

# *Prüfungsvorbereitung Physik:*

## *Gefahren des Stroms, Elektromagnetismus, Induktion*

Alle Grundlagen aus den vorhergehenden Prüfungen werden vorausgesetzt.  
Das heisst: **Gut repetieren!**

Theoriefragen: Diese Begriffe müssen Sie auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Wozu verwenden wir den elektrischen Strom?
- b) Ab welcher Stromstärke (bei welcher Einwirkungsdauer) führt ein Stromunfall häufig zum Tod?
- c) Welche Schutzvorrichtungen gegen Stromunfälle gibt es? Wen/was schützen sie? Wie schützen sie?
- d) Was versteht man unter einem Kurzschluss? Was geschieht bei einem Kurzschluss mit der Stromstärke?
- e) Wie verändert sich das Magnetfeld, wenn man einen Eisenkern in eine stromdurchflossene Spule schiebt? Warum?
- f) Nennen Sie Anwendungen von Elektromagneten.
- g) Erklären Sie die Funktionsweise eines Elektromotors (anhand einer gegebenen Skizze).
- h) Wie kommt die Induktionsspannung in einem Stab zustande, der durch ein Magnetfeld bewegt wird? Wie muss er bewegt werden? Fertigen Sie selber eine Skizze an.
- i) Erklären Sie die Regel von Lenz anhand eines Beispiels (mit Hilfe einer selbst angefertigten Skizze).
- j) Wie lautet die Regel von Lenz?
- k) Erklären Sie Aufbau und Funktionsweise eines Wechselstromgenerators (anhand einer gegebenen Skizze)
- l) Magnetischer Fluss
- m) Unter welchen Bedingungen wird (nach dem Induktionsgesetz) in einer Leiterschleife eine Spannung induziert? Nennen Sie zwei Möglichkeiten.

Formeln: An der Prüfung erhalten Sie ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt finden Sie alle Formeln, die Sie brauchen, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt können Sie auf [ga.perihel.ch](http://ga.perihel.ch) anschauen und herunterladen.

Fähigkeiten:

- Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden
- Mit Diagrammen umgehen
- Elektrische und magnetische Feldlinienbilder interpretieren und zeichnen können
- Elektrische Schaltpläne interpretieren und zeichnen können
- Die Linke-Hand Regel richtig anwenden können
- Die Drei-Finger-Regel richtig anwenden können
- Joule in Elektronvolt umwandeln können und umgekehrt
- Joule in Kilowattstunden umwandeln können und umgekehrt

Physikalische Grössen: Diese physikalischen Grössen müssen Sie kennen, mit Symbolen und Einheiten.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Stromstärke			Spannung		
Widerstand			Leistung		
Lorentzkraft			Induktions- spannung		
Magnetische Feldstärke			Magnetischer Fluss		
Fläche			Scheitel- spannung		
Geschwindigkeit			Zeit		
Periode			Frequenz		
Kreisfrequenz			Winkel- geschwindigkeit		

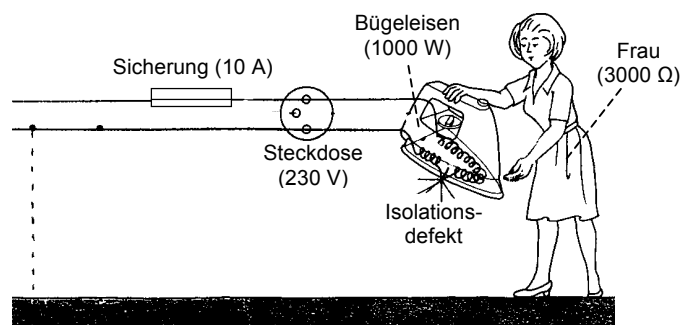
### Übungsaufgaben:

**Alle Arbeitsblätter sowie Aufgabenblätter A9, A12, A1 und Praktika V7, V1**

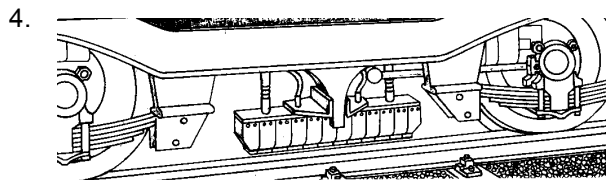
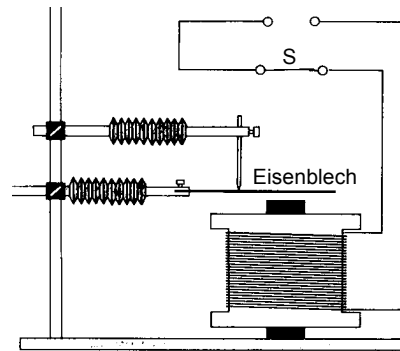
### **Weitere Aufgaben**

- In einem homogenen Magnetfeld ( $B = 0.22436000 \mu\text{T}$ ) befindet sich eine Leiterschleife mit den Seitenlängen 13.7400 cm und 0.00972 km. Die magnetischen Feldlinien verlaufen senkrecht zur Fläche der Leiterschleife.
  - Wie viele signifikante Ziffern besitzen die drei Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
  - Rechnen Sie aus, wie gross der magnetische Fluss durch die Leiterschleife ist und runden Sie das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
  - Notieren Sie das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise.

- Hier sehen Sie ein Bügeleisen mit Sicherung. Durch einen Isolationsdefekt berührt ein stromführendes Kabel das Gehäuse des Bügeleisens.
  - Zeichnen Sie den Verlauf aller Stromflüsse in die Abbildung ein.
  - Berechnen Sie die Stromstärken (Frau, Bügeleisen, Sicherung).
  - Erleidet die Frau einen Stromschlag, wenn sie das Gehäuse des Bügeleisens berührt? Begründen Sie Ihre Antwort.
  - Brennt die Sicherung durch? Begründen Sie Ihre Antwort.
  - Es gibt zwei weitere mögliche Schutzvorrichtungen. Nennen Sie eine davon und erklären Sie, wie diese funktioniert.



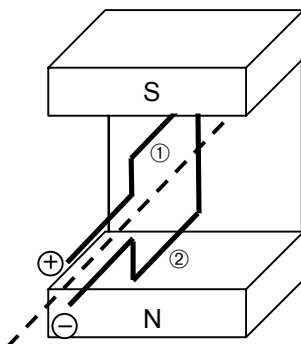
3. Jemand hat diese Modellschaltung für eine elektrische Klingel aufgebaut.
- Warum funktioniert sie nicht? (Was geschieht genau, wenn man den Strom einschaltet?)
  - Korrigieren Sie den Fehler. (Solange der Schalter S geschlossen ist, sollte sich das Eisenblech in einem fort auf- und abbewegen.)



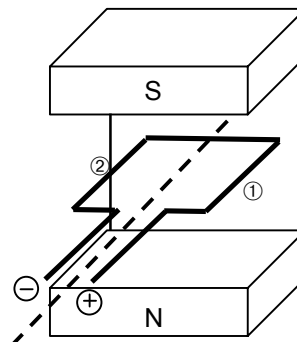
Bei Trams werden Elektromagnete als zusätzliche Bremsen verwendet (siehe Bild). Solange der Strom für diese Bremsen nicht eingeschaltet ist, werden sie von starken Federn dicht über der Schiene gehalten. Wie funktioniert eine solche Magnetschienbremse?

5. Hier sehen Sie einen rechteckigen Drahtrahmen, der sich in einem Magnetfeld befindet und sich um die gestrichelte Achse drehen kann. (Durch den Drahtrahmen fließt ein Strom.)
- Zeichnen Sie das Magnetfeld des Dauermagneten.
  - Zeichnen Sie ein, in welche Richtung die Elektronen in den Drahtstücken ① und ② fließen.
  - Zeichnen Sie ein, in welche Richtung die Lorentzkraft auf die Elektronen in den einzelnen Drahtstücken ① und ② wirkt.
  - Dreht sich die Leiterschleife? Wenn ja, zeichnen Sie ein, in welche Richtung sie sich dreht (Uhrzeiger- oder Gegenuhrzeigersinn). Wenn nein, warum nicht?
  - Was müsste man tun, damit sich die Leiterschleife immer weiterdreht?
  - In welcher technischen Anwendung wird dieses Prinzip angewendet?

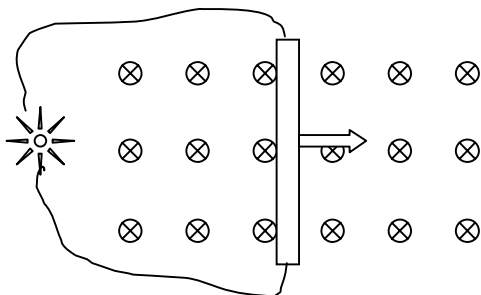
A



B



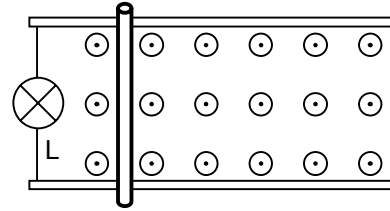
6. Ein Metallstab der Länge 20.0 cm wird durch ein Magnetfeld ( $B = 0.12 \text{ T}$ ) bewegt. (Die Feldlinien gehen ins Blatt hinein.) Zwischen den Enden des Stabs misst man die Spannung 30.0 mV.



- Zeichnen Sie das positive und das negative Ende des Stabs ein.
- Wie schnell bewegt sich der Stab?
- Wie gross ist die Stromstärke, wenn man die beiden Enden mit einem Kabel verbindet, und Strom durch ein Lämpchen ( $R = 0.40 \Omega$ ) fließt?
- Wie gross ist die Kraft, mit der man den Stab nach rechts schieben muss?
- Wie gross ist die Leistung des Lämpchens?

7. Ein 16.2 cm langer Metallstab befindet sich in einem homogenen Magnetfeld ( $B = 217 \text{ mT}$ , die magnetischen Feldlinien zeigen aus dem Blatt heraus). Er wird mit der Geschwindigkeit  $4.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  reibungsfrei auf zwei Metallschienen nach rechts geschoben (siehe Abb.).

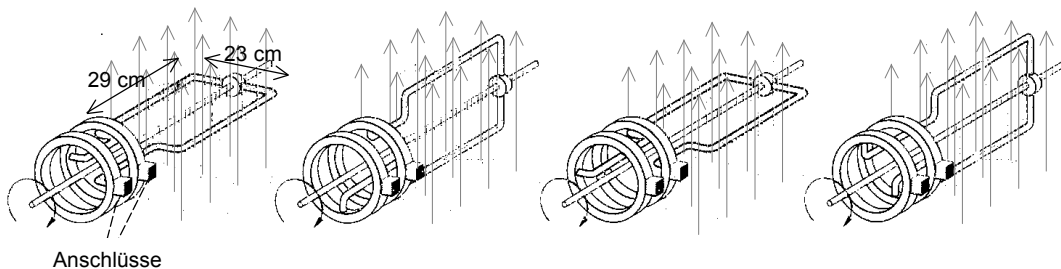
- Wie gross ist die Induktionsspannung längs des Stabs?
- Wie gross ist der Induktionsstrom, wenn der Stab zusammen mit dem angeschlossenen Stromkreis und dem Lämpchen einen Widerstand von  $R = 0.87 \Omega$  hat?
- In welche Richtung fliessen die Elektronen? Zeichnen Sie es ein (im ganzen Stromkreis).
- Wie gross ist die Kraft, mit der man den Stab schieben muss?



8. Kevin steht auf dem Balkon und hält einen 58.4 cm langen Metallstab waagrecht in West-Ost-Richtung. Dann lässt er ihn aus einer Höhe von 6.8 m frei zu Boden fallen. (Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes an dieser Stelle:  $B = 2.06 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ , Luftwiderstand wird vernachlässigt.)

- Welches Ende des Stabes wird negativ aufgeladen? Fertigen Sie eine Skizze an.
- Wie gross ist die Spannung zwischen den Stabendenden beim Erreichen des Erdbodens?

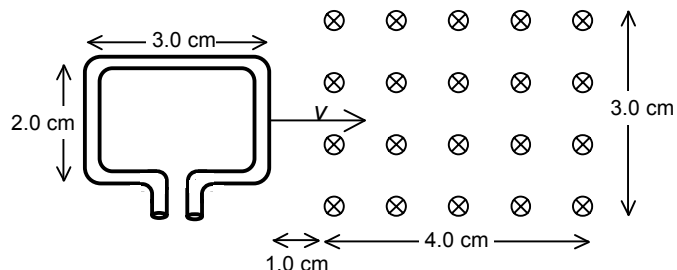
9. Hier sehen Sie vier Momentaufnahmen einer Leiterschleife, die 20mal pro Sekunde im Uhrzeigersinn in einem homogenen Magnetfeld gedreht wird. (Die Magnetfeldlinien sind als Pfeile dargestellt,  $B = 95.3 \text{ mT}$ .)



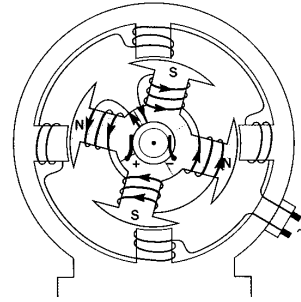
- Zeichnen Sie in allen vier Abbildungen ein, ob und in welche Richtung sich die Elektronen in der Leiterschleife bewegen.
- Zeichnen Sie dort, wo eine Spannung induziert wird, bei den Anschlüssen Plus- und Minuspol ein.
- Wie gross ist die Scheitelspannung?
- Wenn man die Anschlüsse über ein Kabel mit einem Lämpchen verbindet, so dass ein Strom fließen kann, wird es schwerer, die Leiterschleife zu drehen. Warum?

10. Eine rechteckige Leiterschleife wird mit konstanter Geschwindigkeit ( $v = 1.0 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ ) in ein homogenes Magnetfeld ( $B = 2.50 \text{ mT}$ ) hinein- und wieder hinausbewegt (siehe Abbildung).

- Überlegen Sie, zu welchen Zeiten es einen magnetischen Fluss durch die Leiterschleife hat, und wann sich dieser ändert. Nimmt der Fluss zu, ab oder bleibt er gleich?
- Zu welchen Zeiten wird eine Spannung induziert? Wie gross ist jeweils die induzierte Spannung?



11. Hier sehen Sie einen modernen Wechselstromgenerator. Im Innern rotiert man einen vierpoligen Magneten, die Induktionsspulen befinden sich aussen. Erklären Sie, warum durch diese Drehung in den aussenliegenden Spulen eine Wechselspannung induziert wird.



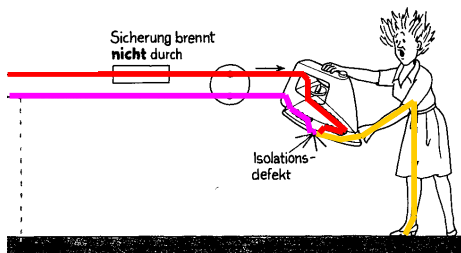
#### Lösungen:

1. a)  $B: 8, s_1: 6, s_2: 4$  Resultat: 3

$$b) \Phi = B \cdot A = B \cdot s_1 \cdot s_2 = 0.22436000 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot 13.7400 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 0.00972 \cdot 10^3 \text{ m} \\ = 0.0000002996390621 \text{ Tm}^2 = \underline{\underline{0.000000300 \text{ Tm}^2}}$$

$$c) \underline{\underline{3.00 \cdot 10^{-7} \text{ Tm}^2}}$$

2. a)

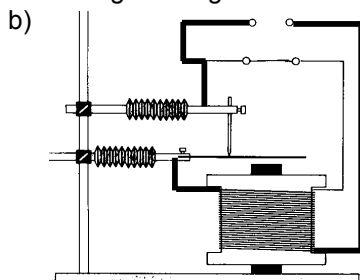


$$b) I_{\text{Frau}} = \frac{U}{R} = \frac{230 \text{ V}}{3000 \Omega} = \underline{\underline{0.077 \text{ A}}}$$

$$I_{\text{Bügeleisen}} = \frac{P}{U} = \frac{1000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = \underline{\underline{4.35 \text{ A}}}$$

$$I_{\text{Sicherung}} = I_{\text{gesamt}} = I_{\text{Bügeleisen}} + I_{\text{Frau}} = 4.35 \text{ A} + 0.077 \text{ A} = \underline{\underline{4.42 \text{ A}}}$$

- c) Ja, die Stromstärke durch die Frau ist 77 mA, das ist mehr als 50 mA (= Tod)  
d) Nein; Stromstärke in der Sicherung: 4.4 A. Möglich sind 10 A.  
e) FI-Schalter und Erdung (Erklärung siehe L9)
3. a) Der Stromkreis wird geschlossen und der Elektromagnet wird eingeschaltet. Das Eisenblech wird angezogen und nach unten geklappt. Der Stromkreis wird dadurch aber nicht unterbrochen und so passiert weiter nichts. Es gibt keine Hin- und Herbewegung des Eisenblechs; die «Klingel» klingelt nicht!



4. Im Innern der Bremse befindet sich ein Elektromagnet. Wird ein starker Strom eingeschaltet, zieht sich die Bremse zur Schiene hin und schleift auf ihr entlang. Dadurch wird der Wagen abgebremst.
5. a) A und B: von unten nach oben (von N nach S)  
b) A und B: ①: von hinten nach vorne, ②: von vorne nach hinten (von - nach +)  
c) A und B: ①: waagrecht nach rechts, ②: waagrecht nach links  
d) A: ja, im Uhrzeigersinn; B: dreht sich nicht, weil die Kräfte waagrecht nach aussen wirken und so kein Drehmoment ausüben können  
e) einen Kommutator einbauen, der die Stromrichtung umdreht, und zwar genau in dem Moment, wo die Leiterschleife mit Schwung ein bisschen über die waagrechte Position bei Abbildung B hinausgedreht wurde (① steht dann ein bisschen tiefer und ② ein bisschen höher als in Abbildung B). Bei umgekehrter Stromrichtung wirkt die Lorentzkraft bei ① nach links und bei ② nach rechts und die Leiterschleife dreht sich weiter.  
f) Elektromotor

6. a) oben positiv, unten negativ

$$b) v = \frac{U_{\text{ind}}}{B \cdot d} = \frac{0.030 \text{ V}}{0.12 \text{ T} \cdot 0.20 \text{ m}} = \underline{1.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$c) I = \frac{U_{\text{ind}}}{R} = \frac{0.030 \text{ V}}{0.40 \Omega} = \underline{75 \text{ mA}}$$

$$d) F_L = B \cdot I \cdot s = 0.12 \text{ T} \cdot 0.075 \text{ A} \cdot 0.20 \text{ m} = \underline{1.8 \text{ mN}}$$

$$e) P = U \cdot I = 0.030 \text{ V} \cdot 0.075 \text{ A} = \underline{2.25 \text{ mW}}$$

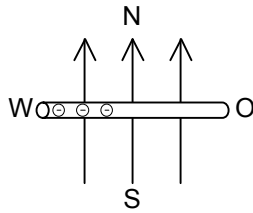
7. a)  $U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot d = 0.217 \text{ T} \cdot 4.30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.162 \text{ m} = 0.151 \text{ V} = \underline{151 \text{ mV}}$

$$b) I = \frac{U}{R} = \frac{0.151 \text{ V}}{0.87 \Omega} = \underline{0.174 \text{ A}}$$

- c) Gegenuhrzeigersinn

$$d) F_L = B \cdot I \cdot s = 0.217 \text{ T} \cdot 0.174 \text{ A} \cdot 0.162 \text{ m} = \underline{6.11 \text{ mN}}$$

8. a) Ansicht von oben. Der Stab fällt senkrecht nach unten, ins Blatt hinein. Der geographische Nordpol der Erde ist ein magnetischer Südpol!



$$b) v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6.8 \text{ m}} = 11.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot d = 2.06 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot 11.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.584 \text{ m} = \underline{0.139 \text{ mV}}$$

9. a) Bild 1 und 3: Leiter bewegt sich parallel zu den Magnetfeldlinien, es wirkt keine Lorentzkraft

Bild 2 und 4: Elektronen gehen oben nach hinten, unten nach vorne

- b) Bild 2: vorne -, hinten +, Bild 4: vorne +, hinten -

$$c) \hat{U} = n \cdot A \cdot B \cdot \omega = 1 \cdot 0.0667 \text{ m}^2 \cdot 95.3 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 126 \text{ s}^{-1} = \underline{0.80 \text{ V}}$$

- d) Weil der induzierte Strom im Magnetfeld eine Lorentzkraft erfährt. Diese ist entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung der Leiterschleife.

10. a) Zwischen  $t = 0$  und  $t = 1.0 \text{ s}$ : kein magnetischer Fluss, keine Flussänderung  
zwischen  $t = 1.0 \text{ s}$  und  $t = 4.0 \text{ s}$ : Fläche nimmt zu  $\Rightarrow$  magnetischer Fluss nimmt zu  
zwischen  $t = 4.0 \text{ s}$  und  $t = 5.0 \text{ s}$ : Fläche bleibt gleich  $\Rightarrow$  magnetischer Fluss bleibt gleich  
zwischen  $t = 5.0 \text{ s}$  und  $t = 8.0 \text{ s}$ : Fläche nimmt ab  $\Rightarrow$  magnetischer Fluss nimmt ab  
zwischen  $t = 8.0 \text{ s}$  und  $t = 10.0 \text{ s}$ : kein magnetischer Fluss  $\Rightarrow$  keine Flussänderung

- b) Zwischen  $t = 0$  und  $t = 1.0 \text{ s}$ : keine Flussänderung,  $U_{\text{ind}} = \underline{0}$

zwischen  $t = 1.0 \text{ s}$  und  $t = 4.0 \text{ s}$ :

Fläche nimmt pro Sekunde um  $\Delta A = 0.010 \text{ m} \cdot 0.020 \text{ m} = 2.0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$  zu:

$$U_{\text{ind}} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta A \cdot B}{\Delta t} = -\frac{2.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 2.50 \cdot 10^{-3} \text{ T}}{1.0 \text{ s}} = \underline{-5.0 \cdot 10^{-7} \text{ Tm}^2}$$

zwischen  $t = 4.0 \text{ s}$  und  $t = 5.0 \text{ s}$ : magnetischer Fluss bleibt gleich,  $U_{\text{ind}} = \underline{0}$

zwischen  $t = 5.0 \text{ s}$  und  $t = 8.0 \text{ s}$ :

Fläche nimmt pro Sekunde um  $\Delta A = 0.010 \text{ m} \cdot 0.020 \text{ m} = 2.0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$  ab:

$$U_{\text{ind}} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{-\Delta A \cdot B}{\Delta t} = -\frac{-2.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 2.50 \cdot 10^{-3} \text{ T}}{1.0 \text{ s}} = \underline{5.0 \cdot 10^{-7} \text{ Tm}^2}$$

zwischen  $t = 8.0 \text{ s}$  und  $t = 10.0 \text{ s}$ : keine Flussänderung,  $U_{\text{ind}} = \underline{0}$

11. Durch die Bewegung des Magneten ändert sich das Magnetfeld und somit der magnetische Fluss durch die Spulen.