

Dehnbare Stoffe

Justus Weyers & Milena Mensching, Team 4

2022-11-21

Versuch 1

Ziel

Überprüfung der Anwendbarkeit des Hookeschen Modells auf ein Gummiband durch Bestimmung der Federkonstante

Materialien

- Stativ
- Gummiband
- Gewichte
- Maßband
- Haken
- Klebeband

Versuchsaufbau

- Aufstellung des Stativs, Befestigung am Tisch
- Befestigung des Hakens am Stativ
- Befestigung des Maßbandes am Stativ mit Hilfe von Klebeband
- Aufhängung des Gummibandes am Haken
- In das Gummiband werden die Gewichte gehängt

Durchführung

Die Gewichte werden gewogen und die Messunsicherheiten berechnet. Gewichte:

```
Gewichte <- read.csv("Gewichte.csv", sep=";", dec=",")
Gewichte[,c(1,2)]
```

##	Name	Masse..g.
## 1	5g	4.8
## 2	10g (2x)	10.0
## 3	20g	19.8
## 4	50g	49.9
## 5	100g (2x)	99.5
## 6	200g	198.5

Messunsicherheiten:

$$u_m = \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{0,0001kg}{2\sqrt{3}} = 2,9 * 10^{-5}kg$$

Zunächst wird die Länge des Gummibandes ohne zusätzliches Gewicht gemessen. Die Länge betrug 11,2 cm. Diese Länge muss später von allen Messwerten abgezogen werden, um nur die Auslenkung aus dem

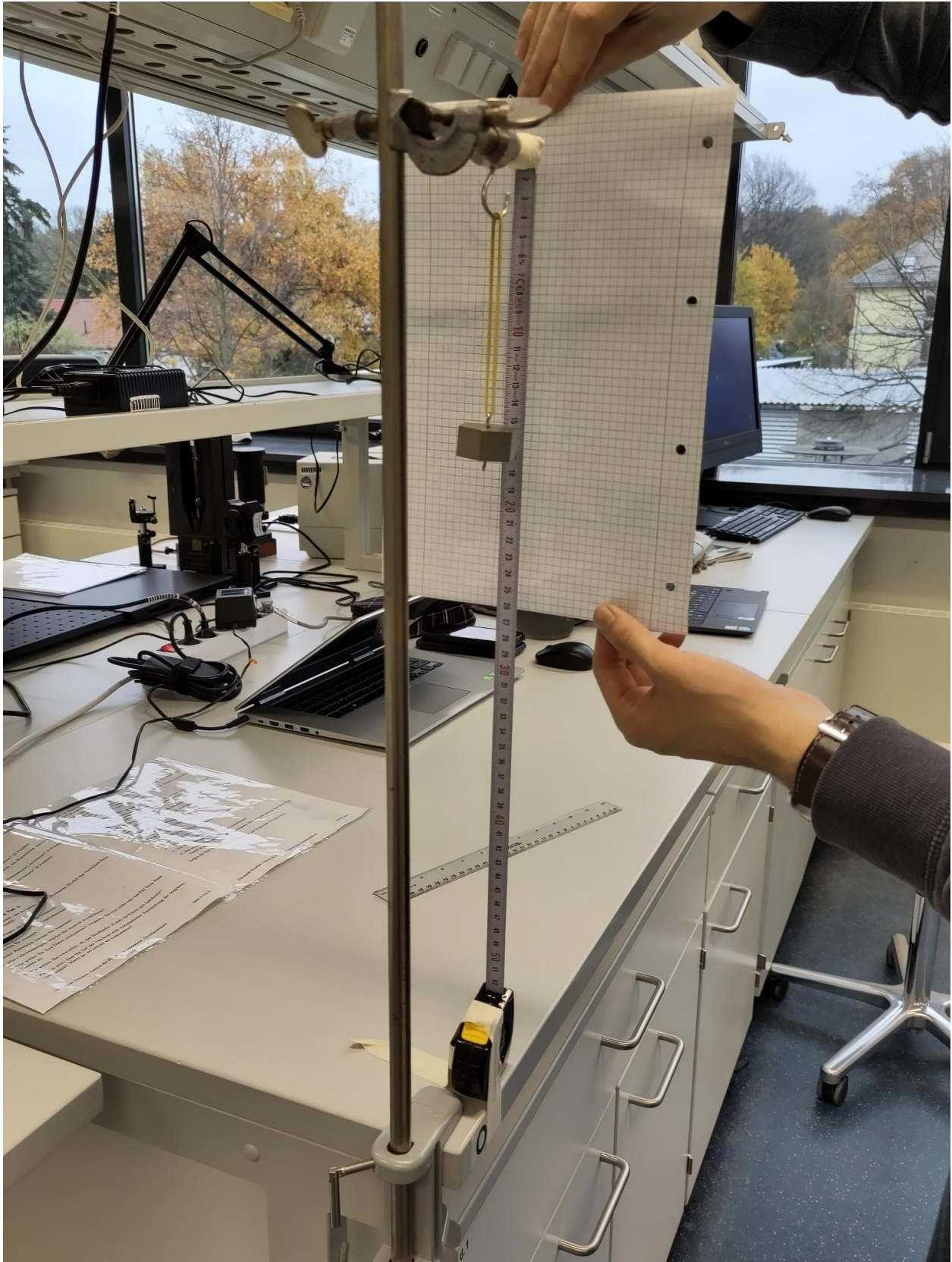


Figure 1: Versuchsaufbau 1

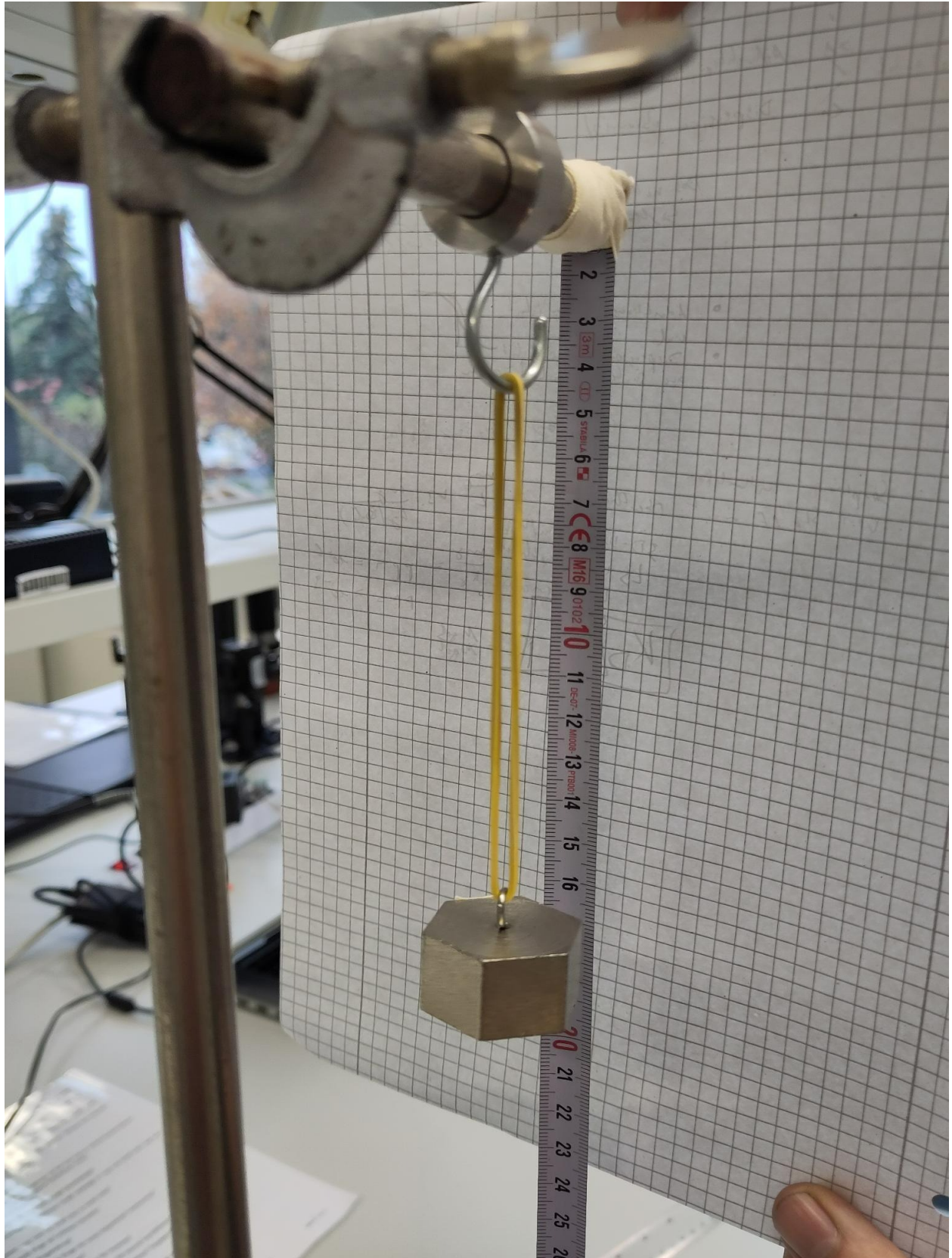


Figure 2: Versuchsaufbau 1, Nahansicht

Nullzustand als Datensatz aufzunehmen.

Danach werden nacheinander verschiedene Gewichte an das Gummiband gehängt und die entsprechende Auslenkung gemessen. Unsere Gruppe entschied sich zunächst dafür, eine Messreihe mit Intervallen von 5g durchzuführen. Nach den ersten 20 Messungen (100g) entschieden wir uns dafür, die Intervalle auf 10g zu erhöhen, da wir zunächst den Aufwand unterschätzten und Daten mit einem Abstand von 10g immer noch zur Beurteilung der Federkonstante ausreichen.

Die Auslenkung wird am Maßband abgelesen (Messskala in mm). Dies bedeutet eine Ungenauigkeit der Skala von:

$$u_{Skala} = \frac{a}{2\sqrt{6}} = \frac{0,001m}{2\sqrt{6}} = 2,0 * 10^{-4}m$$

Fehlerquellen

Bei den Fehlerquellen ist zunächst der **personenbezogene Ablesefehler** zu erwähnen. Diesen versuchten wir weitestgehend zu eliminieren, indem nur eine Person eine vollständige Datenreihe aufnahm.

Eine weitere Fehlerquelle kann die **Zeitabhängigkeit der Auslenkung** sein. Ein Gummiband kann nach einer gewissen Zeit mehr nachgeben, als bei der direkten Messung. Wir haben uns bemüht, die Messungen sehr direkt und ohne Verzug vorzunehmen. Die Zeitabhängigkeit haben wir jedoch nicht näher untersucht.

Besonders wichtig ist zu erwähnen, dass die Länge x_0 am Anfang und am Ende nicht übereinstimmten (11,2cm am Anfang zu 11,6cm am Ende). Dies ist auf die **konstante Dehnung des Gummibandes** zurückzuführen und wurde ebenfalls bei der Messung vernachlässigt.

Messung

Unsere Messergebnisse sind als csv-Datei abgespeichert:

```
Messreihe <- read.csv("Messreihe.csv", sep=";", dec=",")
colnames(Messreihe)=c("Gewicht", "Auslenkung1", "Auslenkung2", "a", "b")
Messreihe[,c(1,2)]
```

##	Gewicht	Auslenkung1
## 1	0	11.2
## 2	5	13.0
## 3	10	13.3
## 4	15	13.5
## 5	20	13.6
## 6	25	13.8
## 7	30	13.8
## 8	35	13.9
## 9	40	14.0
## 10	45	14.1
## 11	50	14.0
## 12	55	14.1
## 13	60	14.2
## 14	65	14.3
## 15	70	14.4
## 16	75	14.5
## 17	80	14.5
## 18	85	14.6
## 19	90	14.6
## 20	95	14.7

## 21	100	14.8
## 22	110	15.1
## 23	120	15.3
## 24	130	15.4
## 25	140	15.6
## 26	150	15.8
## 27	160	16.0
## 28	170	16.4
## 29	180	16.6
## 30	190	16.9
## 31	200	17.3
## 32	210	17.5
## 33	220	17.8
## 34	230	18.2
## 35	240	18.5
## 36	250	18.9
## 37	260	19.3
## 38	270	19.8
## 39	280	20.0
## 40	290	20.3
## 41	300	20.9
## 42	310	21.2
## 43	320	21.5
## 44	330	22.0
## 45	340	22.3
## 46	350	22.7
## 47	360	23.0
## 48	370	23.3
## 49	380	23.6
## 50	390	23.9
## 51	400	24.5
## 52	410	24.7
## 53	420	25.0
## 54	430	25.2
## 55	440	25.5
## 56	450	25.7
## 57	460	26.1
## 58	470	26.2
## 59	480	26.5
## 60	490	26.8

Auswertung

Zur besseren Interpretation der Messergebnisse wird die Anfangshöhe des Gummibandes als Nullauslenkung x_0 definiert und von den anderen Messwerten subtrahiert. Da die wirkende Kraft die Gewichtskraft $F = m * g$ ist gilt folgende Formel:

$$F = m * g = D * x$$

$$\rightarrow D = \frac{m * g}{x}$$

Die Unsicherheit ergibt sich daher aus folgender Formel:

$$u_D = \sqrt{\left(\frac{\partial D}{\partial m} * u_m\right)^2 + \left(\frac{\partial D}{\partial x} * u_x\right)^2}$$

Mit:

$$\frac{\partial D}{\partial m} = \frac{g}{x}$$

$$\frac{\partial D}{\partial x} = -\frac{m * g}{x^2}$$

$$u_D = \sqrt{\left(\frac{g}{x} * u_m\right)^2 + \left(-\frac{m * g}{x^2} * u_x\right)^2}$$

```
# Erdbeschleunigung
g = 9.81 #m/s^2
u_m = 2.9*10**(-5) #kg
u_x = 2.0*10**(-4) #m

# Daten einlesen
Messreihe <- read.csv("Messreihe.csv", sep=";", dec=",")
colnames(Messreihe)=c("Gewicht", "Auslenkung1", "Auslenkung2", "a", "b")

# Nullwerte abziehen
# Messreihe$Auslenkung1 <- Messreihe$Auslenkung1 - 11.2

# Einheitenrechnung
# Messreihe$Gewicht <- Messreihe$Gewicht/1000 #kg
# Messreihe[, c(2,3)] <- Messreihe[, c(2,3)]/100 #m

# Testplot
# plot(x=Messreihe$Auslenkung2, y=Messreihe$Gewicht,
#      ylim=c(0,500),
#      xlim=c(0,50))
# points(x=Messreihe$Auslenkung1, y=Messreihe$Gewicht)

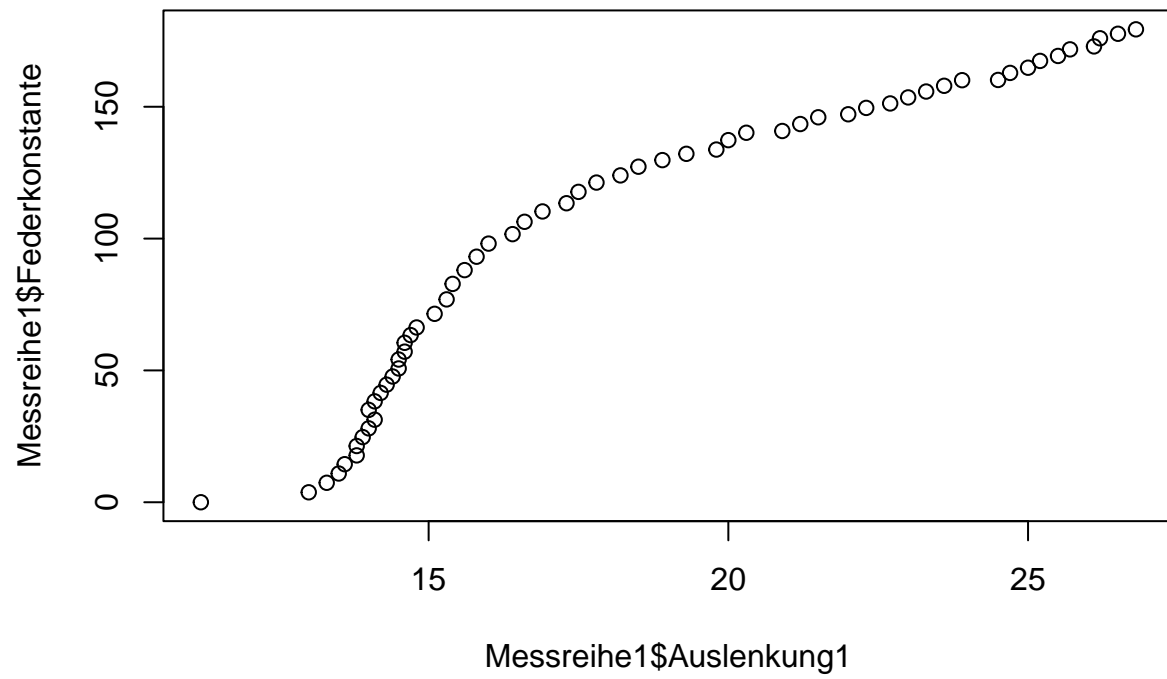
# Subset
Messreihe1 <- Messreihe[, c(1,2)]
Messreihe1$Kraft <- Messreihe1$Gewicht * g

unsicherheit_funktion <- function(x,m){
  return( sqrt( ((g/x)*u_m)**2 + ((-m*g/x**2)*u_x)**2 ))
}

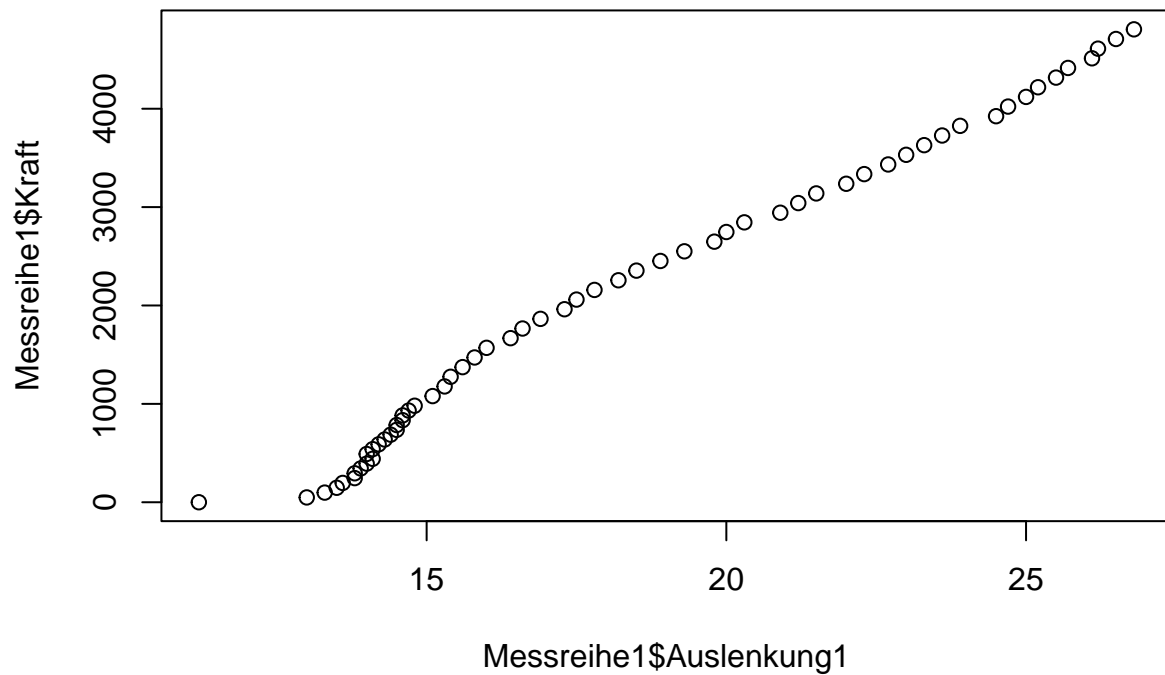
Messreihe1$u_Federkonstante <- unsicherheit_funktion(x=Messreihe1$Auslenkung1,m=Messreihe1$Gewicht)

Messreihe1$Federkonstante <- Messreihe1$Kraft/Messreihe1$Auslenkung1

plot(x=Messreihe1$Auslenkung1, y=Messreihe1$Federkonstante)
```



```
plot(x=Messreihe1$Auslenkung1, y=Messreihe1$Kraft)
```



Interpretation

Versuch 2

Ziel

Untersuchung der Fragestellung, ob sich der Zusammenhang zwischen Kraft und Auslenkung verändert, wenn man die Angriffskraft auf einen Strang des Gummibandes anstatt auf zwei verteilt.

Eine Hypothese ist, dass die Auslenkung bei gleicher Gewichtskraft doppelt so hoch ist, weil die Kraft auf nur einen Strang wirkt.

Materialien

- Stativ
- Gummiband
- Gewichte
- Maßband
- Haken
- Klebeband
- Schere

Versuchsaufbau

- Analog zu Versuch 1, aber das Gummiband wurde vorher mit einer Schere zerschnitten und durch geknotete Schlaufen an Haken und Gewicht befestigt.



Figure 3: Versuchsaufbau 2

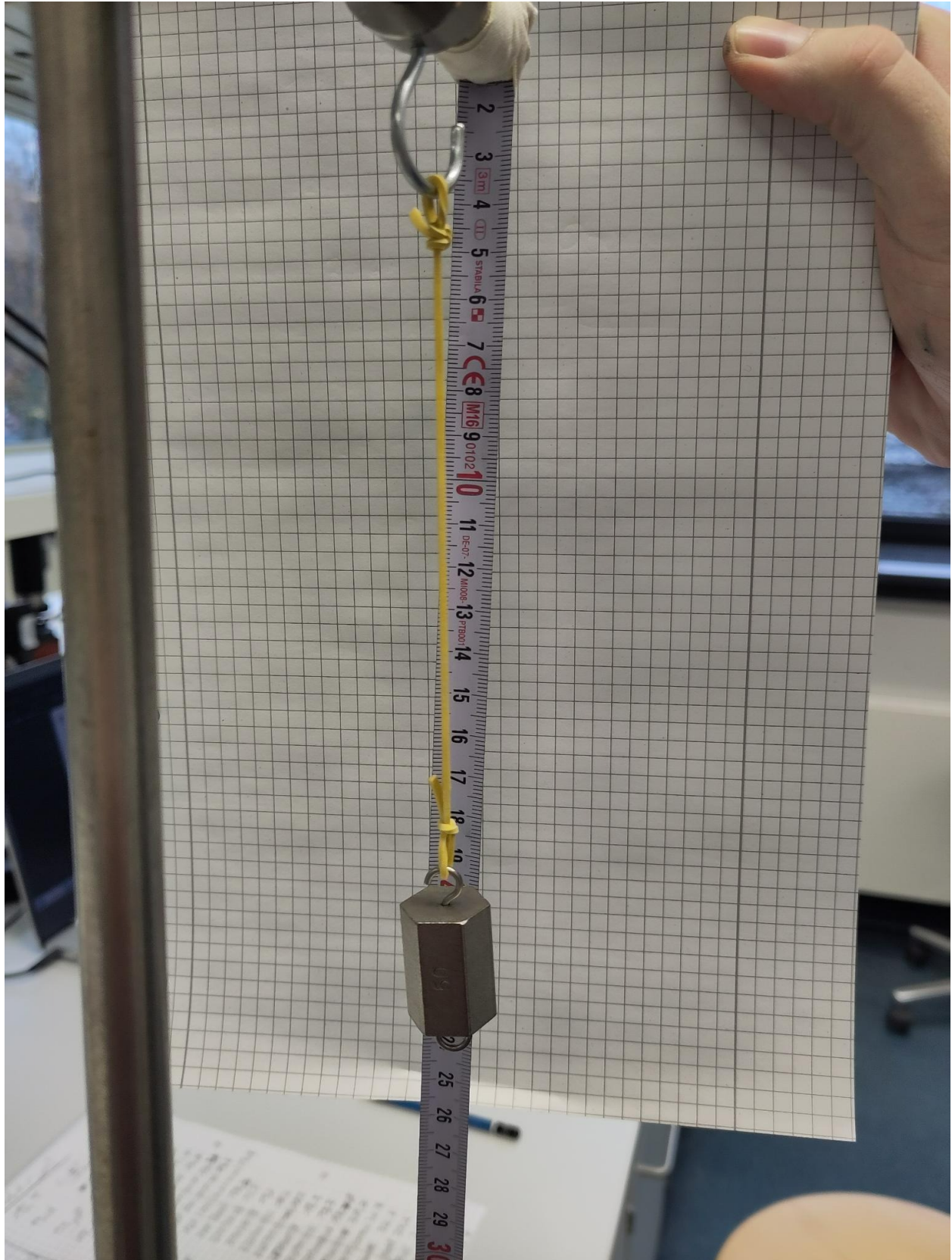


Figure 4: Versuchsaufbau 2, Nahansicht

Durchführung

Analog zu Versuch 1. Wir haben uns dafür entschieden bis zur Marke von 100g in 5g - Intervallen und danach in 10g- Schritten zu messen, um die Daten mit den Daten aus der ersten Versuchsreihe gut vergleichen können. Da das Band allerdings viel stärker durch das Anbringen von Gewicht gedehnt wurde, konnten wir ab 360g keine Messung mehr durchführen, da die Gewichte durch ihre Länge anfangen am Tisch aufzuliegen und so die Normalkraft die Gewichtskraft verfälscht hätte. Stattdessen haben wir den aus platztechnisch noch gut messbaren Wert für 400g genommen und den Rest der Tabelle nicht ausgefüllt. x_0 lag bei uns in diesem Fall bei 15,8cm.

Messung

Auswertung

Interpretation