

Aufgabe 1

Bei der Entwicklung eines Treppensaugroboters geht ein Team systematisch vor. Zuerst kümmert es sich um eine stabile Rahmenkonstruktion. Dazu ziehen sie entweder U-Profile (siehe M1) oder spezielle Systemprofile (siehe M2) in Betracht.

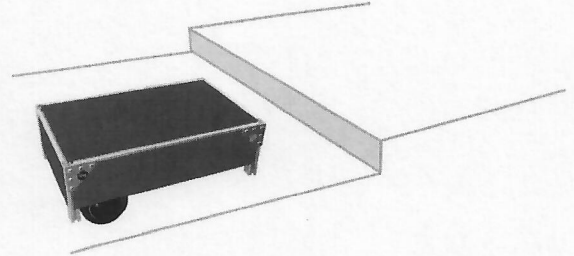


Abbildung 1: Prototyp eines Treppensaugroboters (Quelle: privat)

- a) Erklären Sie Stabilität und Funktionalität von U-Profilen für eine solche Rahmenkonstruktion. 3 VP
- b) Beschreiben Sie eine zusätzliche technische Funktion des Systemprofils. 2 VP

In einem zweiten Schritt untersucht das Team, ob die Saugvorrichtung mit einer Masse von 1,2 kg so angebracht werden kann, dass der Rahmen die Kräfte gut aufnehmen kann. Die Rahmenkonstruktion entspricht auf der rechten Seite einem Festlager und auf der linken Seite einem Loslager (siehe M3). Nehmen Sie für den Ortsfaktor $9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ an.

- c) Erklären Sie, warum dieser Teil der Rahmenkonstruktion statisch bestimmt ist. 2 VP

Die Saugvorrichtung soll im Folgenden als Punktlast betrachtet werden, die Masse der Rahmenkonstruktion kann vernachlässigt werden.

- d) Zeichnen Sie einen bemaßten Freischnitt dieses Systems (siehe M3). 2 VP
- e) Berechnen Sie alle Lagerkräfte, die der Rahmen (siehe M3) aufnehmen muss, wenn die Saugvorrichtung mit der Masse von 1,2 kg angebracht wird. 3 VP

12 VP

Aufgabe 2

Der Antrieb des Saugroboters erfolgt mit einem Gleichstrommotor. Die Energieversorgung soll über einen 18 V Akku realisiert werden. Für die Fortbewegung des Roboters in der Ebene sind zwei Kräfte entscheidend: Die Kraft, mit der der Motor den Saugroboter beschleunigt. Nach dem 2. Newtonschen Axiom gilt hierfür $F = m \cdot a$, wobei F die beschleunigende Kraft, m die Masse des Saugroboters und a die Beschleunigung des Saugroboters angibt.

Die zweite Kraft ist die Reibungskraft F_R , diese wirkt ent-

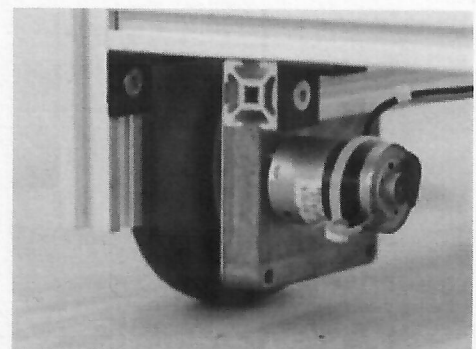


Abbildung 2: Ausschnitt des Elektroantriebs am Rad (Quelle: privat)

gegen der Fahrtrichtung und lässt sich über $F_R = c_R \cdot F_G$ berechnen. c_R ist der sogenannte Rollreibungskoeffizient. Unter Berücksichtigung zum einen der Kugellager und zum anderen der Reibung der Räder auf Beton kann er mit $c_R = 0,016$ einberechnet werden.

- Skizzieren Sie die $n(M)$ -Kennlinie des Motors für die ausgewählte Spannungsquelle (siehe M4). 2 VP
- Schätzen Sie mit Hilfe der Kenndaten (siehe M4) und Teilaufgabe a) ab, ob der Saugroboter mit $a = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ beschleunigt werden kann. 3 VP
- Begründen Sie durch eine geeignete Abschätzung, dass der Roboter mit diesem Motor ohne Getriebe eine zu hohe Endgeschwindigkeit erreicht (siehe Teilaufgabe a), M4). 3 VP

Der Motor ist nur für eine maximale Temperatur von 65°C ausgelegt. Eine Schutzschaltung (Transistor $U_{GS} > 3,7\text{ V}$) für den Motor soll ergänzt werden. Der Spannungsteiler wird so dimensioniert, dass der Motor der Saugvorrichtung ab einer Temperatur von 65°C aufhört zu arbeiten. Zur optimalen Dimensionierung der Schutzschaltung wurden die Daten (siehe Tab. 1) für die Kennlinie des verwendeten NTCs aufgenommen.

Temperatur in $^\circ\text{C}$	Widerstand in $\text{k}\Omega$
0	32,7
10	20
20	12,4
30	8,2
40	5,3
50	3,5
60	2,4
70	1,7
80	1,2
90	0,9
100	0,7

Tabelle 1: Kenndaten des NTCs

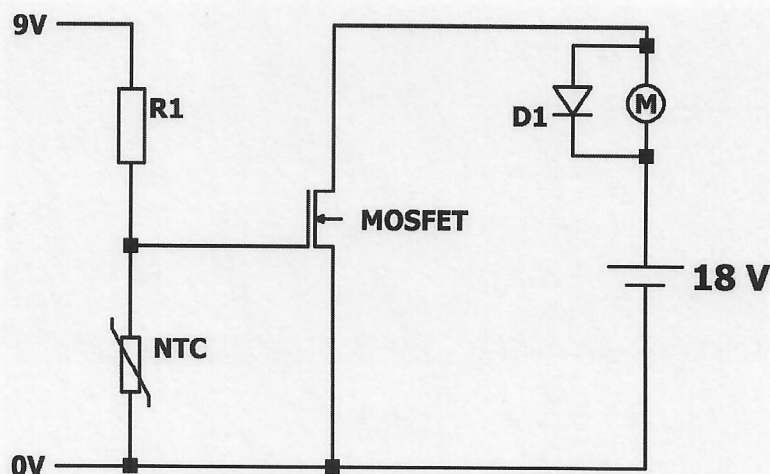


Abbildung 3: Schaltplan der Schutzschaltung (Transistor $U_{GS} > 3,7\text{ V}$)

- Beschreiben Sie den Aufbau und die Durchführung eines Experiments zum Messen der Daten dieser Kennlinie (siehe Tab. 1). 2 VP
- Erklären Sie die Auswirkungen der Temperatur auf den Last- und den Steuerkreis der Schutzschaltung (siehe Abb. 3). 3 VP
- Dimensionieren Sie den benötigten Widerstand R1. 3 VP

16 VP

Aufgabe 3

Der Roboter muss Distanzen sehr genau erfassen können. Um die Signale des dafür verwendeten Infrarot-Sensors zu verbessern, entwickelt das Team eine Operationsverstärkerschaltung. In Abbildung 4 sehen Sie den Schaltplan eines Differenzverstärkers.

- a) Beschreiben Sie die Ein- und Ausgänge des Operationsverstärkers und deren Funktion. 2 VP

Wie in Abbildung 4 dargestellt, liegen an den Eingängen der Schaltung die Potentiale φ_1 und φ_2 an. Der Differenzverstärker soll den Unterschied der zwei Potentiale von bis zu 0,25 V so verstärken, dass an seinem Ausgang Potentiale φ_A zwischen 0 V und 5 V ausgegeben werden.

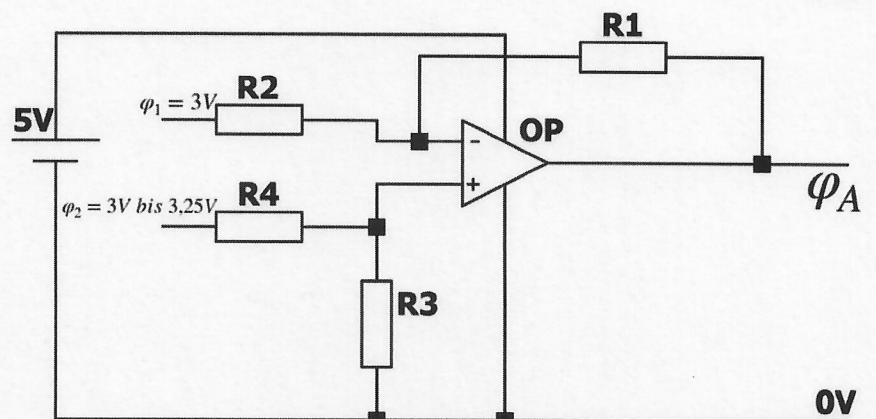


Abbildung 4: Ausschnitt der Differenzverstärkerschaltung

- b) Dimensionieren Sie R1 bis R4 für eine passende Verstärkung. 3 VP

Nach zweimonatiger Entwicklungsdauer hat das Team erfolgreich einen funktionierenden Saugroboter fertiggestellt (siehe Abb. 1). Jetzt soll er um eine entscheidende Funktion erweitert werden, damit es ein innovatives Produkt wird: er muss Treppen steigen lernen. Dabei beginnt das Team erst einmal möglichst einfach: er muss zunächst nur eine Stufe nach oben steigen können. Bei der Entwicklung geht das Team nach dem Produktentstehungsprozess vor.

- c) Nennen Sie mindestens vier Anforderungen an den Roboter für diese neue Funktion, die eine Priorisierung in muss-, darf nicht-, soll- oder kann-Anforderungen erkennen lassen. 2 VP
- d) Entwickeln Sie einen plausiblen Lösungsansatz mit einer Freihandskizze und einer funktionalen Beschreibung. 6 VP

Nachdem auch die Funktion Treppensaugen erfolgreich umgesetzt wurde, soll der Roboter in seiner Gesamtfunktion dargestellt werden. Das Treppensteigen kann als Black Box angenommen werden.

- e) Skizzieren Sie einen allgemeinen Programmablaufplan zur Funktionsweise des fertigen Treppensaugroboters. 3 VP

16 VP

Aufgabe 4

Zwei Entwicklerteams haben zwei unterschiedliche Prototypen eines Treppensaugroboters fertiggestellt, die systematisch getestet werden sollen.

- a) Erläutern Sie ausgehend von allgemeinen Gütekriterien, wie eine Studie zur Putzqualität der zwei Prototypen aussehen könnte. 5 VP

Das Produkt steht stellvertretend für den Megatrend der Automatisierung. Manche Akteure bewerten diesen Trend als positiv, andere sehen ihn sehr kritisch. Auf die Frage „Sollte der Staat die steigende Automatisierung reglementieren?“ antworten diese folgendermaßen:

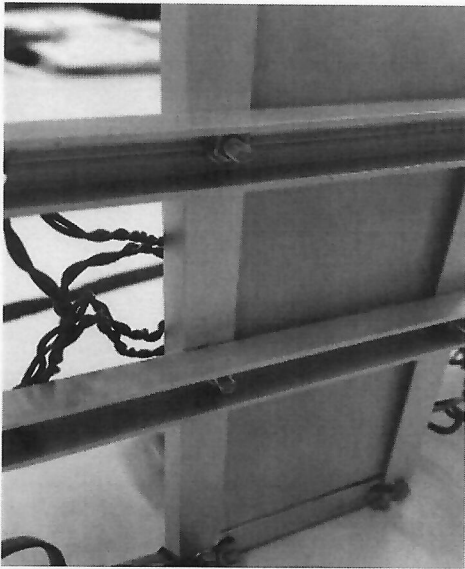
Unternehmer: Automatisierung bedeutet für unser innovatives Unternehmen eine echte Chance. Sie führt zur Kostensenkung, damit zu geringeren Lohnstückkosten. Auch durch die Automatisierung konnten wir unseren Umsatz in den letzten Jahren erheblich steigern. Das ist auch ganz im Sinne der Arbeitnehmer, deren Arbeitsplatz langfristig nur so erhalten werden kann. Allgemein müssen Unternehmen in Hochlohnländern wie Deutschland immer mehr automatisieren, um global wettbewerbsfähig zu bleiben. Gleichzeitig bietet die Automatisierung auch die Chance, die Produkte zu individualisieren und an Kundenwünsche anzupassen. Wir investieren viel Geld in eine zunehmende Automatisierung und bilden unsere Mitarbeiter ständig fort. Eine Reglementierung ist nicht nötig, denn Unternehmen automatisieren nur dort, wo es wirtschaftlich und damit gesellschaftlich Sinn macht.	Klimaaktivist: Durch die steigende Automatisierung werden zahlreiche Produkte auf den Markt gebracht, die viel Energie verbrauchen ohne einen nachhaltigen Zusatznutzen zu bringen. Mindestens solange der elektrische Strom nicht zu einem überwiegenden Teil CO₂-neutral gewonnen wird, fördert das den Klimawandel. Automatisierung sollte nur dort stattfinden, wo sie wesentliche Aspekte wie Sicherheit oder Umweltschutz fördert. Produkte, die lediglich dem Komfort dienen, sollten so stark mit einer Umweltauflage oder Steuern versehen werden, dass man mit diesen Einnahmen wirkungsvolle Maßnahmen gegen den Klimawandel finanzieren kann. Als Verbraucher sollte man jeden Kauf auf seinen echten Mehrwert überprüfen. Eine Reglementierung wäre wichtig, um negative ökologische und soziale Auswirkungen zu minimieren.
--	--

Tabelle 2: Stellungnahme der zwei Akteure

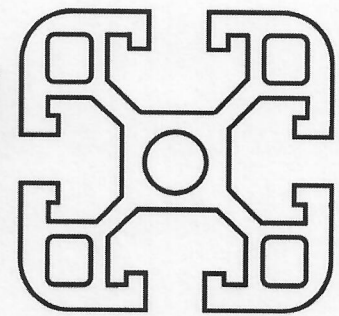
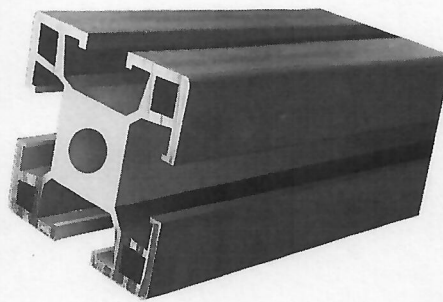
- b) Benennen Sie die Ziele, Interessen, Mittel und Werte in den Aussagen der beiden Akteure (siehe Tab.2, M5). 5 VP
- c) Erläutern Sie den daraus resultierenden maßgeblichen Wertekonflikt (siehe M6). 2 VP
- d) Begründen Sie anhand grundlegender Prinzipien, welcher Wert als vorrangig eingestuft werden sollte. 4 VP

16 VP

Materialien M1 und M2: verschiedene Profile

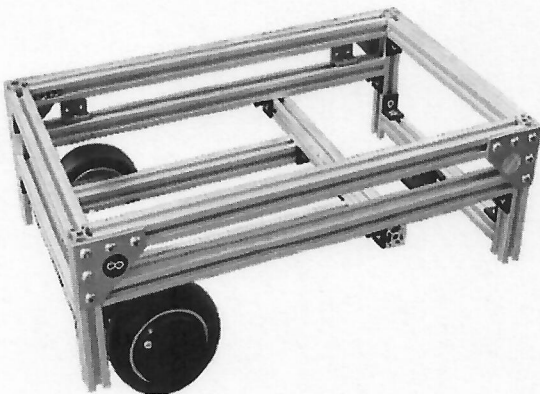


Material M1: Rahmen aus U-Profilen
(Quelle: privat)

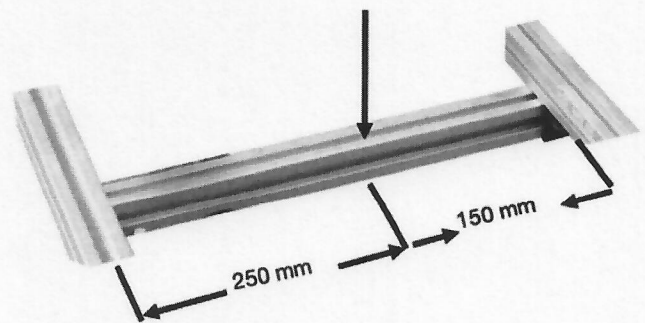


Material M2: Bild und Zeichnung eines 40x40 Systemprofils (Quelle: privat)

Material M3: Rahmen des Saugroboters



Rahmen des Saugroboters (Quelle: privat)



Ausschnitt der Rahmenkonstruktion mit eingezeichneter Punktlast der Saugvorrichtung (Quelle: privat)

Material M4: Kenndaten des DC-Kleinstmotors

Nennspannung	18 V
Leerlaufdrehzahl	$5700 \frac{1}{\text{min}}$
Reibungsdrehmoment	3,9 mNm
Leerlaufstrom	0,135 A
Anhaltmoment	1225 mNm
Drehzahlkonstante	$324 \frac{1}{\text{min} \cdot \text{V}}$
Drehmomentkonstante	$29,5 \frac{\text{mNm}}{\text{A}}$
Steigung n(M)-Kennlinie	$4,65 \frac{1}{\text{mNm} \cdot \text{min}}$
Nenndrehmoment	102 mNm
Nennstrom	4 A
Nenndrehzahl	$5233 \frac{1}{\text{min}}$

Material M5: Technikwerte

Funktionsfähigkeit

Brauchbarkeit, Machbarkeit
Wirksamkeit
Perfektion

- Einfachheit
- Robustheit
- Genauigkeit
- Zuverlässigkeit
- Lebensdauer

Technische Effizienz

- Wirkungsgrad
- Stoffausnutzung
- Produktivität

Wirtschaftlichkeit

Kostenminimierung
Gewinnmaximierung
Unternehmenssicherung
Unternehmenswachstum

Wohlstand

Bedarfsdeckung
quant. / qual. Wachstum
Internationale
Konkurrenzfähigkeit
Vollbeschäftigung
Verteilungsgerechtigkeit

**Persönlichkeitsentfaltung und
Gesellschaftsqualität**

Handlungsfreiheit
Informations- und Meinungsfreiheit
Kreativität
Privatheit und informationelle
Selbstbestimmung
Beteiligungschancen
Soziale Kontakte und soziale Anerkennung
Solidarität und Kooperation
Kulturelle Identität
Minimalkonsens
Ordnung, Stabilität und Regelmäßigkeit
Transparenz und Öffentlichkeit
Gerechtigkeit

Gesundheit

Körperliches Wohlbefinden
Psychisches Wohlbefinden
Steigerung der Lebenserwartung
Minimierung von unmittelbaren
und mittelbaren
gesundheitlichen Belastungen
- in der Berufsarbeit
- in der privaten Lebensführung
- durch umweltbelastende
Produkte und
Produktionsprozesse

Umweltqualität

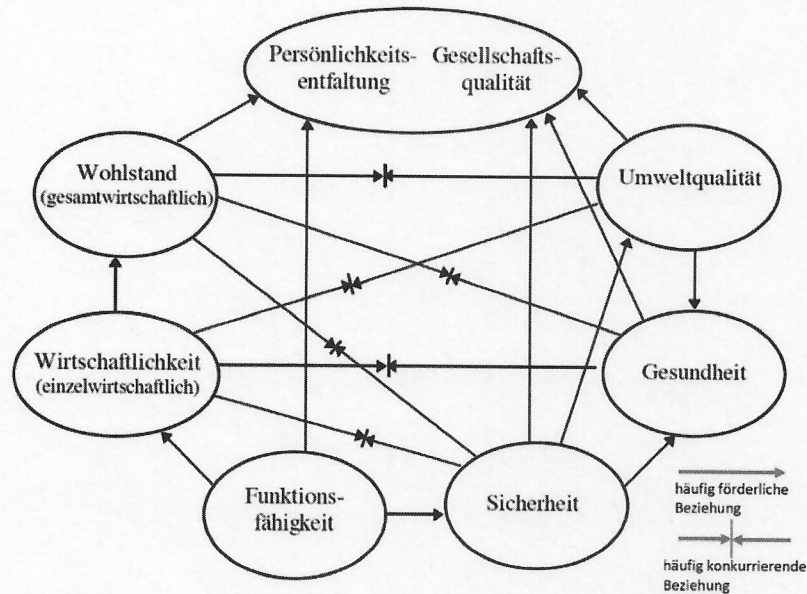
Landschaftsschutz
Artenschutz
Ressourcenschonung
Minimierung von
Emissionen,
Immissionen und
Deponaten

Sicherheit

Körperliche Unversehrtheit
Lebenserhaltung des Einzelnen / der
Menschheit
Minimierung des Risikos
(Schadensumfang und
Eintrittswahrscheinlichkeit)
- des Betriebsrisikos
- des Versagensrisikos
- des Missbrauchsrisikos

Quelle: verändert nach VDI-Norm 3780

Material M6: Werteoktogonal



Quelle: verändert nach VDI-Norm 3780