umfassende Verkehrserhebung, bei der Verkehrsaufkommen, Fahrzeugtypen, Fußgängerströme sowie Querschnitt und Verkehrsarten erfasst werden. Eine solche Erhebung könnte im Rahmen des Unterrichtes an einer schulnah gelegenen Lichtsignal gesteuerten Kreuzungsanlage mit dem Ziel der Erstellung von lokalen Signallageplänen und Signalzeitenplänen durchgeführt werden. Auf Grundlage dieser Daten werden die Phasenzeiten der Lichtsignalanlage bestimmt, die das Verhältnis von Grün-, Gelb- und Rotphasen regeln.

Die Bemessung der Grünzeiten orientiert sich an den erforderlichen Durchflussmengen und den Anhaltezeiten, wobei auch die Reaktionszeiten der Verkehrsteilnehmer berücksichtigt werden. Vereinfacht kann dafür das folgende Wartezeitenmodell verwendet werden:

 q_z : Zufluss

q_a : Abfluss

q_s : Gesättigter Abfluss

M_a : Anzahl abgeflossener
Fahrzeuge (Fz)

$M_{a,s}$: Anzahl abgeflossener Fahrzeuge
bis Ende $t_{Gr,s}$

M_z : Anzahl zugeflossener Fahrzeuge

$M_{z,s}$: Anzahl zugeflossener Fahrzeuge
bis Ende $t_{Gr,s}$

$\tau_{B,s}$: Zeitbedarfwert, Brutto-Zeitlücke
aufeinander folgender Fahrzeuge,
wenn $q = q_s$

 t_R^* : Effektive Sperrzeit t_{Gr}^* : Effektive Freigabezeit

$t_{Gr,s}$: Gründauer mit gesättigtem Abfluss

t_U : Umlaufzeit

Dabei findet die Staubildung während der effektiven Sperrzeit t_R^* mit konstantem Zufluss q_Z statt. Der Stauabbau findet während der effektiven Grünzeit t_{Gr}^* statt. Bis sich der Stau aufgelöst hat, erfolgt der Abbau mit dem gesättigten Abfluss q_S (in der Zeit $t_{Gr,S}$). Nach dem Abbau des Staus gilt Abfluss q_A = Zufluss q_Z .

Es gilt:

Gründauer mit gesättigtem Abfluss:

$$t_{Gr,s} = \frac{q_z}{q_s - q_z} \cdot t_R^*$$

Maximale Wartezeit:

$$W_{\max} = t_r^* = t_U - t_{Gr}^*$$

Summe der Wartezeiten pro Umlauf:

$$W = M_{Z,S} \cdot \frac{t_R^*}{2}$$

Maximale Wartezeit:

$$W_{\max} = t_R^* = t_U - t_{Gr}^*$$

Mittlere Wartezeit:

$$\overline{W} = \frac{t_R^* + t_{Gr,s}}{t_{II}} \cdot \frac{t_R^*}{2}$$

Beispiel: $q_z = \frac{450 \text{ Fz}}{h}$, $t_u = 90 \text{ s}$, $t_{Gr}^* = 30 \text{ s} \rightarrow t_R^* = (90 - 30) \text{ s} = 60 \text{ s}$

Gründauer mit gesättigtem Abfluss:	$t_{Gr,s} = \frac{450}{1800 - 450} \cdot 60 \text{ s} = 20 \text{ s}$
Anzahl behinderter Fahrzeuge:	$M_{Z,s} = 0,5 \frac{\text{Fz}}{\text{s}} \cdot 20 \text{ s} = 10 \text{ Fz (pro Umlauf)}$
Maximale Wartezeit:	$w_{\max} = t_r^* = 60 \text{ s}$
Summe der Wartezeiten pro Umlauf:	$W = 10 \text{ Fz} \cdot \frac{60 \text{ s}}{2} = 300 \text{ s (pro Umlauf)}$
Mittlere Wartezeit:	$\overline{w} = \frac{60 + 20}{90} \cdot \frac{60}{2} \text{ s} = 26,7 \text{ s}$

Daraus folgt, dass bei der vorgegebenen Verkehrssituation mit 300 s Wartezeit pro Umlauf zu rechnen ist. Volkswirtschaftlich betrachtet, sind die dadurch entstehenden Kosten aufgrund nicht produktiv genutzter Arbeitszeit nicht unerheblich. Daraus leitet sich die Pflicht ab, Ampelschaltungen mit möglichst geringen Wartezeiten zu realisieren.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Koordination der LSA innerhalb eines vernetzten Verkehrsraums, um eine optimale Verkehrsabwicklung entlang von Hauptachsen zu gewährleisten. Hierzu werden sogenannte Grünwellen berechnet, die auf die jeweiligen Verkehrsströme abgestimmt sind.

Die technische Auslegung umfasst zudem die Wahl der Signalgeber, die Positionierung der Sensoren zur Verkehrserfassung und die Berücksichtigung von Sicherheitsnormen und gesetzlichen Vorgaben. Insgesamt zielt die Dimensionierung darauf ab, Wartezeiten zu minimieren, die Verkehrssicherheit zu verbessern und eine nachhaltige Verkehrssteuerung zu ermöglichen.

◉ PROGRAMMIERKENNTNISSE

- Programmstart
- Dauerschleife **wiederhole dauerhaft (repeat forever)**
- Einbindung von Sensoren
- Einbindung des Displays des TXT 4.0 Controllers
- Programmierung von Displayanzeigen
- Programmierung des Touch-Buttons
- Kamerakonfiguration
- Schleife **wiederhole bis (repeat until)**
- Befehl **warte (wait)**
- Nutzen von Variablen und deren Veränderung
- Arbeit mit Unterprogrammen
- Programmierung zweier TXT 4.0 Controller als Master- und Slave-Controller
- Aufbau neuronaler Netze
- Erfassung von KI-Trainingsdaten

Zum Download optional:

- Stromlaufplan
- Bauanleitung

◉ ZUSATZMATERIALIEN

- Falls vorhanden, könnte für die Einführungsphase in das Thema ein Video genutzt werden.
- Zeichenmedien (Papier, Whiteboard oder Projektionsfläche).

—○ FUNKTIONEN DES MODELLS UND DEREN TECHNISCHE LÖSUNGEN

Funktion der Sensoren/Aktoren	Technische Lösung
Lichtsignalanlage (LSA)	Zeitsteuerung der Aktoren
Bedarfsanmeldung	Anpassung der Programmierung
Querungssimulation	Entflechtung von Verkehrsströmen
Farberkennung durch USB-Kamera	Steuerung von Grünphasenlängen
Ampelsteuerung 2: Verbindung zweier TXT 4.0 Controller	Datenaustausch zwischen zwei Controllern nach dem Konzept von Master und Slave
Ampelsteuerung 3: Farberkennung durch USB-Kamera	• Aufbau eines neuronalen Netzes • Erfassung von Trainingsdaten • Umsetzung eines Klassifikationsproblems mithilfe von KI
Weitere Differenzierung: Anpassung der LSA an real vorhandene LSA	Datenerfassung, Modellbildung, Phasierung, Programmierung, Erprobung

—○ MATERIALLISTE

Sensoren	Funktion
1 On/Off-Taster am TXT 4.0 Controller	Einschalten der Ampelsteuerung
1 Mini-Taster	Bedarfsanmeldung
1 USB-Kamera	Kategorisierung von Verkehrsteilnehmern
Aktoren	Funktion
1 Display des TXT 4.0 Controllers	Visualisierung des Programms
5 LEDs (2 × rot, 2 × grün, 1 × gelb)	Lichtsignale der Ampel