

Typst – Hat L^AT_EX abgedankt?



Eine kurze Einführung in Typst

Tristan Pieper tristan.pieper@uni-rostock.de · 1. Juni 2023

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzes Kennenlernen	3
2. Probleme von L ^A T _E X.....	4
3. Die Lösung aller Probleme(?)	12
4. Die Web-App	16
5. Grundlegende Formatierung	18
6. Die Typst-Dokumentation...	35
7. Eigene Templates und Skripts	47
8. Typst kann noch mehr!	52
9. Abschluss und Weiteres	57

1. Kurzes Kennenlernen

2. Probleme von L^AT_EX

2.1. Alles begann mit...



Donald E. Knuth¹ (geb. 10. Januar 1938)

2.2. Dann kam...



Leslie Lamport¹ (geb. 7. Februar 1941)

2.3. Die Probleme

1. Riesige Programmgröße
2. Auswahl an Compilern
3. Unverständliche Fehler

2.4. Größe des Programms

```
% du -sch /usr/share/texmf-dist/* | sort -hr
2,5G    insgesamt
1,9G    /usr/share/texmf-dist/fonts
499M    /usr/share/texmf-dist/tex
58M     /usr/share/texmf-dist/scripts
44M     /usr/share/texmf-dist/tex4ht
24M     /usr/share/texmf-dist/bibtex
15M     /usr/share/texmf-dist/metapost
7,5M    /usr/share/texmf-dist/dvips
3,8M    /usr/share/texmf-dist/xindy
3,4M    /usr/share/texmf-dist/ls-R
2,6M    /usr/share/texmf-dist/asymptote
1,7M    /usr/share/texmf-dist/context
516K    /usr/share/texmf-dist/omega
344K    /usr/share/texmf-dist/makeindex
```

Verglichen mit 21MB des Typst-Compilers...

```
% du -sch /usr/bin/typst
21M    /usr/bin/typst
21M    insgesamt
```

2.5. Die Vielfalt

„ \LaTeX “ ist kein Programm, sondern:

- pdfTeX
- LuaTeX
- XeTeX
- MikTeX
- KaTeX
- ...

2.6. Beispiel-Fehlermeldung (Typst)

Typst:

```
$  
+ Dies  
+ Ist  
+ Eine  
+ Liste!
```

```
error: expected dollar sign  
└ test.typ:5:8  
5 | + Liste!  
   ^
```

2.7. Beispiel-Fehlermeldung (L^AT_EX)

L^AT_EX:

```
\documentclass{article}

\begin{document}

$

\begin{enumerate}
\item Dies
\item Ist
\item Eine
\item Liste!
\end{enumerate}

\end{document}
```

```
Latexmk: This is Latexmk, John Collins, 17 Mar. 2022. Version 4.77,
version: 4.77.
Latexmk: applying rule 'pdflatex'...
Rule 'pdflatex': File changes, etc:
    Changed files, or newly in use since previous run(s):
    /path/Desktop/Projekte/Typst/typst-seminar/.lt/test.tex
    test.tex
Rule 'pdflatex': The following rules & subrules became out-of-date:
    pdflatex
-----
Run number 1 of rule 'pdflatex'
-----
-----
Running 'pdflatex -synctex=1 -interaction=nonstopmode -file-line-
error -recorder "/path/Desktop/Projekte/Typst/typst-seminar/.lt/
test.tex"'
-----
This is pdfTeX, Version 3.141592653-2.6-1.40.24 (TeX Live 2022/Arch
Linux) (preloaded format=pdflatex)
  restricted \write18 enabled.
entering extended mode
(/path/Desktop/Projekte/Typst/typst-seminar/.lt/test.tex
LaTeX2e <2021-11-15> patch level 1
L3 programming layer <2022-04-10> (/usr/share/texmf-dist/tex/latex/
base/article.cls
Document Class: article 2021/10/04 v1.4n Standard LaTeX document
class
(/usr/share/texmf-dist/tex/latex/base/size10.clo)) (/usr/share/
texmf-dist/tex/latex/l3backend/l3backend-pdftex.def) (./test.aux)
/path/Desktop/Projekte/Typst/typst-seminar/.lt/test.tex:5: Missing
$ inserted.
<inserted text>
$ 1.5
[1{/var/lib/texmf/fonts/map/pdftex/updmap/pdftex.map}] (./
test.aux) )
(see the transcript file for additional information)</usr/share/
texmf-dist/fonts/type1/public/amsfonts/cm/cmr10.pfb>
Output written on test.pdf (1 page, 13646 bytes).
SyncTeX written on test.synctex.gz.
Transcript written on test.log.
Latexmk: If appropriate, the -f option can be used to get latexmk
  to try to force complete processing.
Latexmk: Getting log file 'test.log'
Latexmk: Examining 'test.fls'
Latexmk: Examining 'test.log'
Latexmk: Log file says output to 'test.pdf'
Latexmk: Errors, so I did not complete making targets
Collected error summary (may duplicate other messages):
```

3. Die Lösung aller Probleme(?)

3.1. Typst

- 2019 Projektstart an TU Berlin
- entstanden aus Frustration über LaTeX



Martin Haug (links, Webentwicklung),
Laurenz Mädje (rechts, Compilerentwicklung)

<https://www.tu.berlin/entrepreneurship/startup-support/unsere-startups/container-profile/startups-2023-typst>, (letzter Zugriff: 03.05.2023, 10:13)

3.2. Das Ziel

„Während bestehende Lösungen langsam, schwer zu bedienen oder einschränkend sind, ist Typst sorgfältig entworfen, um leicht erlernbar, flexibel und schnell zu sein. Dafür haben wir eine komplett eigene Markupsprache und Textsatzengine von Grund auf entwickelt. Dadurch sind wir in allen Bereichen des Schreib- und Textsatzprozesses innovationsfähig.“

<https://www.tu.berlin/entrepreneurship/startup-support/unsere-startups/container-profile/startups-2023-typst>, (letzter Zugriff: 03.05.2023, 10:13)

3.3. Ein kleiner Vergleich

LaTeX	Typst	Ergebnis
<code>\documentclass{article}</code>	+ Dies	1. Dies
<code>\begin{document}</code>	+ Ist	2. Ist
<code>\begin{enumerate}</code>	+ Eine	3. Eine
<code> \item Dies</code>	+ Liste!	4. Liste!
<code> \item Ist</code>		
<code> \item Eine</code>		
<code> \item Liste!</code>		
<code>\end{enumerate}</code>		
<code>\end{document}</code>		

4. Die Web-App

4.1. Ab ans Werk!

Vorteile:

- alle Dateien online
- verschiedene Projekte erstellbar
- guter online Editor
- als Team gleichzeitig an Dateien arbeiten
- eingebaute Dokumentation

<https://typst.app/>

5. Grundlegende Formatierung

5.1. Überschriften

```
// Hier ein Kommentar,  
// er wird ignoriert!
```

= Überschrift 1!
== Überschrift 2!
== Überschrift 3!
Text

Neuer Abstand!

1. Überschrift 1!

1.1. Überschrift 2!

1.1.1. Überschrift 3!

Text

Neuer Absatz!

5.2. Absätze

= Mein cooler Titel

In Typst beginnt ein neuer Absatz, sobald im Code eine freie Zeile steht.

Leider sind standardmäßig Absätze linksbündig und nicht Blocksatz. Wie man das ändert, lernen wir gleich!

1. Mein cooler Titel

In Typst beginnt ein neuer Absatz, sobald im Code eine freie Zeile steht.

Leider sind standardmäßig Absätze linksbündig und nicht Blocksatz. Wie man das ändert, lernen wir gleich!

5.3. Listen

- + Eine nummerierte Liste
 - + Kann sehr schön sein!
 - 1. So geht sie auch!
 - 2. Jawohl!
 - Und hier nicht-nummeriert!
 - Ganz ohne Nummern!
- 1. Eine nummerierte Liste
 - 2. Kann sehr schön sein!
 - 1. So geht sie auch!
 - 2. Jawohl!
 - Und hier nicht-nummeriert!
 - Ganz ohne Nummern!

5.4. Schriftart

```
#text(font: "Arial", [Hallo Welt!])
```

Hallo Welt!

```
#text(font: "Courier New", [Hallo  
Welt!])
```

Hallo Welt!

```
#text(font: "New Computer Modern",  
[Hallo Welt!])
```

Hallo Welt!

5.5. Text¹

```
*Hallo!* #strong[Hallo!]
```

Hallo! Hallo!

```
_Hallo!_ #emph[Hallo!]
```

Hallo! Hallo!

```
Hallo!#super([Hallo!])
```

Hallo!^{Hallo!}

```
Hallo!#sub([Hallo!])
```

Hallo!_{Hallo!}

```
#text(fill: red, [Hallo rot!])
```

Hallo rot!

```
#text(fill: rgb("#ff00ff"), [Hallo  
pink!])
```

Hallo pink!

```
#text(fill: rgb("#ff00ff"),  
smallcaps(strong(emph[Hallo pink!])))
```

HALLO PINK!

5.6. Ausrichtung

```
#align(left, [Hallo!])      Hallo!  
#align(center, [Hallo!])    Hallo!  
#align(right, [Hallo!])     Hallo!
```

5.7. Abstände #1

```
#align(right, [Vertikaler])  
#v(2cm)  
Horizontaler #h(2cm) Abstand
```

Vertikaler

Horizontaler Abstand

5.8. Abstände (Vertikal)

Listen-Beispiel von Folie 19 mit vertikalen Abständen.

- + Eine nummerierte Liste
 - + Kann sehr schön sein!
- #v(2em)
1. So geht sie auch!
 2. Jawohl!
- #v(2em)
- Und hier nicht-nummeriert!
 - Ganz ohne Nummern!

Listen-Beispiel von Folie 19 mit vertikalen Abständen.

1. Eine nummerierte Liste
 2. Kann sehr schön sein!
-
1. So geht sie auch!
 2. Jawohl!
-
- Und hier nicht-nummeriert!
 - Ganz ohne Nummern!

5.9. Abstände (Horizontal)

- + Gott kommen aufgrund seines vollkommenen Wesens alle vollkommenen Eigenschaften zu.
- + Zu existieren ist vollommener als nicht zu existieren.
- + Also ist Existenz eine vollkommene Eigenschaft.
- + Also existiert Gott. #h(1fr) QED

1. Gott kommen aufgrund seines vollkommenen Wesens alle vollkommenen Eigenschaften zu.
2. Zu existieren ist vollommener als nicht zu existieren.
3. Also ist Existenz eine vollkommene Eigenschaft.
4. Also existiert Gott.

QED

5.10. Bilder

```
#image(height: 50%, "leslie_lamport.png")
```



5.11. Tabellen

```
#table(  
  columns: (auto, 3cm, auto),  
  [Hallo1!],  
  [2a],  
  [Hallo3!],  
  [Welt1!],  
  [2b],  
  [Welt3!]  
)
```

Hallo1!	2a	Hallo3!
Welt1!	2b	Welt3!

5.12. Mathematik

```
$ sum_(k=0)^n k = 1 + ... + n $  
  
$ A = pi r^2 $  
  
$ "area" = pi dot.op "radius"^2 $  
  
$ cal(A) :=  
  { x in RR | x "is natural" } $  
  
$ frac(a^2, 2) $
```

$$\sum_{k=0}^n k = 1 + \dots + n$$

$$A = \pi r^2$$

$$\text{area} = \pi \cdot \text{radius}^2$$

$$\mathcal{A} := \{x \in \mathbb{R} \mid x \text{ is natural}\}$$

$$\frac{a^2}{2}$$

5.13. Set-Regeln¹

Hier ist noch die Standard-Schriftart! Q

```
#set text(font: "New Computer Modern", fill: blue)
```

Q Ab jetzt ist alles vollkommen in der anderen Schriftart und sogar blau!

```
#set par(first-line-indent: 1.5em, justify: true)
```

Ab jetzt wird jede erste Zeile eines Absatzes eingerückt und Blocksatz!

Wirklich, versprochen!
`#lorem(20)`

Hier ist noch die Standard-Schriftart! Q

Q Ab jetzt ist alles vollkommen in der anderen Schriftart und sogar blau!

Ab jetzt wird jede erste Zeile eines Absatzes eingerückt und Blocksatz!

Wirklich, versprochen! Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliquam quaerat.

5.14. Show-Regeln¹

```
#show heading: set text(navy)
```

==== Hallo!

===== Welt!

```
// aus dem offiziellem  
// Typst-Tutorial  
#show "Project": smallcaps  
#show "badly": "great"
```

We started Project in 2019
and are still working on it.
Project is progressing badly.

5.14.1. Hallo!

5.14.1.1. Welt!

We started PROJECT in
2019 and are still
working on it. PROJECT
is progressing great.

```

\documentclass[14pt,a4paper]{extarticle}
\usepackage{bold-extra}
\usepackage{amssymb}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[left=2cm,right=2cm,top=2cm,bottom=2cm]
{geometry}

\setlength{\parskip}{0.65em}
\setlength{\parindent}{0pt}

\begin{document}
    \noindent\textbf{\textsc{Definition 1.}}\\
\textit{Sei  $D \subsetneq \mathbb{R}$  und sei  $f: D \rightarrow \mathbb{R}$  eine Funktion.  $f$  ist stetig in  $x_0 \in D$  genau dann, wenn die folgende Aussage gilt:}

    \textit{Für alle  $\epsilon > 0$  existiert ein  $\delta > 0$ , sodass  $|f(x) - f(x_0)| < \epsilon$  für alle  $x \in D$  mit  $|x - x_0| < \delta$ .}

    \textit{Oder Alternativ:  $\forall \epsilon > 0 \exists \delta > 0 \forall x \in D : |y - y_0| < \delta \Rightarrow |f(x) - f(x_0)| < \epsilon$ }

    \bigskip
    (\LaTeX)
\end{document}

```

```

#set page(margin: 2cm)
#set text(size: 14pt, font: "New Computer Modern")
#set par(justify: true)

*#smallcaps([Definition 1.])* _Sei  $D \subsetneq \mathbb{R}$  und sei  $f: D \rightarrow \mathbb{R}$  eine Funktion.  $f$  ist stetig in  $x_0 \in D$  genau dann, wenn die folgende Aussage gilt:_

_Für alle  $\epsilon > 0$  existiert ein  $\delta > 0$ , sodass  $|f(x) - f(x_0)| < \epsilon$  für alle  $x \in D$  mit  $|x - x_0| < \delta$ ._

_Oder Alternativ:  $\forall \epsilon > 0 \exists \delta > 0 \forall x \in D : |y - y_0| < \delta \Rightarrow |f(x) - f(x_0)| < \epsilon$ _

#v(1em)
(Typst)

```

DEFINITION 1. Sei $D \subseteq \mathbb{R}$ und sei $f : D \rightarrow \mathbb{R}$ eine Funktion. f ist stetig in $x_0 \in D$ genau dann, wenn die folgende Aussage gilt:

Für alle $\epsilon > 0$ existiert ein $\delta > 0$, sodass $|f(x) - f(x_0)| < \epsilon$ für alle $x \in D$ mit $|x - x_0| < \delta$.

Oder Alternativ: $\forall \epsilon > 0 \exists \delta > 0 \forall x \in D : |y - y_0| < \delta \Rightarrow |f(x) - f(x_0)| < \epsilon$

(LATEX)

DEFINITION 1. Sei $D \subseteq \mathbb{R}$ und sei $f : D \rightarrow \mathbb{R}$ eine Funktion. f ist stetig in $x_0 \in D$ genau dann, wenn die folgende Aussage gilt:

Für alle $\varepsilon > 0$ existiert ein $\delta > 0$, sodass $|f(x) - f(x_0)| < \varepsilon$ für alle $x \in D$ mit $|x - x_0| < \delta$.

Oder Alternativ: $\forall \varepsilon > 0 \exists \delta > 0 \forall x \in D : |y - y_0| < \delta \Rightarrow |f(x) - f(x_0)| < \varepsilon$

(Typst)

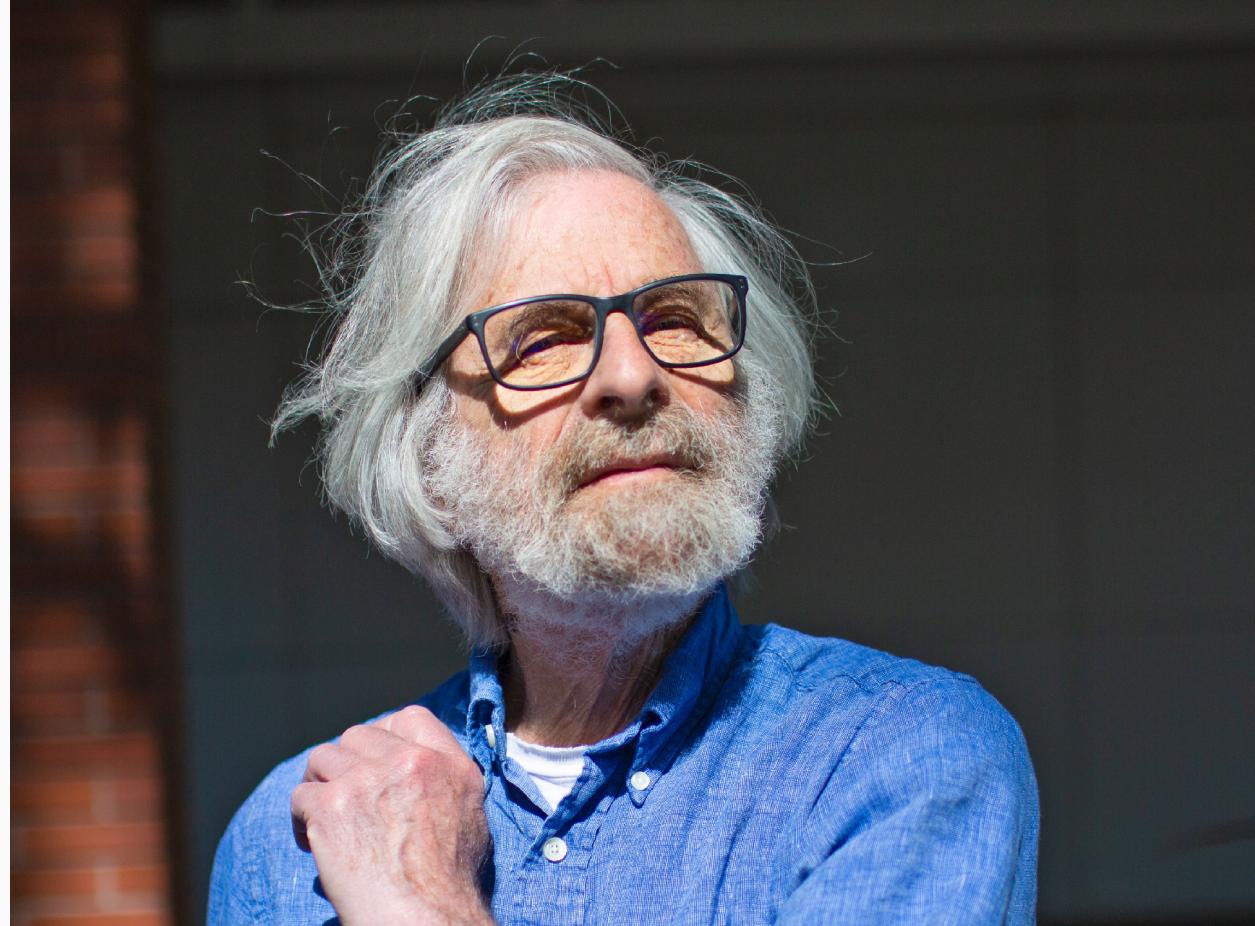
6. Die Typst-Dokumentation...

- <https://typst.apps/docs> als Nachschlagwerk
- Dokumentation ist wichtig!

6.1. Dokumentations-Beispiel: image-Funktion

image kann noch ein bisschen was!

```
#image("leslie_lamport.png")
```



6.2. Dokumentations-Beispiel: image-Funktion

image kann noch ein bisschen was!

```
#image(height: 50%, "leslie_lamport.png")
```



6.3. Dokumentation Beispiel: `image`- Funktion

`image` kann noch ein bisschen was!

```
#image(fit: "stretch", width: 100%, height: 100%,  
"leslie_lamport.png")
```



[Overview](#)[Tutorial](#)[Reference](#)[Changelog](#)[Community](#)

Overview

Welcome to Typst's documentation! Typst is a new markup-based typesetting system for the sciences. It is designed to be an alternative both to advanced tools like LaTeX and simpler tools like Word and Google Docs. Our goal with Typst is to build a typesetting tool that is highly capable *and* a pleasure to use.

This documentation is split into two parts: A beginner-friendly tutorial that introduces Typst through a practical use case and a comprehensive reference that explains all of Typst's concepts and features.

We also invite you to join the community we're building around Typst. Typst is still a very young project, so your feedback is more than valuable.



Tutorial

Step-by-step guide to help you get started.



Reference

Details about all syntax, concepts, types, and functions.

image

☰ > Overview

Results

Image FUNCTION

Formatting CHAPTER

Box FUNCTION

Baseline PARAMETER OF
BOX

Padding FUNCTION

Background PARAMETER
OF PAGE

Table FUNCTION

Path PARAMETER OF IMAGE

Width PARAMETER OF
IMAGEHeight PARAMETER OF
IMAGE[Overview](#)[Tutorial](#)[Reference](#)[Changelog](#)[Community](#)

Overview

Welcome to Typst's documentation! Typst is a new markup-based typesetting system for the sciences. It is designed to be an alternative both to advanced tools like LaTeX and simpler tools like Word and Google Docs. Our goal with Typst is to build a typesetting tool that is highly capable *and* a pleasure to use.

This documentation is split into two parts: A beginner-friendly tutorial that introduces Typst through a practical use case and a comprehensive reference that explains all of Typst's concepts and features.

We also invite you to join the community we're building around Typst. Typst is still a very young project, so your feedback is more than valuable.



Tutorial

Step-by-step guide to help you get started.



Reference

Details about all syntax, concepts, types, and functions.

[Overview](#)[Tutorial](#)[Reference](#)[LANGUAGE](#)[Syntax](#)[Styling](#)[Scripting](#)[Types](#)[CONTENT](#)[Text](#)[Math](#)[Layout](#)[Visualize](#)[Circle](#)[Ellipse](#)[Image](#)[Line](#)[Path](#)[Polygon](#)[Rectangle](#)[Square](#)

image Element

A raster or vector graphic.

Supported formats are PNG, JPEG, GIF and SVG.

Example

```
#figure(  
  image("molecular.jpg", width: 80%),  
  caption: [  
    A step in the molecular testing  
    pipeline of our lab.  
  ],  
)
```



Figure 1: A step in the molecular testing pipeline of our lab.

Parameters ?

```
image(  
  string,  
  width: auto relative length,
```

ON THIS PAGE

[Summary](#)[Parameters](#)[path](#)[width](#)[height](#)[alt](#)[fit](#)

Parameters ⓘ

```
image(  
    string ,  
    width: auto | relative length ,  
    height: auto | relative length ,  
    alt: none | string ,  
    fit: string ,  
) -> content
```

path string Required Positional ⓘ

width `auto` or `relative length` *Settable* ?

The width of the image.

height `auto` or `relative length` *Settable* ?

The height of the image.

alt `none` or `string` *Settable* ?

A text describing the image.

fit `string` *Settable* ?

How the image should adjust itself to a given area.

- `"cover"` The image should completely cover the area. This is the default.
- `"contain"` The image should be fully contained in the area.
- `"stretch"` The image should be stretched so that it exactly fills the area, even if this means that the image will be distorted.

numbering `string` or `function` *Settable* 

How to number the enumeration. Accepts a [numbering pattern or function](#).

If the numbering pattern contains multiple counting symbols, they apply to nested enums. If given a function, the function receives one argument if `full` is `false` and multiple arguments if `full` is `true`.

› [View example](#)

numbering

string

or function

Settable 

How to number the enumeration. Accepts a [numbering pattern or function](#).

If the numbering pattern contains multiple counting symbols, they apply to nested enums. If given a function, the function receives one argument if `full` is `false` and multiple arguments if `full` is `true`.

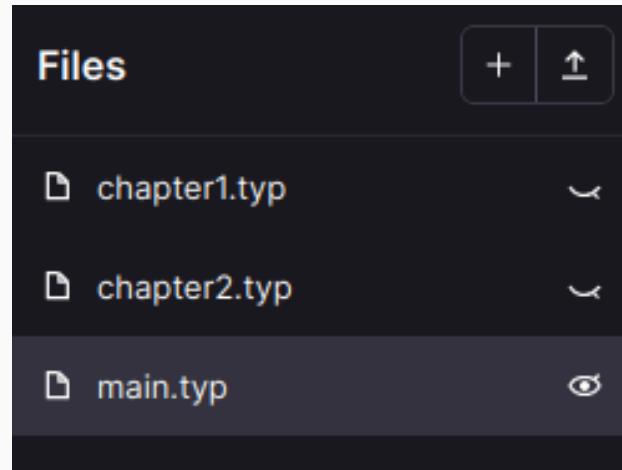
▼ View example

```
#set enum(numbering: "1.a")  
+ Different  
+ Numbering  
  + Nested  
  + Items  
+ Style  
  
#set enum(numbering: n => super[#n])  
+ Superscript  
+ Numbering!
```

- 1) Different
 - 2) Numbering
 - a) Nested
 - b) Items
 - 3) Style
- ¹ Superscript
² Numbering!

7. Eigene Templates und Skripts

7.1. Mehrere Typst-Dateien verwenden



main.typ:

= Mein tolles Buch

Hier, Kapitel!

```
#include "chapter1.typ"
#include "chapter2.typ"
```

chapter1.typ:

== Kapitel 1

```
#lorem(10)
```

chapter2.typ:

== Kapitel 2

```
#lorem(10)
```

7.2. Eigene Funktionen und Variablen #1

```
#let var = 3.14159
#let double(e) = {
    return 2*e
}

$pi$ ist etwa #var!
$tau$ ist etwa #double(var)!

$pi approx var$ \
$tau approx double(var)$
```

π ist etwa 3.14159!
 τ ist etwa 6.28318!

$\pi \approx 3.14159$
 $\tau \approx 6.28318$

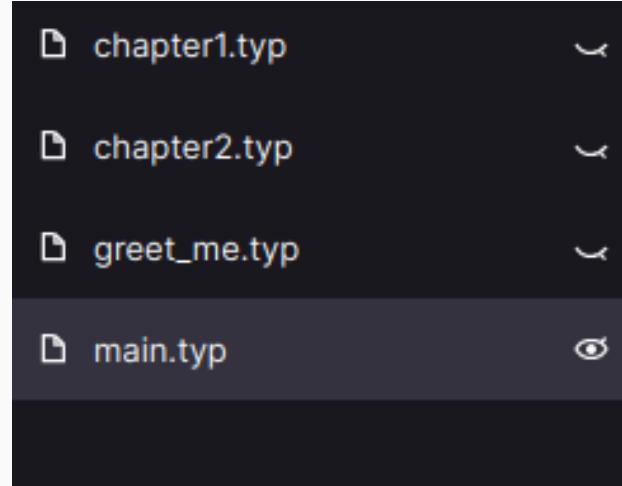
7.3. Eigene Funktionen und Variablen #2

```
#let names = ("Peter", "Petra", "Josef", "Josefa")
#let greet(names) = {
    [Hallo ]
    names.join(last: " und ", ", ")
    [! #names.len() wundervolle Namen!]
}

#greet(names)
```

Hallo Peter, Petra, Josef und Josefa! 4 wundervolle Namen!

7.4. Funktionen auslagern



`greet_me.typ` definiert:

- `greet(names)`
- `double(n)`

```
#import "greet_me.typ": *
#import "greet_me.typ": greet
```

8. Typst kann noch mehr!

8.1. Figuren und Referenzen¹

@glacier shows a glacier. Glaciers are complex systems.

```
#figure(  
  image("glacier.jpg", height: 80%),  
  caption: [A curious figure.],  
) <glacier>
```

Figure 1 shows a glacier. Glaciers are complex systems.



Figure 1: A curious figure.

8.2. Query-Funktion

Typst kann noch mehr!

8.3. Bibliographie¹

works.bib:

```
@article{netwok,
  title={At-scale impact of the {Net Wok}: A culinarily holistic investigation of distributed dumplings},
  author={Astley, Rick and Morris, Linda},
  journal={Armenian Journal of Proceedings},
  volume={61},
  pages={192--219},
  year={2020},
  publisher={Automattic Inc.}

}

@article{arrgh,
  title={The Pirate Organization},
  author={Leeson, Peter T.},
}
```

This was already noted by pirates long ago. @arrgh

Multiple sources say ...
`#cite("arrgh", "netwok")`.

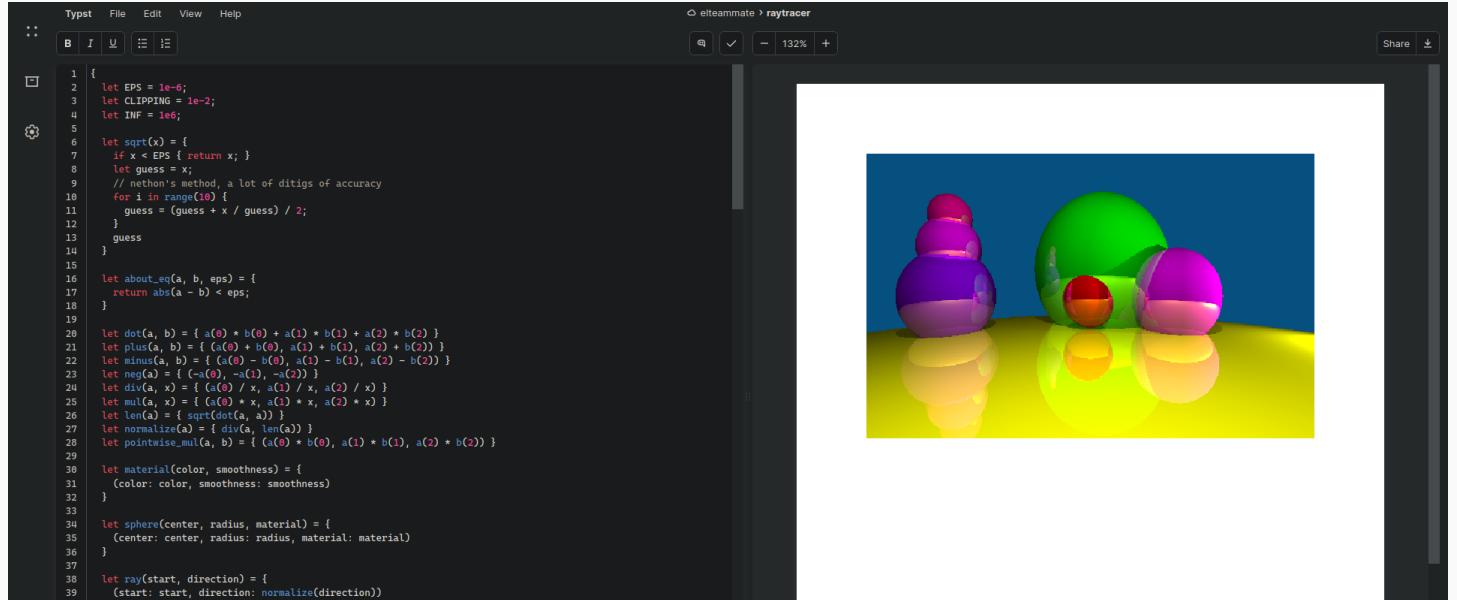
`#bibliography("works.bib")`

This was already noted by pirates long ago. [1]
Multiple sources say ... [1, 2].

Bibliography

- [1] P. T. Leeson, “The pirate organization.”
- [2] R. Astley, and L. Morris, “At-scale impact of the Net Wok: a culinarily holistic investigation of distributed dumplings,” *Armenian J. Proc.*, vol. 61, pp. 192–219, 2020.

8.4. Raytracing



The image shows a code editor window with a dark theme. The top bar includes 'Typst' and 'File', followed by standard menu items like 'Edit', 'View', and 'Help'. Below the menu is a toolbar with icons for bold ('B'), italic ('I'), underline ('U'), and other document-related functions. The main area contains a block of code in a syntax-highlighted text editor. To the right of the code editor is a rendered 3D scene. The scene features several spheres of different sizes and colors (green, purple, red, yellow) resting on a reflective surface against a blue background. The spheres have soft shadows and highlights, indicating a physically-based rendering setup.

```
1 {
2     let EPS = 1e-6;
3     let CLIPPING = 1e-2;
4     let INF = 1e6;
5
6     let sqrt(x) = {
7         if x < EPS { return x; }
8         let guess = x;
9         // newton's method, a lot of digits of accuracy
10        for i in range(10) {
11            guess = (guess + x / guess) / 2;
12        }
13        guess
14    }
15
16    let about_eq(a, b, eps) = {
17        return abs(a - b) < eps;
18    }
19
20    let dot(a, b) = { a(0) * b(0) + a(1) * b(1) + a(2) * b(2) }
21    let plus(a, b) = { (a(0) + b(0), a(1) + b(1), a(2) + b(2)) }
22    let minus(a, b) = { (a(0) - b(0), a(1) - b(1), a(2) - b(2)) }
23    let neg(a) = { (-a(0), -a(1), -a(2)) }
24    let div(a, x) = { (a(0) / x, a(1) / x, a(2) / x) }
25    let mul(a, x) = { (a(0) * x, a(1) * x, a(2) * x) }
26    let len(a) = { sqrt(dot(a, a)) }
27    let normalize(a) = { div(a, len(a)) }
28    let pointwise_mul(a, b) = { (a(0) * b(0), a(1) * b(1), a(2) * b(2)) }
29
30    let material(color, smoothness) = {
31        (color, smoothness: smoothness)
32    }
33
34    let sphere(center, radius, material) = {
35        (center: center, radius: radius, material: material)
36    }
37
38    let ray(start, direction) = [
39        (start: start, direction: normalize(direction))
40    ]
41
42    let intersect(ray, spheres) = {
43        let (start, direction) = ray;
44        let closest = null;
45        let closest_t = null;
46
47        for (sphere in spheres) {
48            let (center, radius) = sphere;
49            let distance = dist(start, center);
50            let discriminant = direction.length() * direction.length() * radius * radius - distance * distance;
51
52            if discriminant >= 0 {
53                let t = (-direction.length() * distance - sqrt(discriminant)) / direction.length();
54
55                if (closest == null || t < closest_t) {
56                    closest = sphere;
57                    closest_t = t;
58                }
59            }
60        }
61
62        if (closest != null) {
63            return closest_t;
64        } else {
65            return null;
66        }
67    }
68
69    let color_at(ray, spheres) = {
70        let (start, direction) = ray;
71        let closest_t = intersect(ray, spheres);
72
73        if (closest_t == null) {
74            return black;
75        }
76
77        let closest_solid = spheres[closest_t];
78        let (center, radius) = closest_solid;
79
80        let normal = normalize(subtract(start, center));
81        let eye = subtract(normalize(direction), normal);
82
83        let dot_product = dot(normal, eye);
84
85        if (dot_product < 0) {
86            return black;
87        }
88
89        let (color, smoothness) = closest_solid.material;
90
91        let intensity = smoothness * smoothness;
92
93        let reflected = reflect(normal, eye);
94
95        let reflected_color = color_at(ray, spheres);
96
97        let reflected_dot = dot(reflected, direction);
98
99        if (reflected_dot < 0) {
100            reflected_dot = 0;
101        }
102
103        let intensity = smoothness * smoothness;
104
105        let final_color = color;
106
107        for (i = 0; i < 3; i++) {
108            final_color[i] = final_color[i] * intensity;
109        }
110
111        final_color[3] = 1.0;
112
113        return final_color;
114    }
115
116    let render(spheres) = {
117        let width = 1000;
118        let height = 1000;
119
120        let aspect_ratio = width / height;
121
122        let camera = {
123            position: [0, 0, 10],
124            look_at: [0, 0, 0],
125            up: [0, 1, 0]
126        };
127
128        let rays = [];
129
130        for (y = 0; y < height; y++) {
131            for (x = 0; x < width; x++) {
132                let ray = ray_at(camera, aspect_ratio, x, y);
133                rays.push(ray);
134            }
135        }
136
137        let image = [];
138
139        for (y = 0; y < height; y++) {
140            let row = [];
141            for (x = 0; x < width; x++) {
142                let color = color_at(rays[x * height + y], spheres);
143                row.push(color);
144            }
145            image.push(row);
146        }
147
148        return image;
149    }
150
151    let write_image(image) = {
152        let width = 1000;
153        let height = 1000;
154
155        let file = "image.ppm";
156
157        let f = open(file, "w");
158
159        let header = "P3\n" + width + " " + height + "\n255\n";
160        f.write(header);
161
162        for (y = 0; y < height; y++) {
163            for (x = 0; x < width; x++) {
164                let color = image[y][x];
165
166                let r = color[0];
167                let g = color[1];
168                let b = color[2];
169
170                let line = r + " " + g + " " + b + "\n";
171                f.write(line);
172            }
173        }
174
175        f.close();
176    }
177
178    let main = {
179        let spheres = [
180            sphere([0, 0, 0], 1, material([1, 0, 0], 1)),
181            sphere([1, 0, 0], 0.5, material([0, 1, 0], 1)),
182            sphere([-1, 0, 0], 0.5, material([0, 0, 1], 1)),
183            sphere([0, 1, 0], 0.5, material([1, 0, 1], 1)),
184            sphere([0, -1, 0], 0.5, material([1, 1, 0], 1)),
185            sphere([0, 0, 1], 0.5, material([0, 1, 1], 1)),
186            sphere([0, 0, -1], 0.5, material([1, 0, 0], 1)),
187            sphere([0, 0, 0], 0.1, material([1, 1, 1], 100))
188        ];
189
190        let image = render(spheres);
191
192        write_image(image);
193    }
194}
```

Voll funktionsfähiger Raytracer für 3D-Rendering.¹

9. Abschluss und Weiteres

9.1. Was noch fehlt¹

- Fußnoten (am 20.05.2023 mit v0.4.0 hinzugefügt)
- Paketmanager (kurzfristige Alternative: GitHub)
- StackOverflow (kurzfristige Alternative: Discord)

9.2. Erwartete Neuerungen¹

- die komplette Überarbeitung der Layout-Engine
- Paketmanager
- Verbesserung des Mathe-Layouts
- HTML Output
- ...

9.3. Wer sollte Typst (nicht) benutzen?

Pros:

- ✓ **steile** Lernkurve
- ✓ sehr dynamisch
- ✓ aktive Community
- ✓ schnelle Kompilierzeit
- ✓ verständliche Fehlermeldungen

Cons:

- viele Programmierer-Ansätze
- komplexes Layouting (keine floating figures)
- Pure Functions können schwer sein (States, Counter, ...)

9.4. Weiteres

Übrigens: Diese gesamte Präsentation wurde alleine in Typst erstellt.

Typst Dokumentation:

- <https://typst.app/docs/>

Offizielles Typst-Tutorial:

- <https://typst.app/docs/tutorial>

Offizieller Typst-Discord:

- <https://discord.gg/2uDybryKPe>

Code für diese Präsentation und weitere Beispiele:

- <https://github.com/survari/typst-seminar>