

Dokumentation von schule2e

von F. Borchers

Version 0.1.2 vom 19. November 2025

Verfügbar unter <https://github.com/fborchers/schule2e/>

Inhalte des Kapitels

Übersicht schule2e	1
Dokumentenklasse exam2e.cls	3
Struktur der Aufgaben	3
Ankreuzaufgaben	5
Spracheinstellung	6
mathe2e – eine Sammlung	7
Mathematische Notation mit amsmath	7
Einheiten mit siunitx	8
Zwei Makros für die Vektorrechnung	11
Zwei Makros für LGS	14
Unser Paket gess.sty	16
Beispiel einer Klassenarbeit	16

Für Ungeduldige

- Mit der Dokumentenklasse exam2e werden Klassenarbeiten gesetzt. Es baut auf exam auf, der Dokumentenklasse von P. Hirschhorn, und stellt auf die deutsche Sprache um.
- Der Dokumentation schule2e.pdf ist im Anhang ein Beispiel aus dem Alltag zur Ansicht beigefügt. Diese Klassenarbeit wurde aus ka4-worked-example.tex kompiliert.
- Das Stylesheet mathe2e lädt amsmath und passt an den Gebrauch in der Schule an. Umgebungen für lineare Gleichungssysteme und Vektoren werden bereit gestellt. Mit siunitx werden Größen und Einheiten gesetzt.
- gess.sty enthält einige spezifische Formatierungen für exam2e, die wir an unserer Schule verwenden, insb. einen Dokumentenkopf.
- Das Stylesheet exam2e.sty dient der Kompatibilität, wenn man die Aufgaben von Klassenarbeiten in einem Skript sammeln will (z.B. Dokumentenklasse article).
- Die Pakete schule2e sind kein Fork des Projektes von P. Breitfeld, das unseres Wissens nach nicht mehr verfügbar ist. Der Name dieses Paketes ist

diesem Andenken gewidmet.

Übersicht schule2e

Sie kennen sich bereits ein wenig mit LaTeX aus, haben vielleicht an der Uni mal damit gearbeitet; eine Anleitung haben Sie bereits gelesen, z.B. die klassische LaTeX2e-Kurzbeschreibung. Nun wollen Sie das Textsatzsystem als Lehrer/in verwenden.

Die Pakete, die hier als schule2e zusammengefasst sind, sollen startklar sein, minimal und doch umfassend für die täglichen Aufgaben in der Schule, ins. das Erstellen von Klassenarbeiten. Dazu sind die Pakete modular aufgebaut: Sie nehmen sich den Teil, den Sie gebrauchen können, und auf den Rest verzichten Sie oder probieren es später aus. Wenn Sie später Details ändern möchten oder Ihre eigenen Klassen bauen werden, umso besser.

Die Dokumentenklasse exam2e.cls

Als Grundbestandteil betrachten wir die Dokumentenklasse `exam2e.cls`. Die Sprache wird auf deutsch gestellt und die Bezeichnungen der Aufgaben und Unteraufgaben wird angepasst. Teilaufgaben werden ab 1.1 durchnummeriert, Unteraufgaben wie üblich mit (a), (b) usw. durchgezählt. Entscheidend ist, dass man die Struktur verwenden kann, die man für die eigenen Aufgaben benötigt. Die Klassenarbeit `ka1` zeigt ein Minimalbeispiel auf, `ka4` eine echte Klassenarbeit aus unserem Unterricht (sie ist dem PDF dieses Dokumentes angehängt, siehe unten).

Die Klasse `exam2e` ruft intern die Dokumentenklasse `exam` von Philip Hirschhorn auf, daher sei auf deren Dokumentation (englisch) verwiesen für alle Detailfragen. `exam` ist ein wohl gepflegtes, umfangreiches Projekt, ohne das `exam2e` in dieser Form nicht möglich wäre.

`exam2e` und das \aaa-Makro

Mit dem Makro `\aaa` haben Sie einen feinkörnigen Zugriff auf den Zähler `subpart` der `exam`-Dokumentenklasse. Das ist vor allem dann sinnvoll, wenn man innerhalb einer (oder mehrerer) Zeilen Mathematisatz Unteraufgaben stellen möchte. In `ka2` werden diese Funktionen vorgestellt.

Das `exam2e`-Stylesheet (`exam2e.sty`)

Als zweiten, unabhängigen Grundbaustein verstehen wir das Paket `exam.sty`. Es wird *nicht* zusammen mit der Klasse `exam2e.cls` verwendet, sondern dient der Kompatibilität mit dieser Klasse, die Umgebungen `question`, `part`, `subpart` und `subsubpart` werden definiert und erzeugen einen vergleichbaren Output wie in der `exam` documentclass.

Das Paket ist für die Verwendung mit der Dokumentenklasse `book`, `article`, `scrarticle` usw. gedacht und macht die `exam2e`-Makros dort verfügbar. Wenn Sie also Aufgaben und Unterlagen als Skript in einem LaTeX-Dokument sammeln, können Sie denselben Markup und dieselben Befehle verwenden wie

für die Prüfungsaufgaben auch. Später können Sie dann die Aufgaben durch Kopieren und Einfügen in Klassenarbeiten (documentclass exam2e) einfließen lassen, oder umgekehrt, Prüfungsaufgaben aus einer Klassenarbeit herauskopieren und in den Skripten archivieren. Es ist genau dieses Zusammenspiel, das einigen Mehrwert verspricht.

Das Beispiel unter `dokumentation/einskript` zeigt, wie eine solche Sammlung aussehen kann. Das Paket `exam2e` wird geladen, im Text befinden sich die Aufgaben in einer Umgebung `question` oder nach einem Befehl `\question`.

Unser Stylesheet `gess.sty`

In diesem Paket sind einige Funktionen zusammengefasst, die wir an unserer Schule nutzen. Insbesondere ist die Tabelle `klassenarbeitskopf` bei uns in Gebrauch; es ist höchstwahrscheinlich, dass Sie dieses abändern müssten, wenn Sie einen ähnlichen Kopf für Klassenarbeiten verwenden wollen. Ein kleinerer, allgemeiner Kopf für eine Klassenarbeit entsteht durch den Aufruf von `\klassenarbeitszeile`, die Syntax ist identisch.

Das Stylesheet `mathe2e.sty`

Das Paket `mathe2e` ist ebenfalls optional und kann sowohl in Klassenarbeiten als auch im Skript geladen werden. Es ist als Angebot gemeint, im besten Fall verwenden Sie natürlich Ihre eigenen Makros für den Mathematisatz.

`mathe2e` lädt im Hintergrund `amsmath` und stellt damit alle Strukturen zur Verfügung. Wir ergänzen nur noch die, die für die Schulmathematik gebraucht werden: Zahlbereiche und Mengen, Relationen, lineare Gleichungssysteme (LGS) und die Vektorgeometrie. Zusätzlich wird `siunitx` geladen für die korrekte Darstellung der Einheiten und des richtigen Abstandes (ins. das Verhindern eines Zeilenumbruchs zwischen Zahl und Einheit). Damit können Einheiten ohne Zahlwerte, Prozente, Währungen und Kommazahlen entsprechend der deutschen Notation dargestellt werden.

Für die linearen Gleichungssysteme (LGS) ist außerdem ein Konverter beifügt, der bei Bedarf aus der Matrixdarstellung eines LGS den zugehörigen TeX-Code erzeugt. Mit diesem Konverter wird die Verwendung der Umgebung `lgs` sehr bequem. Der Konverter ist in der Programmiersprache `R` geschrieben, die für die Verwendung ggf. zu installieren ist.

Dank

Dieses Projekt begann irgendwann als Fork von P. Breitfelds Paket `schule2e`, geworden ist es eine Neufassung der wichtigsten Funktionen für die Nutzung in der Schule. Das Original `schule2e` ist leider nicht mehr verfügbar, sein letzter Beitrag zur Zeit der Niederschrift über zehn Jahre her. Es ist daher nicht anmaßend gemeint, den Namen `schule2e` weiterzuführen, sondern dankend.

Im „Maschinenraum“ von `schule2e` wird die Dokumentenklasse `exam` von P. Hirschhorn aufgerufen, die daher auf Ihrem System installiert sein muss. `exam` ist eine mächtige und mit über 8000 Zeilen Quellcode umfangreiche Klasse, die die Struktur der Aufgaben und auch den Punktzähler bereitstellt und die seit 30 Jahren gewissenhaft gepflegt wird.

Die Dokumentenklasse `exam2e.cls`

Struktur der Aufgaben (`\question`)

Die Befehle zur Aufgabenerstellung folgen im wesentlichen der Vorgabe der Dokumentenklasse `exam`¹. Fragen werden durch ein `\question` oder durch ein `\titledquestion` begonnen und abschließend durch eine Kommentarzeile beendet, um die Übersichtlichkeit zu bewahren. Nach dieser Initialisierung einer Aufgabe folgen der Text, die Abbildungen usw. Die anschließenden Arbeitsaufträge werden als Unteraufgaben mit `\subpart` aufgezählt. Wir fügen ein Beispiel mit dem entsprechenden Quellcode an:

A1 Dies ist der Text der Aufgabenstellung...

- (a) Unteraufgabe
- (b) Unteraufgabe

L1 Lösung: Dies ist das richtige Vorgehen und zwar...

```

1 \question Dies ist der Text der Aufgabenstellung\ldots
2 \begin{subparts}
3   \subpart Unteraufgabe
4   \subpart Unteraufgabe
5 \end{subparts}
6 % Ende der Aufgabe mit den zwei Unteraufgaben
7 \begin{solution}
8   Dies ist das richtige Vorgehen und zwar\ldots
9 \end{solution}

```

Im Anschluss an eine Frage kann die Lösung optional in einer `solution`-Umgebung eingegeben werden. `exam` stellt für das Drucken oder Überspringen von Lösungen den Schalter `\printanswers` zur Verfügung.

Unteraufgaben in einer Zeile mit `\aaa{}`

In manchen Situationen, v.a. in der Unter- und Mittelstufe, werden mehrere Unteraufgaben innerhalb einer Zeile gestellt:

- (a) $\sqrt{2} \cdot \sqrt{18}$ (b) $\sqrt{10} \cdot \sqrt{3,6}$ (c) $\sqrt{125} : \sqrt{5}$

Das Paket `schule2e` bietet dazu einen feinkörnigen Zugriff auf den Zähler von `subpart` an – weswegen oben auch die Nummerierung der Unteraufgaben weiterläuft (c-e). Das Kommando `\aaa` erhöht den Zähler um eins, druckt das Label mit den Klammern, forciert aber keinen Zeilenumbruch. Die obige Zeile wurde erzeugt von:

```

1 \begin{align*}
2   \aaa & \quad \sqrt{2} \cdot \sqrt{18} \\
3   & \quad \sqrt{10} \cdot \sqrt{3,6} \\
4   & \quad \sqrt{125} : \sqrt{5} \\
5 \end{align*}

```

Der Befehl `\aaa` steht im Mathematisatz und im normalen Modus zur Verfügung. Man kann ihn also auch in Tabellen, Listen, Abbildungen und tabbings

¹ P. Hirschhorn. „Package for Typesetting Exam Scripts“. URL: <https://ctan.org/pkg/exam>.

verwenden. Ähnlich dem Makro `\LaTeX{}` für L^AT_EX ist ggf. eine leere Gruppe `{}` mitzugeben.

Teil- und Unteraufgaben

Die Aufgaben können aber auch als Teilaufgaben geladen werden. Dieses Format bietet sich vor allem in der Oberstufe an, der Unterschied besteht in der Hierarchie und der Darstellung (als Teilaufgabe mit 1.1 durchnummieriert oder als Unteraufgabe alphabetisch bezeichnet mit (a), (b) usw.). Teilaufgaben und Unteraufgaben können dabei gleichzeitig zum Einsatz kommen bei langen Aufgaben wie zum Beispiel im Abitur.

1.1 Teilaufgabe eins

1.2 Teilaufgabe zwei

```
1 \begin{parts}
2   \part Teilaufgabe eins
3   \part Teilaufgabe zwei
4 \end{parts}
```

Im Beispiel `ka2-showcase` ist die vollständige Gliederung in `part`, `subpart`, `subsubpart` und `choice` vorgeführt. Das Beispiel `ka4-worked-example` zeigt ein Beispiel aus dem Alltag (das kompilierte Ergebnis findet sich im Anhang dieser Dokumentation). Hier wird auch gezeigt, dass nicht immer alle Ebenen verwendet werden müssen, man kann z.B. auch gleich zu den Unteruntermittlerungen springen, die mit kleinen römischen Zahlen abgezählt werden:

- i. Unteruntermittlerung eins
- ii. Unteruntermittlerung zwei
- iii. Unteruntermittlerung drei

```
1 \begin{subsubparts}
2   \subsubpart Unteruntermittlerung eins
3   \subsubpart Unteruntermittlerung zwei
4   \subsubpart Unteruntermittlerung drei
5 \end{subsubparts}
```

Referenzierungen mit `\label` und `\ref`

Die Counter der Teil- und Unteraufgaben sind so eingestellt, dass auf die Aufgaben L^AT_EX-üblich Bezug genommen werden kann. Mit `\label` wird der Referenzpunkt definiert, mit `\ref` darauf verlinkt. Beispielsweise kann auf die Unteraufgabe (a) hingewiesen werden mit `\ref{sbp:unteraufg1}`, wenn diese das entsprechende (im Text nicht sichtbare) Label trägt:

(a) lorem ipsum

```
1 \begin{subparts}
2   \subpart\label{sbp:unteraufg1} lorem ipsum
3 \end{subparts}
```

Wie immer bei `\label` wird empfohlen, eine Kategorisierung vorzunehmen² (auch namespace genannt). Dazu wird mithilfe *eines* Doppelpunktes : das Label in zwei Teile getrennt (hier `sbp:`). Der vordere Teil ist der gemeinsame Namespace, der hintere der individuell benannte Referenzierungspunkt. In den

² K. Ruland. „Improved reference formatting for L^AT_EX2e“. URL: <https://ctan.org/pkg/prettyref>.

Klassenarbeiten ka2-5 finden sich verschiedene Beispiele für diese Referenzierungen.

Modifizieren der Auflistungen

In der Dokumentenklasse `exam` lassen sich die Auflistungen verändern. Im Abitur sollen beispielsweise die Unteraufgaben nicht mit (a), (b) usw. aufgeführt werden, sondern mit einer weiteren Nummerierung. Unser Beispiel `ka5-abiturstil` zeigt dieses Vorgehen, wenn die Unteraufgaben als subparts mit 1.1.1 fortgesetzt werden.

Ankreuzaufgaben

Ankreuzmöglichkeiten à la `exam2e.cls`

Die unterste Ebene von Teilaufgaben, die `exam` anbietet, ist die der Ankreuzmöglichkeiten. Hier sind die Unteraufgaben nicht mehr nummeriert, sondern anhand von kleinen Boxen aufgelistet, die ggf. anzukreuzen sind:

- Ankreuzmöglichkeit 1
- Ankreuzmöglichkeit 2
- Ankreuzmöglichkeit 3

```

1 \begin{checkboxes}
2   \choice Ankreuzmöglichkeit 1
3   \choice Ankreuzmöglichkeit 2
4   \choice Ankreuzmöglichkeit 3
5 \end{checkboxes}
```

Erweiterung für Wahr/Falsch-Fragen

Wir bieten noch eine Erweiterung der Ankreuzmöglichkeiten für Fragen, bei denen jeweils wahr (W) oder falsch (F) anzukreuzen ist:

W F

- Aussage 1 kann auch ein Satz sein, der sich über mehr als nur eine Zeile hinzieht. Auch eine mathematische Formel kann eingefügt werden:

$$\sum$$

- Aussage 2, zu der wahr bzw. falsch angekreuzt werden muss.

Das Format folgt den typischen Definitionen der Klasse `exam`: Innerhalb der Umgebung `truefalses` erzeugt man eine Ankreuzaufgabe mit `\truefalse`:

```

1 \begin{truefalses}
2   \truefalse Aussage 1 kann auch ein Satz sein, der sich über mehr
     als nur eine Zeile hinzieht.
3   \truefalse Aussage 2, zu der wahr bzw. falsch angekreuzt werden
     muss.
4 \end{truefalses}
```

Spracheinstellung

Die Sprache wird von exam2e auf deutsch umgestellt. Falls das Dokument in englischer Sprache sein soll, kann mit

```
\usepackage[english]{babel}
```

einmalig auf Englisch umgestellt werden. Alle vordefinierten Begriffe von exam werden dazu übersetzt. Mehrsprachige Dokumente werden zurzeit nicht unterstützt, die Sprache kann nur einmalig zu Beginn des Dokumentes eingestellt werden.

mathe2e – eine Sammlung

Mathematische Notation mit amsmath

Mit mathe2e wird das Paket amsmath³ geladen, das fast alle benötigten mathematischen Befehle bereitstellt. Wir fügen eine Übersicht der Zeichen für Zahlen, Relationen und Klammern an.

³ American Mathematical Society. „User’s Guide for the amsmath Package“. URL: <https://ctan.org/pkg/amsmath>.

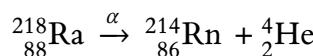
Zahlmengen (je neu)	natürliche Zahlen ganze Zahlen rationale Zahlen reelle Zahlen irrationale Zahlen irrationale Zahlen komplexe Zahlen Körper K Lösungsmenge	\setN \setZ \setQ \setR \setR\setminus\setQ \setI (selten) \setC \setK \setL	\mathbb{N} \mathbb{Z} \mathbb{Q} \mathbb{R} \mathbb{R}\setminus\mathbb{Q} \mathbb{I} \mathbb{C} \mathbb{K} \mathbb{L}
Gleichheit (neu) (neu)	definiere ungleich identisch-gleich ungefähr gleich proportional zu kongruent zu erfordert gleich entspricht	\coloneqq \neq \equiv \approx \sim \cong \bmbeq \hateq	\coloneqq \neq \equiv \approx \sim \cong \coloneqq \hat{\equiv}
Ungleichheit	kleiner als größer als kleiner gleich größer gleich viel kleiner als viel größer als	< > \leq \geq \ll \gg	< > \leq \geq \ll \gg
Relationen	Multiplikation Division Teilbarkeit	\cdot : \mid	$3 \cdot 12$ $12 : 3$ $3 12$
Klammern (neu) (neu) (neu)	Standard skaliert Betrag Norm Menge	f(x) \left(\dots\right) \abs{\dots} \norm{\dots} \set{\dots}	$f(x)$ $(1 + \frac{1}{2})$ $ -2 , \left -\frac{1}{2} \right $ $\ -2 \ , \ x \ _2$ $\{a, b, c, d\}$

Das Divisionszeichen (der einfache Doppelpunkt :) wird von LATEX im deutschen Textsatz hinreichend gut gesetzt. Man vergleiche etwa $3 : 4$ mit der englischen Notation $3 \div 4$. Das \colon ist dagegen kein Relationszeichen, sondern ein Symbol der Zeichensetzung z.B. für $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, und führt damit bei der Division zu keinem guten Ergebnis, vergleiche $3: 4$.

Pfeile und beschriftete Pfeile

Pfeile	einfach	<code>\rightarrow</code>	\rightarrow
		<code>\leftarrow</code>	\leftarrow
doppelt	<code>\Rightarrow</code>	\Rightarrow	
	<code>\Leftarrow</code>	\Leftarrow	
beschriftet	unskaliert	<code>\overset{.}{\rightarrow}</code>	$\overset{\cdot}{\rightarrow}$
	skaliert	<code>\xrightarrow{...}</code>	$\xrightarrow{x \rightarrow \infty}$
(neu)	doppelt	<code>\xrightarrow{...}</code>	$\xrightleftharpoons[\text{GTR}]{...}$

Im einfachsten Fall kann man ein `overset` verwenden, um ein Symbol über den Pfeil zu drucken, dies funktioniert für links- wie rechtsgerichtete Pfeile. Wir zeigen noch ein Beispiel aus amsmath, den `\xrightarrow`, was den Pfeil horizontal skaliert, damit Platz für das Superskript bleibt:



In ähnlicher Weise wird das Makro `\xrightarrow` definiert, um daraus-folgt-Pfeile zu beschriften, z.B. bei der Verwendung des graphikfähigen Taschenrechners:

$$\dots \xrightleftharpoons[\text{GTR}]{...} \dots$$

Einheiten mit `siunitx`

Wir laden das Paket `siunitx`⁴ und setzen die Spracheinstellungen auf deutsch. Es folgt eine kurze Übersicht der Verwendung der Makros, im übrigen sei auf die Dokumentation des Paketes hingewiesen.

⁴ J. Wright. „A Comprehensive (SI) Units Package“. URL: <https://ctan.org/pkg/siunitx>.

Zahlen und Mathematischesatz

Zahlen werden mit `\num{...}` eingefügt, wie z.B. $\pi \approx 3,141\,59$. Mit der Spracheinstellung deutsch wird ein Komma anstelle des englischen Punktes verwendet und auch die Abstände sind richtig nach dem Komma sowie nach je drei Ziffern. Der Befehl `\num` steht im normalen Text- als auch im Mathematikmodus zur Verfügung. Große oder kleine Zahlen werden im Makro mit `e` für die Zehnerpotenz gesetzt, so führt `\num{1.2e-3}` zu $1,2 \cdot 10^{-3}$.

Prozente und Promille werden mit `\qty` geladen und fügen einen (gewünschten) unbreakable space zwischen Zahl und Einheit ein, z.B. $5,1\%$ und 3% :

```
\qty{5.1}{\percent} und \qty{3}{\permille}
```

Winkel werden mit `\ang` gesetzt: 45° , komplexe Zahlen mit `\complexnum`: $3,0 + 5,2i$. Um konsistent zu sein, muss man dann immer mit `\complexnum{i}`, also *i*, arbeiten anstelle des einfachen `i`, also kursiv *i*.

Größen mit Einheiten

Ähnlich den Prozenten werden auch die Einheiten mit `\qty` geladen. Als Beispiele seien aufgeführt 5 km , $5\frac{\text{km}}{\text{h}}$, 5 € . Das Setzen von Einheiten ist die Stärke von `siunitx`, das Paket stellt alle gängigen Einheiten zur Verfügung. Wir geben als Beispiele an 1 N und 1 mA , die erzeugt wurden mit:

```
1 \qty{1}{\newton} und \qty{1}{\milli\ampere}
```

Als erstes Argument erwartet `\qty` einen numerischen Wert, als zweites die Einheit sowie ggf. den Vorsatz. Grundsätzlich kann man mit den ausgeschriebenen Namen der Einheiten arbeiten ohne ständig die Dokumentation des Pakets zu Rate ziehen zu müssen. Wie im Englischen üblich werden die Einheiten klein geschrieben (im Gegensatz zu den Namen).

Die Vorsätze von Einheiten können für pädagogische Zwecke auch allein gedruckt werden, dazu wird die leere Einheit `\noop` bereitgestellt, die nichts druckt. Beispielsweise werden die Vorsätze `k` und `G` erzeugt mit:

```
1 \unit{\kilo\noop} und \unit{\giga\noop}
```

Währungen lassen sich entsprechend darstellen, z.B. `\qty{5.50}{\euro}` für 5,50 €. Falls das Symbol der Währung vorne gewünscht wird, also €5,50, ist das möglich mit dem folgenden Markup:

```
1 \SI{5.50}{\euro}{}{}
```

Gewählte Einstellungen von `siunitx`

Die Einstellungen von `siunitx` werden von dem Befehl `\sisetup` vorgenommen. Wir lassen das Paket `siunitx` folgendermaßen von `mathe2e` einladen:

```
1 \sisetup{%
2   % siunitx-Spracheinstellung deutsch:
3   per-mode = fraction,
4   locale = DE,
5   list-final-separator = { und },
6   list-pair-separator = { und },
7   list-separator = {; },
8   range-phrase = { bis }
9 }%
```

Sonderzeichen mit `siunitx`

Zusätzlich zu den von `siunitx` bereit gestellten Einheiten definieren wir die folgenden:

```
1 \DeclareSIUnit\LE{LE}% Längeneinheit
2 \DeclareSIUnit\FE{FE}% Flächeneinheit
3 \DeclareSIUnit\VE{VE}% Volumeneinheit
4 \DeclareSIUnit\ME{ME}% Mengeneinheit
5
6 \DeclareSIUnit\litre{l}% ändert sowohl litre als auch liter zu "l"
7 \DeclareSIUnit\amu{u}% atomare Masseneinheit (Dalton)
8
9 \DeclareSIUnit\year{a}% Jahr
10 \DeclareSIUnit\huygens{Hy}% für den Impuls (eher selten)
11 \DeclareSIUnit\kmh{\km\per\hour}% Kilometer pro Stunde
12
13 % Währungen
14 % Für EUR3.99 verwende: \qty{3.99}{\euro}{}{}
15 \DeclareSIUnit\ euro{\text{\texteuro}}
```

```
16 \DeclareSIUnit\curren{\text{\texteuro}}% ggfs. andere Währung
17
18 % Prozente (vordefiniert in siunitx):
19 % Für 5% verwende: \qty{5}{\percent}
20
21 % Promille:
22 % Für 6[Promille] verwende: \qty{6}{\permille}
23 \DeclareSIUnit\permille{\text{\textperthousand}}
24
25 % Anteile pro Million (parts per million):
26 % verwende: \qty{423.6}{\ppm}
27 \DeclareSIUnit\ppm{\ppm}% Anteil pro Million (parts per million)
28
29 % Byte in der Informatik:
30 \DeclareSIUnit\byte{\B}
```

mathe2e: Zwei Makros für die Vektorrechnung

Anforderungen an geeignete Befehle für die Vektorrechnung

Wir fügen im folgenden an, welche Überlegungen zu der hier vorgestellten Implementierung geführt haben:

- Gesucht sind Befehle für Spaltenvektor (`\vector`) und für Zeilenvektor (`\coords`; für die Koordinaten von Punkten, getrennt durch je ein Pipe-Symbol „|“).
- Die Argumente (mindestens bis zu drei Zahlen) müssen in der gleichen Notation sowohl an `\vector` als auch an `\coords` übergeben werden können.
- Overloading der Definition, sodass mit zwei oder drei Argumenten bzw. Komponenten gearbeitet werden kann, z.B. `\vector(1, 2)` für zweidimensionale Vektoren und `\vector(1, 2, 3)` für dreidimensionale. Entsprechend für `\coords`.
- Kompatibilität mit PSTricks `\psdot` und `\pstThreeDDot`, also eine Übergabe der Argumente in Klammern (), durch Komma , getrennt. So kann der Quellcode, insb. die Dokumentation von Darstellungen, mit copy-paste erarbeitet werden.
- Kompatibilität mit PSTricks `\rput` zur Beschriftung von geeigneten Grafiken.
- Der Spaltenvektor soll in einer Textzeile automatisch klein gedruckt werden (`\textstyle` gegenüber `\displaystyle`).
- Fehlermeldungen, die verständlich sind und auf die problematische Stelle stimmig hinweisen, insb. die entsprechende Zeile.

Eine mögliche Implementierung von `\vector` und `\coords`

Zum Einsatz des Befehls `\vector`:

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} -3 \\ +4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad \text{erzeugt mit } \text{\textbackslash}vector(-3,+4,5)$$

Der Abstand des Vorzeichens ist automatisch richtig, genau wie bei inline-Vorzeichen (vgl. -3), im Gegensatz zum Abstand bei binären Operatoren (vgl. $3-4$). Die vertikalen Abstände bei überlappenden Brüchen können durch die Änderung von `arraystretch` – am besten in einer lokalen Gruppe – vergrößert werden, zum Beispiel wird

$$\begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ \frac{3}{2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3 \\ \frac{3}{2} \\ \frac{4}{2} \end{pmatrix}$$

erzeugt von

```

1 \begingroup
2 \renewcommand{\arraystretch}{1.1}
3 \vector(3,4,\frac{3}{2}) + \vector(3,\frac{3}{2},\frac{4}{2})...
4 \endgroup

```

Die inline-Version sieht entsprechend kleiner aus, wie hier der Vektor $\vec{v} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$. Man beachte, dass der Zeilenabstand entsprechend angepasst wird, was die Lesbarkeit des Textes, wie das gesamte Layout, beeinflusst. Vektoren mit nur zwei Komponenten sind gut zu setzen, $\vec{v} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$, ohne große Beeinträchtigung.

Beispiele für Einsatz des Befehls \coords

Gegeben die folgenden Punkte:

$$P(1|3|5), \quad B(1|\frac{1}{2}|-3) \quad \text{und} \quad C(2|3)$$

die erzeugt wurden mit

```

1 P\coords(1,3,5), B\coords(1,\frac{1}{2},-3) und C\coords(2,3)

```

sowie inline $D(3|4)$ durch $\$D\coords(3,4)\$$. Die beiden Makros `\vector` und `\coords` sind darauf ausgelegt, auch mit mehr als drei Argumenten umzugehen, siehe die Erweiterungen unten.

Quellcode der Implementierung

Weil die Namen der Hilfsmakros durch @i erweitert wurden, muss der Block innerhalb von `\makeatletter` stehen. So sind die Hilfsmakros beim Schreiben nicht zugänglich; nur `\vector` und `\coords` stehen dem Nutzer zur Verfügung.

```

1 \makeatletter
2 %% Definition von \vector zum Drucken von Spaltenvektoren :
3 \def\vector(#1){%
4 \mathchoice%
5   {\pmb{\pmatrix@i{\vector@i#1,,}}%}
6   {\pmb{\pmatrix@ii{\vector@i#1,,}}%}
7   {}% scriptstyle too small,
8   {}% ss style too small.
9 }% Ende Definition \vector. Hilfsfunktionen sind dabei :
10 \def\vector@i#1,{\if,#1,\else#1\cr\expandafter\vector@i\fi}
11 \def\pmatrix@i#1{\begin{pmatrix}#1\end{pmatrix}}
12 \def\pmatrix@ii#1{\left(\begin{smallmatrix}#1\end{smallmatrix}\right)}
13 %% Definition \coords zum Drucken von Zeilenvektoren :
14 \def\coords(#1,#2){\left(\begin{matrix}#1\\#2\end{matrix}\right)}
15 \def\coords@i#1,{\if,#1,\else|#1\expandafter\coords@i\fi}
16 \makeatother
17 \end{verbatim}%

```

Vergleich zu Standard-Makros

Ein Vergleich zur Umgebung `pmatrix`, die intern durch die Makros aufgerufen wird:

$$\begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ \frac{3}{2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ \frac{3}{2} \\ \frac{4}{2} \end{pmatrix}$$

erzeugt mit

```
\begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ \frac{3}{2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ \frac{3}{2} \\ \frac{4}{2} \end{pmatrix}
```

und ebenfalls vergößertem Wert für `\arraystretch`.

Mögliche Erweiterungen

Den Vektoren können als Argumente auch Unbekannte x mitgegeben werden (links). Ebenso sind Kommazahlen erlaubt:

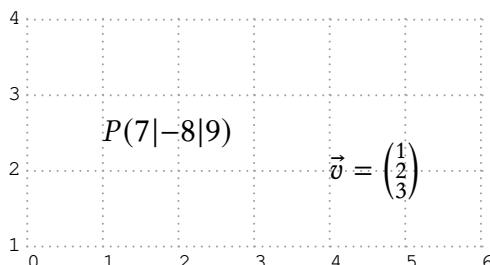
$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ x \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ 5.6 \end{pmatrix} \quad \text{bzw.} \quad \begin{pmatrix} 7 \\ 8 \\ 9,0 \end{pmatrix} \quad (*)$$

Bei der Kommasetzung läuft nur der englizistische Punkt problemlos (Mitte). Ein Komma im Quellcode führt zu falschen Abständen (9,0 verglichen mit 9,0), sowie zu einem handfesten Error, weil das Hilfsmakro `\vector@i` das Komma zur Trennung der einzelnen Komponenten einsetzt – wie gewünscht im Hinblick auf die Verwendung mit PStricks. Eine Lösung ist der Einsatz des Pakets `siunitx` und dessen Funktion `\num{9.0}` für 9,0 (siehe Gl.(*)³), dritter Vektor dritte Komponente), dann ist auch der Abstand nach dem Komma korrekt dargestellt.

Darüber hinaus ist es auch möglich, die Makros einzusetzen, wenn mehr (oder weniger) Komponenten erforderlich sein sollten:

$$x^\mu = \begin{pmatrix} ct \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad x_\mu = (ct| -x| -y| -z)$$

Als Argumente zu PStricks `\rput`-Befehl



Die Makros `\vector` und `\coords` können beide als Argument an PStricks `\rput` übergeben werden. PStricks `\rput` wird die Objekte im Modus „inline“ setzen.

mathe2e: Zwei Makros für lineare Gleichungssysteme

Es gibt eine ganze Reihe von L^AT_EX-Paketen für die Darstellung von linearen Gleichungssystemen (LGS), genannt sei an dieser Stelle nur das Paket `systeme`⁵. Wir schlagen hier als Alternative die Umgebung `lgs` vor, die ohne Ballast (ohne ein weiteres Paket) auskommt, flexibel ist und die römischen Zahlen rechts der Gleichungen erlaubt.

Als Beispiel sei also ein LGS gegeben (der Quellcode findet sich unten angefügt, man beachte auch den zugehörigen Quellcode-Generator):

$$\left| \begin{array}{l} -a - b - c = 9 \quad (\text{I}) \\ 5a + 3b + c = 0 \quad (\text{II}) \\ 32a + 8b + 2c = 0 \quad (\text{III}) \end{array} \right.$$

und das LGS als Matrix (man schreibt nur die Zahlen vor den Unbekannten):

$$\left(\begin{array}{ccc|c} -1 & -1 & -1 & 9 \\ 5 & 3 & 1 & 0 \\ 32 & 8 & 2 & 0 \end{array} \right)$$

Die Einträge der Matrix entsprechen den Zahlen des obigen LGS, anstelle der Gleichheitszeichen verwendet man einen senkrechten Strich.

Interface der Umgebungen

Die hier definierten Umgebungen `lgs` und `qmatrix` folgen derselben Struktur:

```
1 \begin{lgs}{m}{n}
2 ...
3 \end{lgs}
```

```
1 \begin{qmatrix}{m}{n}
2 ...
3 \end{qmatrix}
```

Die beiden notwendigen Argumente `m` und `n` enthalten die Anzahl der Spalten vor bzw. nach dem Gleichheitszeichen. Intern wird jeder Eintrag des LGS auf zwei Spalten aufgeteilt: eine mit dem Vorzeichen und eine mit dem Betrag. Für den obigen Eintrag $-2x_1$ wird also `& -&2x_1` geschrieben (s.u.). Der Vorteil ist, dass auf diese Weise die Vorzeichen korrekt ausgerichtet sind. Bei der Matrixschreibweise ist das nicht vorgesehen, die Einträge sind je zentriert.

Werden bei der Schreibweise als LGS Nummern für die Gleichungen gewünscht, werden diese manuell als `&(I)` usw. hinzugefügt. Man kann diese dann als Gl. (I) mit `Gl.~(I)` referenzieren; eine Verwendung von Labels ist an dieser Stelle nicht möglich. Im Mathematik-Modus ist ein `\rm` notwendig, um die Kursivschreibung zu verhindern, z.B. kann mit $2 \cdot (\text{I}) + 3 \cdot (\text{II})$ ein Lösungsweg dokumentiert werden als `$2\cdot\rm(I) + 3\cdot\rm(II)$`.

Quellcode der Umgebungen `lgs` und `qmatrix`

```
1 \newenvironment{lgs}[2]{%
2 \left| % Füge nun den array ein:
3 \begin{array}{l@{\;}*{#1}{r@{\;\hspace{1pt}}r@{\;}}@{\;\;,\;}>{\@ifnextchar
=}{c@{\;,\;}*{#2}{r@{\;\hspace{1pt}}r@{\;}}@{\;\hspace{6mm}}>{\rm{l}}}}%
```

⁵ C. Tellechea. „L’extension pour TeX et L^AT_EX systeme“. URL: <https://ctan.org/pkg/systeme>.

```

4 {\end{array}\right. }% Ende der Definition der Umgebung lgs.
5 %% Matrixform für LGS nach Format (cc...clc):
6 \newenvironment{qmatrix}[2]{%
7   \left(\begin{array}{@{}*{\#1}{c}|*{\#2}{c}@{}}
8 }{%
9   \end{array}\right)%
10 }% Ende der Definition der Umgebung qmatrix.

```

Quellcode der beiden Beispiele

Wir fügen noch den Quellcode an, aus dem die beiden Beispiele zu Beginn dieses Abschnitts erzeugt wurden:

```

1 \begin{lgs}{3}{1}
2   & -& a& -& b& -& c &==& & 9 & (I) \\
3   & & 5a& +& 3b& +& c &==& & 0 & (II) \\
4   & & 32a& +& 8b& +& 2c &==& & 0 & (III)
5 \end{lgs}

```

für das LGS bzw. für die Matrix:

```

1 \begin{qmatrix}{3}{1}
2 -1 & -1 & -1 & 9 \\
3 5 & 3 & 1 & 0 \\
4 32 & 8 & 2 & 0
5 \end{qmatrix}

```

Der LGS-Konverter

Durch die Trennung von Vorzeichen und Zahl wird das LGS sehr übersichtlich und den Darstellungen in Schulbüchern ähnlich. Das händische Eintippen der LGS wird dadurch etwas umständlich, man vergleiche die vielen Amper-sand (&) im obigen Quellcode.

Um die Arbeit mit den LGS zu vereinfachen stellen wir einen Konverter bereit, der aus der Matrixdarstellung eines LGS den entsprechenden TeX-Code erzeugt, und auch zur Kontrolle die Lösung des LGS berechnet und anzeigt. Mit diesem Konverter wird die Verwendung der Umgebung `lgs` sehr bequem, der Input erfolgt über die Datei `input.txt`, in der die Werte spaltenweise durch Tabstopps getrennt eingegeben werden:

```

a b c _
-1 -1 -1 9
5 3 1 0
32 8 2 0

```

Der Konverter ist in der Programmiersprache R geschrieben, die für die Verwendung ggf. zu installieren ist.

Unser Paket gess.sty

Das Stylesheet `gess.sty` ist eine Sammlung von Befehlen, die wir an unserer Schule verwenden. Wir erstellen damit den Kopf der Klassenarbeit, der die folgenden Informationen enthält: (1) Prüfungsart, (2) Fach, (3) Klasse und (4) Datum. Diese Klassenarbeitszeile hatten wir jahrelang in Verwendung. Beispielsweise erzeugt man den folgenden Kopf mit:

```
1 \klassenarbeitszeile{Klassenarbeit 1}{Mathematik}{10c}{10.10.2023}
```

Vor- und Zuname: _____

Klassenarbeit 1, Mathematik 10c, am 10.10.2023

Aufgabe	1	2	3	4	Summe
Punkte	2	3	3	6	14

Mit der Umgebung `klassenarbeitskopf` erhält man einen größeren Dokumentenkopf. Als Beispiel fügen wir an:

```
1 \begin{klassenarbeitskopf}{Klassenarbeit 1}{Mathematik}{10c}
  }{10.10.2023}
2 Thema: \ldots \\
3 Zeit: 90 Minuten, Hilfsmittel: Taschenrechner \ldots
4 \end{klassenarbeitskopf}
```

Abb. 1: Beispiel einer Kopfzeile für eine Klassenarbeit wie sie von dem Paket `gess.sty` erzeugt wird. Die Tabelle mit Punkten ist ein `\pointtable` aus der Dokumentenklasse `\exam`.

logo	Fach	Punkte	Note	Klassendurchschnitt	Sonstiger Leistungsstand												
	Mathematik																
	Klassenarbeit 1	von 14															
Vor- und Nachname		Klasse	Datum	Kenntnisnahme der Eltern													
		10C	10.10.2023														
<hr/>																	
Thema: ...																	
Zeit: 90 Minuten, Hilfsmittel: Taschenrechner ...																	
<hr/>																	
<table border="1"> <tr> <th>Aufgabe</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>Summe</th></tr> <tr> <th>Punkte</th><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>6</td><td>14</td></tr> </table> <hr/>						Aufgabe	1	2	3	4	Summe	Punkte	2	3	3	6	14
Aufgabe	1	2	3	4	Summe												
Punkte	2	3	3	6	14												

Abb. 2: Ein Klassenarbeitskopf mit ausführlichen Angaben, wie er von dem Paket `gess.sty` erzeugt wird.

Der Klassenarbeitskopf ist bei uns seit 2023 in Verwendung.

Beispiel einer Klassenarbeit

Wir fügen hier als Beispiel einer Klassenarbeit noch das kompilierte Ergebnis der Datei `klassenarbeiten/ka4-worked-example` an, das Sie hier im Verzeichnis finden können. Das Beispiel ist eine Klassenarbeit aus dem echten Leben, die 2024 von der Klasse 10c so geschrieben wurde.

logo	Fach	Punkte	Note	Klassendurchschnitt	Sonstiger Leistungsstand
	Mathematik				
	Klassenarbeit 1	von 52			
Vor- und Nachname		Klasse	Datum	Kenntnisnahme der Eltern	
		10c	10.10.2024		
<p>Thema: Vektorgeometrie Zeit: 90 Minuten — Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung.</p>					
Aufgabe	1	2	3	Summe	
Punkte	4	6	5	15	
erzielt					
Aufgabe	4	5	6	7	Summe
Punkte	7	7	19	4	37
erzielt					

Übersichtlichkeit, Darstellung und Rechtschreibung werden bewertet. Rechnungen müssen nachvollziehbar gestaltet werden. Achte bei allen Größen auf die richtige Einheit.

Teil 1: Keine Hilfsmittel zugelassen

Aufgabe 1

(4 Punkte)

Löse das folgende lineare Gleichungssystem:

$$\begin{array}{rcl} 3x - 7y & = & 5 \\ -2x + 4y & = & -7 \end{array}$$

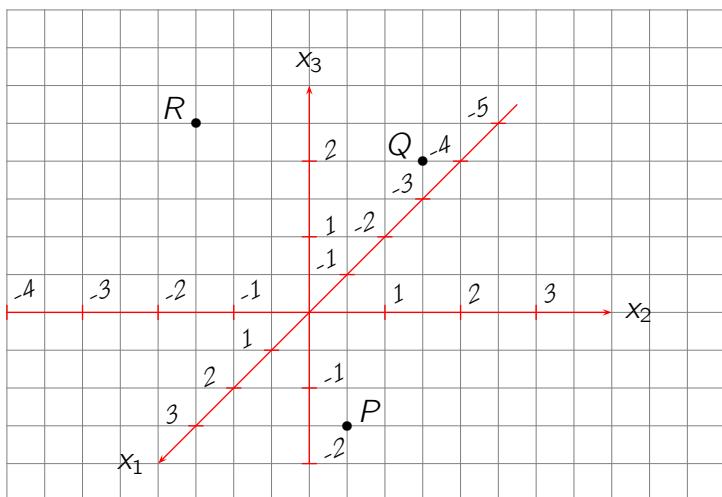
Aufgabe 2

(6 Punkte)

Im abgebildeten Koordinatensystem befinden sich

- der Punkt P in der x_1x_2 -Ebene,
 - der Punkt Q in der x_2x_3 -Ebene,
 - der Punkt R in der x_1x_3 -Ebene.

- (a) Bestimme die Koordinaten der drei Punkte P , Q und R .
 - (b) Gib den Ortsvektor \overrightarrow{OP} an und zeichne ihn ein.
 - (c) Zeichne den Punkt $M(-5|2|-4)$ ein.



Aufgabe 3

(5 Punkte)

- 3.1 Kreuze jeweils an, ob die Aussage wahr (W) oder falsch (F) ist:

W F

- Ein Vektor \vec{u} heißt *parallel* zu einem anderen Vektor \vec{v} , wenn für $t \neq 0$ gilt: $\vec{u} = t \cdot \vec{v}$.
 - Wenn bei einem Vektor zwei Komponenten negativ sind, dann müssen bei einem anderen parallelen Vektor diese Komponenten auch negativ sein.
 - Wenn bei einem Vektor eine Komponente null ist, dann ist diese Komponente auch bei allen anderen parallelen Vektoren gleich null.

- ### 3.2 Widerlege die folgende Aussage:

- Wenn zwei Geraden einen gemeinsamen Spurpunkt haben, dann sind sie parallel oder identisch

Teil 2: mit Taschenrechner und Formelsammlung

Aufgabe 4

(7 Punkte)

Es ist eine Pyramide mit quadratischer Grundfläche $ABCD$ und Spitze S gegeben.

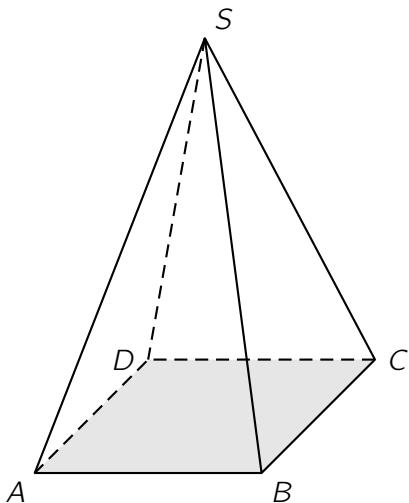


Abbildung 1: Nicht-maßstäbliche Abbildung einer Pyramide mit quadratischer Grundfläche

Von der Grundfläche sind die folgenden drei Punkte bekannt:

$$A(-5|-3|0), \quad C(12|4|0) \quad \text{und} \quad D(0|9|0).$$

Die Spitze S liegt bei $S(3,5|0,5|5)$.

- (a) Bestimme die Koordinaten des Eckpunktes B .
- (b) Berechne den Abstand des Mittelpunktes M_{BC} der Seite BC von der Spitze S der Pyramide.

Aufgabe 5

(7 Punkte)

Untersuche die Lagebeziehung der folgenden Geraden zueinander und bestimme gegebenenfalls den Schnittpunkt.

$$g : \vec{x} = \begin{pmatrix} \frac{2}{7} \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + t \cdot \begin{pmatrix} -3 \\ -3 \\ -4 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad h : \vec{x} = \begin{pmatrix} 0 \\ 9 \\ 1 \end{pmatrix} + s \cdot \begin{pmatrix} -5 \\ -7 \\ -7 \end{pmatrix}$$

Aufgabe 6

(19 Punkte)

Zwei Flugzeuge fliegen mit je konstanter Geschwindigkeit auf gradlinigen Flugbahnen. Die Position der Flugzeuge wird bezüglich eines Koordinatensystems mit der Längeneinheit 1 km angegeben, die x_3 -Koordinate gibt die Flughöhe an. Um 8:00 Uhr ist das Flugzeug 1 im Punkt $P_1(-10|0|0)$ und das Flugzeug 2 im Punkt $P_2(-25|-30|8)$.

Wir betrachten im folgenden die Zeit t in min ab 8:00 Uhr: Nach vier Minuten hat das Flugzeug 1 die Position $Q_1(6|16|4)$ erreicht. Nach fünf Minuten hat das Flugzeug 2 die Position $Q_2(20|30|8)$ erreicht.

6.1 Erläutere, warum die Gleichung

$$g_1 : \overrightarrow{OX} = \begin{pmatrix} -10 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + t \cdot \begin{pmatrix} 4 \\ 4 \\ 1 \end{pmatrix} \tag{*}$$

die Position des Flugzeugs 1 in Abhängigkeit von der Zeit angibt.

6.2 Ermittle analog zu Gleichung (*) in Teilaufgabe 6.1 eine Gleichung g_2 , die die Position des Flugzeugs 2 in Abhängigkeit von der Zeit angibt.

6.3 Berechne die Geschwindigkeit des Flugzeugs 1 in $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Der Luftraum, der von den Flugzeugen genutzt wird, wird von zwei verschiedenen Radarstationen überwacht. Die „Übergabe“ der Flugzeuge erfolgt, wenn die Flugzeuge die x_2x_3 -Ebene durchfliegen.

6.4 Bestimme den Zeitpunkt und die Positions des Flugzeugs 1 bei der Übergabe.

6.5 Ermittle, zu welchem Zeitpunkt das Flugzeug 1 eine Flughöhe von 8 km erreicht und wie groß zu diesem Zeitpunkt der Abstand der beiden Flugzeuge ist.

Aufgabe 7

(4 Punkte)

Gegeben sei ein Vektor \vec{v} mit einem noch unbestimmten Eintrag $a \in \mathbb{R}$:

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} 17 \\ a \\ 8 \end{pmatrix}$$

Beurteile, ob es Werte a gibt, für die der Vektor \vec{v} die Länge 18 hat.